Załącznik 2a

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko:

   Michał Słowiński

2. **Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne (z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej),**

   2012, doktor nauk o Ziemi w zakresie geografii, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk, praca doktorska pt.: „Późnoglacjalna i wczesnoholoceńska ewolucja paleojeziora Trzechowskiego (Bory Tucholskie) – w świetle analiz paleoekologicznych". Promotor: prof. dr hab. Mirosław Błaszkiewicz, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk.

   2007, magister geografii, specjalizacja - geografia fizyczna z ochroną środowiska przyrodniczego, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Wydział Nauk Przyrodniczych, praca magisterska pt.: „Ewolucja torfowisk w świetle badań makroszczątkowych torfów bazalnych na przykładzie torfowisk Borzechowskiego i Czechowskiego". Promotor prof. dr hab. Krzysztof Błażejczyk, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk.

3. **Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych.**

   Od 11.2014 do chwili obecnej - adiunkt, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk.

   10.2012-10.2014 - Postdoc, GFZ German Research Centre for Geosciences, Section 5.2: Climate Dynamics and Landscape Evolution

   06.2012-10.2012 - adiunkt, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk.

   10.2010-02.2011 - stypendium DAAD, Scholarship in GFZ German Research Centre for Geosciences, Section 5.2: Climate Dynamics and Landscape Evolution.

   2010 - asystent, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk.

   2007-2010 - młodszy dokumentalista, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk.

Słowiński

4. **Wskazanie osiągnięcia*** wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311):
   a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego:

REAKCJA SYSTEMÓW JEZIORNO-TORFOWISKOWYCH NA GWAŁTOWANE ZMIANY HYDROKLIMATYCZNE W OKRESIE POSTGLACJALNYM

b) publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

1. [P1] **Słowiński M.,** Błaszkiewicz M., Brauer A., Noryśkiewicz B., Ott F., Tyszkowski S., 2015, The role of melting dead ice on landscape transformation in the early Holocene in Tuchola Pinewoods, North Poland, **Quaternary International**, 388: 64-75.
2. **[P2] Słowiński M.**, Zawiska I., Ott F., Noryśkiewicz A. M., Plessen B., Apolinarska K., Rzodkiewicz M., Michczyńska D. J., Wulf S., Skubała P., Kordowski J., Błaszkiewicz M., Brauer A., 2017, Differential proxy responses to late Allerød and early Younger Dryas climatic change recorded in varved sediments of the Trzechowskie palaeolake in Northern Poland, **Quaternary Science Reviews**, 158: 94-106.
3. **[P3] Słowiński M.,** Marcisz K., Płóciennik M., Obremska M., Pawłowski D., Okupny D., Słowińska S., Borówka R., Kittel P., Forysiak J., Michczyńska D. J., Lamentowicz M., 2016, Drought as a stress driver of ecological changes in peatland - A palaeoecological study of peatland development between 3500BCE and 200BCE in central Poland, **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 461: 272-291.
4. **[P4]** Dietze E., **Słowiński M.**, Zawiska I., Veh G.,Brauer A.,2016, Multiple drivers of Holocene lake level changes at a lowland lake in northeastern Germany, **Boreas**, 45(4): 828-845.
5. **[P5]** Lamentowicz M., **Słowiński M.,** Marcisz K., Zielińska M., Kaliszan K., Lapshina E., Gilbert D., Buttler A., Fiałkiewicz-Kozieł B., Jassey V. E. J., Laggoun-Defarge F., Kołaczek P., 2015, Hydrological dynamics and fire history of the last 1300 years in western Siberia reconstructed from a high-resolution, ombrotrophic peat archive, **Quaternary Research**, 4(3): 312-325.
6. **[P6] Słowiński M.,** Skubała P., Zawiska I., Kruk A., Obremska M., Milecka K., Ott F., 2018, Cascading effects between climate, vegetation, and macroinvertebrate fauna in 14,000-year palaeoecological investigations of a shallow lake in eastern Poland, **Ecological Indicators,** 85: 329-341.
7. **[P7]** Wulf S., Ott F., **Słowiński M.,** Noryśkiewicz A. M., Dräger N., Martin-Puertas C., Czymzik M., Neugebauer I., Dulski P., Bourne A. J., Błaszkiewicz M.,Brauer A., 2013, Tracing the Laacher See Tephra in the varved sediment record of the Trzechowskie palaeolake in central Northern Poland, **Quaternary Science Reviews**, 76: 129-139.

8. **[P8]** Ott F., Wulf S., Serb J., **Słowiński M.,** Obremska M., Tjallingii R., Błaszkiewicz M., A. Brauer, 2016, Constraining the time span between the Early Holocene Hässeldalen and Askja-S Tephras through varve counting in the Lake Czechowskie sediment record, Poland, **Journal of Quaternary Science**, 31(2): 103-113.

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

REAKCJA SYSTEMÓW JEZIORNO-TORFOWISKOWYCH NA GWAŁTOWANE ZMIANY HYDROKLIMATYCZNE W OKRESIE POSTGLACJALNYM

Zakres tematyczny przedstawionego przeze mnie osiągnięcia jest wieloaspektowy i obejmuje badania różnego rodzaju reakcji środowiska przyrodniczego na przemiany klimatyczno-hydrologiczne okresu postglacjalnego zapisane w osadach jeziornych i torfowiskowych. Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe można generalnie rozdzielić na dwa wątki badawcze, które są ze sobą połączone: 1) reakcja środowisk jeziornych i torfowiskowych na gwałtowne zmiany hydroklimatyczne w świetle analiz multi-proxy oraz 2) ustalenie chronologii o wysokiej rozdzielczości, z wykorzystaniem nowoczesnych metod badawczych, w tym tefrochronologii, jako podstawy precyzyjnych rekonstrukcji zmian klimatyczno-środowiskowych.

Wspólnym mianownikiem zebranych publikacji poddanych ocenie jest wykorzystanie osadów biogenicznych zgromadzonych w misach jeziornych i torfowiskowych, jako źródła informacji o zmianach oraz konsekwencjach tych zmian, jakie zachodziły w badanych ekosystemach pod wpływem gwałtownych zmian hydroklimatycznych w świetle wyników analiz paleośrodowiskowych. Prace badawcze, których wyniki zaprezentowałem w publikacjach włączonych do osiągnięcia naukowego, jak i większość pozostałych publikacji wchodzących w skład dorobku publikacyjnego były prowadzone we współpracy z naukowcami różnych specjalności. Rozbudowana sieć współpracy naukowej jest niezbędna, szczególnie w badaniach paleoklimatyczno-paleośrodowiskowych, prowadzonych w oparciu o analizy multi-proxy osadów biogenicznych. Wszystkie osiem publikacji tworzących osiągnięcie naukowe zostało opublikowane w czasopismach z listy JCR, które znajdują się na tak zwanej liście „A" czasopism Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Wybrane przeze mnie i przedstawione do oceny prace naukowe ukazują szeroki zakres moich zainteresowań badawczych oraz aktywność naukową na różnych polach badawczych, a także potwierdzają, umiejętność współpracy zarówno w roli kierownika zespołu badawczego, jak i wykonawcy.

Wprowadzenie

Obserwowane obecnie gwałtowne zmiany klimatu, wyrażają się nie tylko rosnącą globalną temperaturą powietrza (Ahmed, Anchukaitis i in. 2013), wzrostem poziomem globalnego oceanu, ale przede wszystkim wzrostem częstości ekstremalnych zjawisk tj.: susz, powodzi, tornad, pożarów (IPCC 2014). Aby zrozumieć mechanizmy sterujące współcześnie zachodzącymi zmianami klimatu, a przede wszystkim dokonać próby ich prognozy w przyszłości należy, z maksymalnie możliwą rozdzielczością, ustalić przeszłość klimatyczną Ziemi. Dlatego od kilku dekad zmiany klimatu i odpowiednie reakcje środowiska przyrodniczego są przedmiotem szczególnego zainteresowania

szerokiej gamy specjalistów (Seddon, Mackay i in. 2014). Niestety zasięg ciągłych obserwacji warunków klimatycznych, takich jak temperatura powietrza oraz opady atmosferyczne z przyczyn oczywistych rzadko przekracza stulecie. Dlatego też szereg specjalistów zajmujących się badaniami zmian klimatycznych sięga po archiwa naturalne, którymi są m.in. osady morskie (Jennerjahn, Ittekkot i in. 2004), jeziorne (Goslar, Arnold i in. 2000), rdzenie lodowe (Rasmussen, Vinther i in. 2007), słoje drzew (Sigl, Winstrup i in. 2015), jak również nacieki jaskiniowe (Wang, Cheng i in. 2001). W zależności od szerokości geograficznej oraz co ważniejsze, od pytania, na które chcemy znaleźć odpowiedź, wykorzystywane są inne archiwa, a co za tym idzie rekonstruowany jest różny zakres czasowy przy pomocy różnych technik badawczych. Do najbardziej znanych archiwów naturalnych, które wykorzystywane są do rekonstrukcji zmian klimatu należą osady oceaniczne oraz rdzenie lodowe z Grenlandii (Lowe, Rasmussen i in. 2008) i Antarktydy (Elsig, Schmitt i in. 2009). Jednak niewątpliwie ważnymi lądowymi źródłami informacji o zmieniającym się klimacie i środowiska są słoje drzew, przyrosty stalagmitów, lessy, osady jeziorne czy torfowiskowe. Te ostatnie są szczególnie istotnymi archiwami przemian, co związane jest z ich globalnym rozmieszczeniem (Cohen 2003). W procesie sedentacji oraz sedymentacji powstają osady biogeniczne, tj. torf oraz różnego rodzaju osady jeziorne (gytie), (Tobolski 2000). Oczywiście już sama struktura osadu z dużym sukcesem wykorzystywana jest, jako nośnik informacji na temat przebiegu procesów sedymentacji w toni wodnej, choćby z wykorzystaniem analizy mikrolitofacjalnej osadów laminowanych (Brauer i Casanova 2001). Natomiast w zależności od typów osadu oraz wyboru konkretnych analiz multi-proxy można dokonać próby rekonstrukcji różnych parametrów paleośrodowiska przyrodniczego. Przykładowo, innych informacji paleośrodowiskowych dostarczają analizy *Chironomidea* (Brooks i Birks 2001), *Cladocera* (Korhola i Rautio 2001) czy makroszczątków roślinnych (Birks 2007), które są zawarte w osadach torfowych i jeziornych. Dlatego też w zależności od stawianego pytania, na które chcielibyśmy uzyskać odpowiedź, należy użyć innych metody rekonstrukcji (Birks i Birks 1980).

Niewątpliwe głównym punktem każdej rekonstrukcji paleoklimatyczno-paleośrodowiskowej opartej o osady czy to jeziorne, czy torfowiskowe jest chronologia. Wszelkie nasze następne interpretacje będą na tyle wiarygodne, na ile wiarygodna jest sporządzona chronologia. Dlatego też stanowi ona istotny punkt każdej paleo-rekonstrukcji opartej na naturalnych archiwach. Aby uniknąć często notowanych sytuacji, takich jak inwersja czasowa, czy hiatusy w osadach, używamy sekwencji datowań konwencjonalnych, między innymi takich jak C-14, Pb-210 czy Cs-137, które w zestawieniu z dobrym opisem badanych osadów mogą stworzyć wiarygodny model wiek-głębokość (Last i Smol 2001). Wraz z rozwojem technik badawczych, określenie wieku zmienia się i uszczegóławia, przez co zakres niepewności systematycznie zmniejsza się. Również poprawne wytypowanie terrestrycznych makroszczątków roślinnych do datowań ma istotne znaczenie przy konstrukcji modelu wiek-głębokość, co dalej pozwala na koncentracje badań na pewnych krótkotrwałych wydarzeniach o charakterze globalnym, takich jak opisywane w literaturze chłodne wydarzenia 9.3 czy 8.2, czy też mała epoka lodowa. Krótkotrwałość tych wydarzeń wymusza przeprowadzenie wszelkich analiz w bardzo wysokiej rozdzielczości, co dalej pozwala na określenie różnych reakcji pomiędzy poszczególnymi proxy czy grupami organizmów na gwałtowne zmiany klimatyczne w badanych przeze mnie stanowiskach osadów jeziornych i torfowiskowych (Birks i Birks 2006). Niestety często krótkotrwałe epizody klimatyczne mieściły się w zakresie błędów

sporządzonych modeli wiek-głębokość, stąd też próba porównywania i zestawiania ich z innymi stanowiskami chociażby w Europie sprawiała wielki problem w dyskusjach o reakcjach poszczególnych ekosystemów na to samo wydarzenie (Wohlfarth, Muschitiello i in. 2016). Problem ten mógłby zostać rozwiązany, gdyby wszędzie były notowane izochrony wulkaniczne, tak jak na stanowiskach na południu Włoch, których wiek jest dobrze określony i umożliwia pełną synchronizacje badanych stanowisk (Wulf 2004). Niestety do niedawna na obszarze dużej części Europy, w tym Europy środkowej prowadzenie tego typu korelacji nie było możliwe (Litt, Brauer i in. 2001). Niewątpliwy postęp nastąpił w momencie szybkiego rozwoju kryptotefrochronologii, której podstawą jest analiza składu geochemicznego pojedynczych szkieł wulkanicznych, umożliwiająca przez to identyfikację erupcji wulkanu, która nastąpiła nawet w dużej odległości od badanych stanowisk (Blockley, Lane i in. 2012). Tefrochronologia stwarza nowe możliwości szczegółowych datowań profili, ale co więcej w połączeniu z zastosowaniem warwochronologii, możliwość ich szczegółowej synchronizacji (Lane, Brauer i in. 2013). W ostatnich latach dostrzega się również coraz większe znaczenie oraz możliwości wykorzystania rocznie laminowanych osadów jeziornych w rekonstrukcjach globalnych zmian klimatycznych. W połączenie z precyzyjnością analiz, jakie umożliwiają nam nowoczesne techniki badawcze (tj. *μXRF* core scanner), możemy mówić już o rekonstrukcjach nie tylko rocznych, ale także sezonowych (Wulf, Ott i in. 2013, Tylmann, Bonk i in. 2016, Słowiński, Zawiska i in. 2017).

[P1] Słowiński M., Błaszkiewicz M., Brauer A., Noryśkiewicz B., Ott F., Tyszkowski S., 2015, The role of melting dead ice on landscape transformation in the early Holocene in Tuchola Pinewoods, North Poland, Quaternary International, 388: 64-75.

Głównym celem badań paleoekologicznych, których rezultaty zostały zaprezentowane i zinterpretowane w publikacji [P1] była rekonstrukcja reakcji środowiska przyrodniczego na gwałtowne zmiany, głównie "hydrologiczne" związane z procesem wytapiania się zakonserwowanych brył lodu w środkowym odcinku doliny Wdy, w Borach Tucholskich (PN Polska). Osady biogeniczne do badań zostały pozyskane w trakcie kartowania geologicznego w ramach realizowanych projektów NN 306085037 oraz NCN 2011/01/B/ST10/ 07367.

Szczegółowe analizy osadów biogenicznych dostarczyły interesujących informacji na temat zmian hydrologicznych pod koniec późnego glacjału i na początku holocenu na obszarze Borów Tucholskich związanych z wytapianiem się brył martwego lodu zakonserwowanych w obrębie fragmentów rynien subglacjalnych, które później zostały włączone w system fluwialny Wdy. Materiał badawczy do analiz paleoekologicznych został pozyskany za pomocą wiertni z wierceń rurowanych „vibrocoring" o średnicy 2,5 cm. Pozyskane osady organiczne z rozdzielczością 2 cm poddano analizie makroszczątków roślinnych, analizie palinologicznej oraz podstawowym analizom geochemicznym. Dodatkowo przeprowadzono kartowanie geologiczne osadów biogenicznych.

Wyniki datowań radiowęglowych spągowych osadów w różnych częściach rynien subglacjalnych pozwoliły wykazać asynchroniczność wytapiania się brył martwego lodu, co bezpośrednio wpłynęło na stosunki hydrologiczne w badanym odcinku rzeki Wdy. Szczególnie istotne okazały się wiercenia dokumentujące zapis sedymentacji osadów biogenicznych w obecnie aktywnym fragmencie doliny poniżej początku suchego (północnego) odcinka doliny Wdy, z którego

to profil został poddany szczegółowym analizom paleoekologicznym. Wyniki analiz paleoekologicznych pozwoliły wykazać jak gwałtowne zmiany w badanym ekosystemie zaszły w trakcie wytapiania się zakonserwowanej bryły lodu, co wpłynęło bezpośrednio na zmiany lokalnego reżimu hydrologicznego. W konsekwencji owych zmian hydrologicznych obserwujemy zapis zmian lokalnej roślinności, ale również zmiany edaficzne. Udokumentowano również pojawienie się dużej ilości węgli drzewnych, co z kolei należy wiązać z niestabilnością hydrologiczną, stymulującą rozwój pożarów w skali lokalnej (makro węgle), ale i ponad regionalnych (mikro węgle). Zebrany materiał stał się ważnym głosem w dyskusji dotyczącej różnowiekowego wytapiania się pogrzebanych brył martwego lodu na obszarze młodoglacjalnym oraz możliwości przetrwania ich do początku holocenu, a co za tym idzie podkreślenie ich dużego wpływu na transformacje środowiska przyrodniczego w okresie postglacjalnym (Błaszkiewicz 2005, Stivrins, Liiv i in. 2017).

Zebranie bogatej dokumentacji wierceń geologicznych oraz interpretacja lokalnej roślinności pozwoliło stworzyć model transformacji układu rzeczno-jeziornego w środkowym odcinku rzeki Wdy z wyróżnieniem czterech faz rozwojowych: a) telmatycznej, b) jeziornej, c) jeziorno-fluwialnej oraz d) fluwialnej. Ocieplenie pod koniec ostatniego zlodowacenia zapoczątkowało rozwój nowych krajobrazów i ekosystemów kształtowanych przez wiele, ściśle ze sobą powiązanych procesów geologicznych, hydrologicznych i biologicznych odpowiedzialnych między innymi za tworzenie gleby i migrację roślinności oraz fauny (Birks i Birks 1980). Procesy te nie zachodziły jednocześnie, ale były raczej heterogeniczne w czasie i przestrzeni, z powodu różnic w lokalnych warunkach wcześniej istniejących środowisk (Błaszkiewicz, Piotrowski i in. 2015). Jednym z przejawów takich efektów w krajobrazie były bryły martwego lodu zagrzebane w osadach fluwioglacjalnych, które konserwowały różnego rodzaju obniżenia glacjalne nawet przez kilka tysięcy lat (Błaszkiewicz 2005, Stivrins, Liiv i in. 2017).

Duże rozbieżności obserwowane w czasie wytapiania pogrzebanych brył lodu i jednoczesnego tworzenia się nowych depresji oraz związanych z tym konsekwencji dla regionalnego systemu hydrologicznego były inspirującym zagadnieniem badawczym, które zwykle tłumaczy się zmienną grubością warstwy osadów pokrywającego pogrzebany martwy lód (Błaszkiewicz, Piotrowski i in. 2015). Jednak w skali regionalnej i ponadregionalnej również inne czynniki, w tym klimat (kontynentalizm) oraz inna cyrkulacja powietrza panująca jeszcze w początkowym holocenie, także odegrały istotną rolę (Lauterbach, Brauer i in. 2011). Kilka innych czynników geomorfologicznych i hydrologicznych wpłynęło również na czas topnienia pogrzebanych brył lodu, w tym na: (1) grubość i rodzaj pokrycia osadów (Nowaczyk 1994), (2) nasycenie osadów morenowych wodą (Błaszkiewicz 2005), (3) wielkość i kształt pogrzebanych brył lodu (Böse 1995), oraz (4) warunki lokalnego drenażu (Błaszkiewicz 2005). Warunki hydrologiczne depresji, tworzącej się wskutek początkowego etapu wytapiania się bryły pogrzebanego lodu determinowały rodzaj roślinności. Pierwsza warstwa biogeniczna zakumulowana w zagłębieniu składała się z igieł, fragmentów drewna (sosny lub świerka), makroszczątków *Dryas octopetala, Betula nana* i *Arctostaphylos uva-ursi*, a także mchów brunatnych, co wskazuje, że roślinność krzewiasta została stopniowo zastąpiona roślinnością bagienną. W następstwie wytapiania się pogrzebanego lodu negatywna forma terenu pogłębiła się, co powodowało poważne zmiany w lokalnych relacjach hydrologicznych i edaficznych, a mianowicie przejście ze środowiska telmatycznego do limnicznego. Jak wskazano na podstawie ostrej granicy litologicznej, między warstwą organiczną a gytią

węglanową przejście to nastąpiło gwałtownie. Przedstawione wyniki wskazują na szybkie zmiany lokalnego środowiska, w szczególności w fazie topnienia martwego lodu i będącego jego konsekwencjami powstawania zagłębienia. Szybkość tych zmian związana była też ze stosunkowo późnym topnieniem pogrzebanego lodu w ciepłym już początku holocenu, a także z miejscowymi warunkami drenażu. Uzyskane wyniki z analizy węgli drzewnych (mikroskopijnych > 10 mm i makroskopowych> 125 mm) badanego profilu wskazują również na występowanie wzmożonej ilości pożarów korelujących z oscylacją klimatu w okresie preborealnym, która charakteryzowała się chłodnymi i suchymi warunkami klimatycznymi (Bos, van Geel i in. 2007). Suchy klimat mógł sprzyjać rozwijaniu się pożarów, ale efekt ten prawdopodobnie został wzmocniony poprzez gwałtowny spadek poziomu wód gruntowych związanych z włączeniem analizowanego obniżenia do fluwialnego systemu środkowej Wdy (Błaszkiewicz, Piotrowski i in. 2015).

Obecność pogrzebanych brył lodu w północnej Polsce na początku holocenu dostarcza bezpośrednich dowodów na to, że lokalna, nieciągła wieloletnia zmarzlina była obecna w owym czasie (Błaszkiewicz 2005). Najprawdopodobniej było to spowodowane synergią czynników, takich jak klimat oraz lokalne uwarunkowania hydrogeologiczne.

Zaprezentowane w artykule wyniki mogą dostarczyć wskazówek do modelowania zmian klimatu w okresie postglacjalnym, które powinno uwzględniać czynniki lokalne, takie jak degradację wieloletniej zmarzliny, która wpłynęła na globalne zmiany klimatyczne poprzez emisję między innymi metanu (Schuur, Vogel i in. 2009). Podsumowując, praca jest przykładem badań multidyscyplinarnych, których wyniki pozwoliły na rozpatrywanie kompleksowych zmian środowiska przyrodniczego w wyniku gwałtownych, lokalnych zmian hydrologicznych będących konsekwencjami wytapiania się martwego lodu na początku holocenu.

[P2] Słowiński M., Zawiska I., Ott F., Noryśkiewicz A. M., Plessen B., Apolinarska K., Rzodkiewicz M., Michczyńska D. J., Wulf S., Skubała P., Kordowski J., Błaszkiewicz M., Brauer A., 2017, Differential proxy responses to late Allerød and early Younger Dryas climatic change recorded in varved sediments of the Trzechowskie palaeolake in Northern Poland, Quaternary Science Reviews, 158: 94-106.

Celem pracy [P2] była rekonstrukcja reakcji systemu jeziornego na gwałtowne zmiany klimatyczne i środowiskowe podczas przejścia pomiędzy allerødem a młodszym dryasem na stanowisku paleojezioro Trzechowskie, zlokalizowanym w Polsce Północnej (Bory Tucholskie). Interpretacje oraz wnioski opierały się na przeprowadzonych w wysokiej rozdzielczości analizach biotycznych, takich jak analiza makroszczątków roślinnych, analiza palinologiczna, *Cladocera* oraz analiza okrzemek. Dodatkowo z taką samą rozdzielczością przeprowadzono analizy geochemiczne (skany elementów µXRF, TOC, stosunki C/N, wartości $d^{18}O$ i $d^{13}C$) w powiązaniu z chronologią opartą na warwochronoligii, datowaniach C-14 AMS oraz tefrochronologii. Wysoka rozdzielczość przeprowadzonych analiz paleoekologicznych oraz geochemicznych pozwoliła rozpatrzeć zapisane zmiany z rozdzielczością czasową pomiędzy 5 a 15 lat. Tego typu dokładność dała możliwość prześledzenia dynamiki krótkoterminowych zmian ekosystemu wywołanych nagłą zmianą klimatu. Precyzyjna kontrola wieku wraz z opróbkowaniem w wysokiej rozdzielczości pozwoliła na wykrycie potencjalnych przyspieszeń i opóźnień między różnymi proxy, w reakcji na zmiany klimatu podczas

przejścia allerød - młodszy dryas. Uzyskane wyniki wskazują na gwałtowne ochłodzenie, obniżenie poziomu wody i wzrost aktywności wiatru podczas tej gwałtownej zmiany klimatycznej, co spowodowało intensywną erozję w zlewni. Podstawą wyznaczenia zmian zachodzących w szacie roślinnej na poziomie regionalnym i lokalnym były wyniki analizy makroszczątków roślinnych i analizy palinologicznej (Birks i Birks 2006). Natomiast bioindykacyjne właściwości zespołów okrzemek i *Cladocera* dostarczyły informacji na temat wewnętrznych procesów w jeziorze, w tym o stanach stratyfikacji i przezroczystości słupa wody (Battarbee 1986, Korhola i Rautio 2001). Analizy geochemiczne posłużyły przede wszystkim interpretacji wielkości erozji w zlewni i wydajności biologicznej (Last i Smol 2001). Zmiany w stabilnych izotopach tlenu zostały zinterpretowane jako pośrednie dla zmian temperatury powietrza i dla zmian w parowaniu (Last i Smol 2001).

Ponadto, zestawienie wszystkich analiz wykonanych w wysokiej rozdzielczości umożliwiło wykrycie potencjalnych przyspieszeń i opóźnień między różnymi reakcjami poszczególnych proxy na gwałtowne zmiany klimatyczne jakim było ochłodzenie powiązane z młodszym dryasem (Brauer, Endres i in. 1999). Pierwsze reakcje na zmiany klimatyczne pod koniec allerødu wystąpiły równolegle w litologii i biologii jezior (*Cladocera*, okrzemki), co sugeruje istnienie silnego związku między reżimem sedymentacji, a procesami wewnętrznymi jeziora i wrażliwością w odniesieniu do zmian klimatycznych. Niemniej jednak, odnotowano także różnice w przebiegu tych zmian. Zmiany zachodzące w litologii zachodziły stopniowo, podczas gdy biologiczne proxy wskazują na ich bardziej gwałtowny przebieg. Główna zmiana w roślinności, określona jako biostratygraficzna granica allerødu i młodszego dryasu, nastąpiła z niewielkim opóźnieniem w porównaniu ze zmianami reżimu sedymentacji i sfery biotycznej jeziora.

Jednocześnie wykorzystano obecność kryptotefry LST (Laacher See Tephra – 12 880 warw BP) w profilu laminowanych, późnoglacjalnych osadów jeziornych do synchronizacji zapisu przejścia pomiędzy allerødem i młodszym dryasem ze znanym stanowiskiem w zachodniej części Niemiec - Meerfelder Maar (Wulf, Ott i in. 2013). Dokonana synchronizacja tych stanowisk pozwoliła na stwierdzenie ponad dwudekadowego opóźnienia w reakcji roślinności na zmiany klimatu w przejściu z allerødu do młodszego dryasu pomiędzy stanowiskiem Meerfelder Maar a paleojeziorem Trzechowskim. Wyniki te mają wielkie znaczenie w analizach paleoklimatyczno-paleośrodowiskowych i otwierają dyskusję na temat reakcji środowisk przyrodniczych na globalne impulsy klimatyczne w transekcie W-E, z uwzględnieniem stopnia kontynentalizmu klimatu.

[P3] Słowiński M., Marcisz K., Płóciennik M., Obremska M., Pawłowski D., Okupny D., Słowińska S., Borówka R., Kittel P., Forysiak J., Michczyńska D. J., Lamentowicz M., 2016,Drought as a stress driver of ecological changes in peatland - A palaeoecological study of peatland development between 3500BCE and 200BCE in central Poland, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 461: 272-291.

Głównym celem prezentowanej pracy [P3] była rekonstrukcja 3300 lat historii rozwoju torfowiska Rąbień, pomiędzy 3500 a 200 p.n.e., położonego w centralnej Polsce. Zastosowano do tego celu analizy: makroszczątków roślinnych, palinologiczną, ameb skorupkowych, wioślarek (*Cladocera*), muchówek (*Chironomidae*) oraz analizy geochemiczne osadów. Europa Środkowa, a szczególnie Polska, charakteryzuje się klimatem przejściowym, z wpływami kontynentalnych i

atlantyckich mas powietrza, co czyni ten region bardzo wrażliwym na globalne zmiany klimatyczne (Przybylak, Majorowicz i in. 2009). Uzyskane wyniki badań wskazują na duży potencjał torfowiska Rąbień do rekonstrukcji paleośrodowiska, a w szczególności określenie zmian paleohydrologicznych. Badany przedział czasu charakteryzuje się dwoma wyraźnymi okresami suchymi: od ~ 2500 do ~ 1700 p.n.e. i od ~ 700 do ~ 500 p.n.e. oraz dwoma okresami o znaczących wzrostach zwierciadła wody: od ~ 1000 do ~ 800 p.n.e. i od ~ 600 do ~ 250 p.n.e.. Okres wzrostu poziomu wody zanotowany około 600 lat p.n.e. odpowiada okresom wilgotnym w różnych miejscach w Europie Środkowej i Wschodniej (Sillasoo, Mauquoy i in. 2007, Tuittila, Väliranta i in. 2007, Gałka, Miotk-Szpiganowicz i in. 2013). Przeprowadzone badania ujawniły jednak bardziej skomplikowane i złożone niż uprzednio zakładano, przemiany stosunków klimatyczno-hydrologicznych w Europie pomiędzy 3500 a 200 p.n.e., które mogły być powiązane ze zmieniającą się cyrkulację atmosferyczną.

Torfowisko Rąbień to pierwsze torfowisko w centralnej Polsce, którego osady biogeniczne zostały poddane analizie sześciu biotycznych proxy (makroszczątków roślinnych, analizie palinologicznej, wioślarek *Cladocera*, ochotek *Chironomidea*, ameb skorupkowych oraz analizom geochemicznym), które porównano ze źródłami archeologicznymi. W pracy skoncentrowano się na 3300 latach historii rozwoju torfowiska Rąbień, aby prześledzić zmiany hydroklimatyczne i narastający wpływ działalności człowieka. Najważniejsze zmiany paleohydrologiczne w badanym profilu z torfowiska Rąbień korelują z notowanymi zamianami klimatycznymi, które wpływały bezpośrednio na przemiany strefy biotycznej jak i abiotycznej. W omawianej pracy skupiono się na: a) rekonstrukcji zmian paleohydrologicznych między 3500 BCE a 200 BCE z torfowiska mszarnego Rąbień za pomocą analizy multi-proxy opartej na wysokiej rozdzielczości; b) ocenie reakcji ekosystemu jeziora, a następnie torfowiska na wahania klimatyczne; c) określenia wpływu działalności człowieka na zmiany hydrologiczne; oraz d) porównania wyników ze stanowiska Rąbień z innymi zapisami z Europy Środkowej i próbie regionalnej synchronizacji zapisów zmian środowiska.

Uzyskane wyniki wskazały, iż torfowisko Rąbień było bardzo wrażliwe na zmiany hydrologiczne w przeszłości. Jest to bezpośrednio związane ze specyficzną budową geologiczną obszaru, który charakteryzuje się przewagą przepuszczalnych osadów piaszczystych (Dempster, Ellis i in. 2006). Zagłębienie torfowiskowe jest płytkie (głębokość 6 m), dlatego też pierwszy poziom wód podziemnych odgrywa ważną rolę w procesach hydrologicznych w analizowanym ekosystemie torfowiskowym. Nagłe zmiany litofacjalne zaobserwowane na głębokości 190-170 cm w profilu (2500 - 2200 p.n.e.) były prawdopodobnie związane z przejściem ze środowiska limnicznego do warunków torfowiskowych. Przejście to było udokumentowane stosunkowo szybkim spadkiem poziomu wody w jeziorze, co prawdopodobnie wynikało ze zmian klimatycznych, które odnotowano pod koniec późnego neolitu około 2200 p.n.e. (4.2 BP) w wielu miejscach na świecie (Bond 1997, Staubwasser 2003). Gwałtowne zmiany hydroklimatyczne spowodowały spadek poziomu wody w badanym zbiorniku i przez to umożliwiły rozwój roślinności torfowiskowej, a w konsekwencji wkroczenie i rozwinięcie się pła roślinnego, które porosło jezioro. Podobne zmiany zachodzące około 2250 p.n.e (4.2 BP) udokumentowane także na kilku innych stanowiskach na obszarze centralnej Polski (Lamentowicz, Obremska i in. 2008, Dobrowolski, Ziułkiewicz i in. 2017).

Interesujące zależności na torfowisku Rąbień odnotowano również w związku z wydarzeniem 2.8 BP (Van Geel, Buurman i in. 1996, Rach, Engels i in. 2017), który charakteryzował się gwałtownymi zmianami hydroklimatycznymi. Głównym czynnikiem, który napędzał zmiany podczas

wydarzenia 2.8 BP była aktywność słoneczna (Stuiver i Braziunas 1993). Homeryczne minimum słoneczne, które wystąpiło pomiędzy 2750 a 2550 BP (800-600 p.n.e.), charakteryzowało się chłodniejszym i wilgotniejszym klimatem w Europie Zachodniej (Martin-Puertas, Matthes i in. 2012). Jednak dane uzyskane ze stanowiska Rąbień wskazują na spadek zwierciadła wody między 800 a 500 p.n.e.. Również na innych polskich stanowiskach wykryto podobny przebieg zmian hydrologicznych w owym czasie, na przykład w jeziorze Biskupińskim (Niewiarowski 1995), jeziorze Gościąż (Pazdur, Fontugne i in. 1995) oraz bagnie Stążki (Gałka, Miotk-Szpiganowicz i in. 2013). Wyraźny zapis zmiany hydroklimatycznej około 600 roku p.n.e. notowany był w wielu częściach Europy Centralnej i Wschodniej (Sillasoo, Mauquoy i in. 2007, Andersson i Schoning 2010). Dodatkowo, wyższe poziomy jezior odnotowano w Europie Zachodniej (Magny 2004, Martin-Puertas, Matthes i in. 2012), a ekstremalne opady wystąpiły w jeziorach alpejskich i przedalpejskich (Czymzik, Brauer i in. 2013). Odmienny zapis pochodzi z południowo-wschodniego regionu Morza Śródziemnego, który charakteryzuje się bardziej wyraźnym i dłuższym suchym okresem od ~ 3000 do ~ 2400 lat BP (Kaniewski, Van Campo i in. 2013, Neugebauer, Brauer i in. 2015). Rekonstrukcje środowiskowe z wielu badań w Europie wykazały, że zmiany w tym okresie były bardziej złożone. Niemniej jednak region ten wykazywał ogólnie chłodne i wilgotne warunki klimatyczne (Lamentowicz, Gałka i in. 2015).

Podsumowując, w publikacji skupiono się na rekonstrukcji i interpretacji reakcji ekosystemu torfowiskowego Rąbień na dwa krótkotrwałe epizody hydroklimatyczne: 4.2 oraz 2.8 BP. W świetle przeprowadzonych analiz zauważono, iż to susza (stres hydroklimatyczny) była głównym motorem determinującym zmiany, zarówno w składzie roślinności, geochemii czy też składzie gatunkowym analizowanych grup organizmów. Jednocześnie podkreślono jak wiele czynników lokalnych, takich jak wielkość zlewni i jej budowa geologiczna, w której funkcjonuje torfowisko mają bezpośredni wpływ na odporność tego ekosystemu na zmiany hydroklimatyczne wywołane zarówno gwałtownymi zmianami klimatu, jak też rosnącą antropopresją.

[P4] Dietze E., **Słowiński M.**, Zawiska I., Veh G.,Brauer A.,2016, Multiple drivers of Holocene lake level changes at a lowland lake in northeastern Germany, Boreas, 45(4): 828-845.

Zmiany hydrologiczne są jednym z efektów szerokorozumianych zmian klimatu. W ostatnich dekadach obserwowane są znaczące wahania lustra wody w jeziorach zlokalizowanych na Niżu Środkowoeuropejskim (Kaiser, Koch i in. 2014). Ze względu na krótkotrwały okres monitoringu wahań poziomu wody, jedynym źródłem tych zmian dla dłuższych odcinków czasu jest rekonstrukcja oparta na rdzeniach jeziornych lub sąsiadujących osadach torfowiskowych (Kaiser, Koch i in. 2014). W północno-wschodnich Niemczech zaobserwowano dużą wrażliwość jezior na holoceńskie zmiany hydrologiczne, jednak dobrze przetestowane rekonstrukcje poziomu jezior nie były do tej pory przeprowadzone.

W artykule [P4] dokonano próby rekonstrukcji zmian hydrologicznych zapisanych w osadach jeziornych jeziora Fürstenseer See, położonym w zasięgu ostatniego zlodowacenia. Głównym celem badań było zrekonstruowanie pełnych amplitud poziomu wody w holocenie oraz wskazanie na mechanizmy tych zmian. Dla pięciu rdzeni osadów jeziornych wykonano analizy paleoekologiczne (makroszczątki roślinne oraz wioślarki *Cladocera*, jako indykatory zmian warunków hydrologicznych

i edaficznych), sedymentologiczne (litologia osadów, analizy geochemiczne *μXRF*). Dodatkowo przeprowadzono analizy sejsmoakustyczne dna jeziora. Zestawienie wyników wszystkich przeprowadzonych analiz sedymentologicznych z jeziora oraz badań zlewni bezpośredniej pozwoliły na rekonstrukcję ilościową wahań poziomu wody w jeziorze, których bezwzględna amplituda dla całego holocenu osiągnęła 8 m. Wartość ta wyraźnie przekroczyła obserwowane współcześnie fluktuacje na poziomie 1,3 m (AD 1973-2010), (Kaiser, Koch i in. 2014). Relatywne zmiany poziomu jeziora były śledzone w sposób pośredni, lecz ciągły przy użyciu zawartości wapnia z wyników pochodzących z *μXRF*. Podczas wysokiego poziomu jeziora, w najgłębszym jego miejscu, powstawały osady jeziorne z większym udziałem organiki, podczas gdy niższe poziomy wody wpływały na odkładanie się osadów wzbogaconych w węglan wapnia. Na podstawie uzyskanych wyników zrekonstruowano szereg istotnych zmian w poziomie wody w jeziorze. Na początku holocenu (> 9700 lat kal. BP) poziom wody w jeziorze był wysoki, prawdopodobnie z powodu ostatecznej degradacji wieloletniej zmarzliny i resztek brył martwego lodu (Błaszkiewicz 2005). W okresie 9700 - 6400 lat kal. BP, w konsekwencji ustabilizowania się lasów, które intensywnie zużywały wodę, nastąpił spadek lustra wody od 3 do 4 m poniżej poziomu współczesnego. Następnie poziom wody jeziora wykazywał tendencję wzrostową. Około 5000 tys. lat kal. BP poziom lustra wody wynosił 4 metry powyżej stanu współczesnego. Przy przechodzeniu w kierunku chłodniejszego i wilgotniejszego klimatu w późnym holocenie, lasy zdominowane były przez buczynę oraz dęby, z jednoczesnym początkiem wpływu działalności człowieka, co prawdopodobnie przyczyniło się do ówczesnego podniesienia się wód gruntowych (Natkhin, Steidl i in. 2012). Jeziora utrzymywały się na wysokim poziomie od 3800 do 800 lat kal. BP. Jednak system jeziora Fürstenseer See nie był wystarczająco czuły, by rejestrować krótkotrwałe fluktuacje w tym okresie. Obniżenie poziomu jeziora zarejestrowano dopiero wraz z intensyfikacją działalności człowieka poprzez zmianę użytkowania terenu (zamiana lasów na obszary rolnicze) oraz melioracje (Jahns 2006).

W artykule podkreślono duży wpływ czynników lokalnych i regionalnych naprzebieg wahań poziomu wody w jeziorach. Fluktuacje poziomu jezior są zazwyczaj interpretowane jako dowód zmian klimatycznych w przeszłości. Jednak czynniki lokalne i regionalne mogą znacznie skomplikować interpretację takich zapisów. Głównym motorem zmian poziomu wody we wczesnym holocenie było ostateczne wytapianie się pogrzebanych brył lodu i zanik nieciągłej wieloletniej zmarzliny. Ważnym elementem wpływającym bezpośrednio na bilans wody była ewapotranspiracja związana z gwałtownymi wkroczeniem lasów. We wczesnym i środkowym holocenie zarejestrowano szereg oscylacji rzędu 3-4 m powyżej poziomu współczesnego. Zrekonstruowane duże wahania o amplitudzie 8 metrów dla holocenu mogą wynikać z różnego zasilania gruntowego oraz sprzężeń zwrotnych pomiędzy składem szaty roślinnej i wpływem działalności człowieka, które to nakładały się na zmiany klimatu o różnych skalach czasowych.

[P5] Lamentowicz M., **Słowiński M.,** Marcisz K., Zielińska M., Kaliszan K., Lapshina E., Gilbert D., Buttler A., Fiałkiewicz-Kozieł B., Jassey V. E. J., Laggoun-Defarge F., Kołaczek P., 2015, Hydrological dynamics and fire history of the last 1300 years in western Siberia reconstructed from a high-resolution, ombrotrophic peat archive, Quaternary Research, 4(3): 312-325.

Torfowiska zachodniej Syberii dostarczają zapisów dotyczących zmian w kontynentalnym klimacie Eurazji (Borren, Bleuten i in. 2004). W pracy podjęto próbę rekonstrukcji tych zmian zapisanych w osadach torfowych torfowiska Mukhrino (Elger, Opel i in. 2012), które zlokalizowane jest przy wschodnim brzegu rzeki Irtysz, w pobliżu granicy z rzeką Ob, w środkowej strefie tajgi zachodniej Syberii, około 20 km od Chanty-Mansyjska. Region ten znajduje się w strefie klimatu borealnego. W 2009 r. wybudowano stację badawczą Mukhrino na skraju olbrzymiego kompleksu torfowiskowego, który jest zarządzany przez UNESCO ds. Dynamiki Środowiska i Zmian Klimatycznych na Uniwersytecie Yugra State, Chanty-Mansyjsk, Rosja (Elger, Opel i in. 2012). Miąższość osadów torfowych na torfowisku Mukhrino nie przekracza 4,5 m. Latem 2012 r. pobrano metrowy rdzeń torfowy z części stropowej torfowiska, który następnie został podzielony na próbki o centymetrowej rozdzielczości. Przeprowadzone analizy makroszczątków roślinnych, palinologicznej oraz węgli drzewnych pomogły na odtworzenie zmian regionalnej i lokalnej roślinności oraz zdarzeń pożarowych w ciągu ostatnich 1300 lat. W badanym rdzeniu została zastosowana funkcja transferu, bazująca na zbiorach testowych ameb skorupkowych, co posłużyło do wygenerowania ilościowej rekonstrukcji zmian hydrologicznych na torfowisku (Lamentowicz i Mitchell 2005).

Wyniki analiz ukazały, iż zmiany hydrologiczne w kierunku spadku poziomu wody notowane były pomiędzy AD 780-1882, co jest zbieżne z suchymi epizodami opisywanymi na innych stanowiskach z Europy Środkowej i Wschodniej (Lamentowicz, Balwierz i in. 2009, Gałka, Tobolski i in. 2014). Może to sugerować, że zjawisko suszy intensywnie wzrastało z zachodu na wschód, będąc najbardziej dotkliwe na obszarach kontynentalnych, takich jak zachodnia Syberia. W artykule podjęto także, coraz bardziej dostrzegany problem roli pożarów w kształtowaniu dużych ekosystemów leśnych i torfowiskowych (Stocks i Lynham 1996). Ogień jest kluczowym procesem, który wpływa na fizyczną i biologiczną strukturę lasów borealnych. Pożary wpływają na wszystkie cechy ekosystemu, w tym skład gatunkowy i różnorodność, cykle biogeochemiczne i przepływy energii oraz cykle węgla atmosferycznego (van Bellen, Garneau i in. 2012). Wyniki pochodzące z analizy węgli drzewnych mają szczególne znaczenie ze względu na znaczną ilość węgla emitowanego przez płonące torfowiska. Badany profil torfowy ze stanowiska Mukhrino cechował się maksymalnym udziałem szczątków węgielków drzewnych ok. AD 1975 i dwa mniejsze piki (około AD 1984 i 2000) wskazywały na wyższą aktywność zdarzeń pożarowych w ciągu ostatnich 60 lat, w stosunku do całego badanego okresu. Ten gwałtowny wzrost pożarów był prawdopodobnie związany z rozwojem pobliskiego miasta Chanty-Mansyjsk, w którym nastąpił szybki wzrost populacji od lat 50. XX wieku. Wykrycie ropy i gazu w regionie miało duży wpływ na rozwój lokalnego przemysłu i spowodowało gwałtowny napływ ludności od 18 000 osób w 1956 r. do 1 478 000 w 2006 r. Ten znaczny wzrost populacji nie tylko wpłynął na rozwój samego miasta, ale także przyczynił się do presji na środowisko w regionie. Wzrosła penetracja obszarów leśnych i torfowiskowych przez ludzi, co przyczyniło się do zwiększenia aktywności pożarów w ciągu ostatnich dziesięcioleci. W artykule wskazano również na powiązanie wzrostu pożarów w tym okresie z ostatnio obserwowanymi zmianami klimatycznymi (Kirilenko i Sedjo 2007). Mianowicie od lat 80. XX wieku obserwuje się wydłużanie okresu suszy w trakcie lata, która jest skutkiem zwiększonej ewapotranspiracji w tym okresie (Barichivich, Briffa i in. 2014). Powoduje to przesuszanie

wierzchniej warstwy torfowisk oraz martwego drewna w lasach borealnych i zwiększa intensywność pożarów na Syberii i w innych obszarach borealnych (Flannigan, Cantin i in. 2013).

Podsumowując, w pracy [P5] wykorzystano trzy podejścia metodologiczne, które łącznie nie były wcześniej stosowane na Syberii. Były to: 1) wykorzystanie funkcji transferu ameb skorupkowych do ilościowej rekonstrukcji zmian wody gruntowej na badanym torfowisku; 2) analiza makroszczątków roślinnych oraz palinologiczna, które umożliwiły odtworzenie lokalnej i regionalnej historii roślinności i (3) wykorzystanie zapisu szczątków węgielków drzewnych w celu rekonstrukcji aktywności pożarowej w tym regionie. W oparciu o synergię wykonanych analiz odtworzono reakcję borealnego torfowiska, roślinności na zmiany klimatu i zdarzenia pożarowe.

[P6] Słowiński M., Skubała P., Zawiska I., Kruk A., Obremska M., Milecka K., Ott F., 2018, Cascading effects between climate, vegetation, and macroinvertebrate fauna in 14,000-year palaeoecological investigations of a shallow lake in eastern Poland, Ecological Indicators, 85: 329-341.

W prezentowanym opracowaniu [P6] skoncentrowanao się na późnoglacjalnej i holoceńskiej rekonstrukcji zmian ekosystemu jeziornego, jak i zmianach środowiskowych zachodzących w otoczeniu jeziora Łukie we wschodniej Polsce (Polesie). Osady jeziorne zaczęły gromadzić się w misie jeziora w okresie starszego dryasu (Zawiska, Słowiński i in. 2015). Na podstawie analizy makroszczątków roślinnych, analizy palinologicznej oraz analizy mechowców (*Oribatidae*), a także wykorzystując sztuczną sieć neuronową Kohonena (samoorganizująca się mapa, SOM), (Kohonen 1982) zostało wyodrębnionych sześć stopni historii jeziora (odpowiadających podgrupom X 1, X 2, X 3 w gromadzie X i Y 1, Y 2, Y 3 w klastrze Y). Dla każdego etapu zostały określone taksony wskaźnikowe na podstawie wartości indeksu IndVal. W okresie przejściowym, odpowiadającym granicy X i Y, ekosystem jeziorny przekształcał się z fazy protokratycznej w mezokratyczną, w 5-punktowej skali przekształcania krajobrazu w cyklu glacjalno-interglacjalnym (Birks i Birks 2004). Wszystkie etapy związane z historią postglacjalną w cyklach interglacjalnych obejmowały zmiany w oddziaływaniu klimatu, gleby i sfery biotycznej. Taksony wskaźnikowe dla kolejnych subklastrów SOM X 1, X 2 i X 3 związane były z pierwszą fazą protokratycznego cyklu glacjalno-interglacjalnego. Dość gwałtowna zmiana środowiska przyrodniczego zaszła na poziomie klastra Y (subklastra Y 1), co związane było z fazą mezokratyczną (około 9000-5000 lat ^{14}C BP). Charakteryzuje się ona wysokimi wartościami temperatury powietrza i rozwojem tzw. lasu klimaksowego. Subklaster Y 2 odpowiada przekształceniu pokrywy leśnej podczas fazy oligokratycznej (około 5000-3000 lat ^{14}C BP), co związane było ze zmniejszeniem udziału lasów i systematycznym wyjaławianiem oraz pogarszaniem się stanu gleby. Kolejno, subklaster Y 3 związany był z fazą telokratyczną, charakteryzującą się wpływem klimatu bardziej oceanicznego (około 2500 lat ^{14}C BP), ze spadkiem temperatury, wyższą wilgotnością i łagodniejszymi kontrastami sezonowymi, co przyczyniło się do rozwoju bardziej otwartej roślinności i spadku urodzajności gleb (Birks i Birks 2004). Ten etap odpowiada również zwiększonej aktywności człowieka i przekształceniom krajobrazu, od lasów po pola i od mokradeł po łąki. Co ciekawe, obecnie ściśle chroniona roślina, jezierza mniejsza (*Najas minor*) była obecna w jeziorze w okresach atlantyckim, subborealnym i subatlantyckim. Aktualnie gatunek ten już nie występuje w jeziorze Łukie (Fijałkowski i Izdebski 2002).

Szczególną uwagę w omawianej pracy zwrócono na: (1) reakcje ekosystemu jeziornego widziane przez pryzmat gwałtownych zmian zachodzących w analizowanych proxy, (2) rekonstrukcję lokalnej i regionalnej roślinności dokonanej na podstawie analizy makroszczątków oraz analizy palinologicznej, (3) zmiany w litologii oraz (4) wykorzystanie roztoczy - mechowców (*Oribatidae*) po raz pierwszy w Polsce, jako indykatorów przemian środowiska przyrodniczego. Zauważono również interesujące zależności pomiędzy przebiegiem procesów stokowych, zakwitem cyjanobakterii z rodzaju *Gloeotrichia,* a reakcją innych bezkręgowców w okresie młodszego dryasu.

Płytki zbiornik wodny, jakim jest obecnie, ale również było w przeszłości jezioro Łukie, charakteryzował się dużą niestabilnością oraz małą odpornością na zmiany hydrologiczne (Zawiska, Slowinski i in. 2015). Stąd też w subatlantyku, ekosystem jeziora stał się bardzo podatny na antropopresję. W efekcie postępujących wylesień w zlewni, odwodnień torfowisk przylegających do jeziora oraz zwiększenia osadnictwa nastąpiło całkowite zaniknięcie jezierzy mniejszej (*Najas minor*).

Osady jeziora Łukie dostarczyły nowych informacji na temat zmian środowiska przyrodniczego w okresie późnego glacjału i holocenu na obszarze wschodniej Polski. Bazując na analizach dostarczających informacje o środowisku lokalnym (makroszczątki roślinne oraz mechowce *Oribatidae*) przeanalizowano sposób, w jaki ekosystem jeziora zareagował na gwałtowne zmiany hydroklimatyczne. Podejście wykorzystujące wiele wskaźników pozwoliło na prześledzenie kaskadowej relacji między klimatem, roślinnością i bezkręgowcami w tym płytkim jeziorze, w ciągu ostatnich 14 000 lat. Analiza gatunków wskaźnikowych za pomocą sztucznej sieci neuronowej Kohonena (SOM) wykazała, że wiele z nich jest cennymi wskaźnikami warunków edaficznych i hydrologicznych. W okresie późnego glacjału jezioro Łukie stanowiło oligo-mezotroficzny zbiornik wodny. Poziom wody w starszym dryasie był niski i wzrósł w allerødzie oraz młodszym dryasie. Przejście od późnego glacjału do holocenu charakteryzowało się niższym poziomem wody w jeziorze. Podczas okresu preborealnego poziom troficzny jeziora zmienił się na mezo-eutroficzny. Wykorzystane analizy paleoekologiczne wykazały, iż ekosystem jeziora w sposób gwałtowny zareagował na zmiany klimatu podczas przejścia z młodszego dryasu do wczesnego holocenu. Co istotne, wykorzystane w analizach trzy grupy indykatorów uzupełniały się wzajemnie, jednakże pojawiły się pewne różnice w czasie ich reakcji na ocieplenie holoceńskie. Sugeruje to, że w zależności od rodzaju indykatora możemy rekonstruować opóźnioną lub przyspieszaną reakcję proxy na zmiany klimatu, co jest bezpośrednio związane z progami odporności na stres klimatyczny poszczególnych grup organizmów.

[P7] Wulf S., Ott F., **Słowiński M.**, Noryśkiewicz A. M., Dräger N., Martin-Puertas C., Czymzik M., Neugebauer I., Dulski P., Bourne A. J., Błaszkiewicz M.,Brauer A., 2013, Tracing the Laacher See Tephra in the varved sediment record of the Trzechowskie palaeolake in central Northern Poland, Quaternary Science Reviews, 76: 129-139.

W artykule zaprezentowano wyniki tefrochrnologicznych badań osadów paleojeziora Trzechowskiego, które doprowadziły do zidentyfikowania po raz pierwszy w Polsce kryptotefry z okresu późnego allerødu w osadach laminowanych. Wyniki analiz geochemicznych szkliw pozwoliły rozpoznać je jako szkliwa wulkaniczne pochodzące z erupcji wulkanu z masywu Eiffel tzw. Laacher

See Tephra, datowane na 12 880 warw kalendarzowych BP (Brauer, Endres i in. 1999). Jest to najdalej wysunięte na wschód stanowisko charakteryzujące się występowaniem tego markeru stratygraficznego, które zlokalizowane jest blisko 900 km na północny wschód od źródła. Wykrycie szkliw wulkanicznych LST było możliwe dzięki kompleksowemu wykorzystaniu różnych technik, tj. analizy palinologiczno-biostratygraficznej, skanowania rdzeni *μXRF* o wysokiej rozdzielczości i mapowaniu powierzchniowego *μXRF* impregnowanych płytek osadów, jak również szczegółowej analizie litofacjalnej badanego osadu przy wykorzystaniu cienkich szlifów. Geochemia szkła wulkanicznego potwierdziła występowanie Laacher See Tephra w osadach paleojeziora Trzechowskiego. Umożliwiło to wykorzystanie horyzontu LST z tego paleojeziora do bezpośredniej synchronizacji z innymi archiwami o wysokiej rozdzielczości w północno-środkowej Europie (np. jeziora Meerfelder Maar, paleojeziora Rehwiese (Neugebauer, Brauer i in. 2012), jeziora Tifer See (Drager, Theuerkauf i in. 2016)) w celu zbadania regionalnej zmienności reakcji środowiska na początku młodszego dryasu wzdłuż transektu wschód-zachód. W pracy podkreślono, jak istotnym markerem synchronizującym archiwa paleoklimatyczne jest popiół wulkaniczny (tefra). Jednym z głównych celów programu INTIMATE (ang. INTegrating Ice core, MArine and TErrestrial records) jest korelacja tych terrestrycznych archiwów z zapisem z rdzeni lodowych Grenlandii oraz morskich osadów Oceanu Atlantyckiego w celu ustalenia "przyspieszeń i opóźnień" reakcji tych ekosystemów podczas gwałtownych zmian klimatycznych (Rasmussen, Bigler i in. 2014). W tej synchronizacji ważną rolę właśnie odgrywają dobrze datowane tefry z islandzkich i niemieckich wulkanów (Blockley, Bourne i in. 2014). Laacher See Tephra (LST) ze wschodniego pola Eifel w zachodnich Niemczech jest jedną z najlepiej zbadanych tefr w europejskich archiwach biogenicznych, której wiek został niezależnie określony radiowęglowo oraz warwochronologicznie na 12 880 +/- 40 warw kalendarzowych BP. LST lokalizuje się na końcu allerødu, interstadiał (GI-1a), około 200 lat przed pojawieniem się młodszego dryasu (Brauer, Endres i in. 1999). Szczególnie ważne jest, iż popioły te znaleziono na wielu stanowiskach w Europie (w Niemczech, południowej Danii, wschodniej Belgii, Francji, Szwajcarii, Austrii i obecnie również w północno-zachodniej Polsce). Większość z tych lokalizacji zawiera tefrę, która widoczna jest gołym okiem (Walker 2005). Dzięki zaawansowanym technikom wyszukiwania kryptotefry, możliwe jest rozszerzenie zastosowanie tefrochronologii na obszarach odległych od centrów wulkanicznych. Udokumentowanie kryptotefry w laminowanych osadach paleojeziora Trzechowskiego umożliwiło synchronizację trzech ważnych w Europie stanowisk z laminowanymi osadami jeziornymi: (1) jeziora Meerfelder Maar (MFM) na zachodnim polu wulkanicznym Eifel, (2) paleojeziora Rehwiese (RW) na północnym-wschodzie Niemiec oraz (3) paleojeziora Trzechowskiego (TRZ) w Polsce. Na podstawie nowego, potencjalnego wachlarza rozprzestrzeniania popiołów wulkanicznych istnieje także teoretyczna możliwość występowania materiału LST w osadach z jeziora Gościąż, położonego w Kotlinie Płockiej.

Podsumowując, udokumentowanie tefry Laacher See w osadach paleojeziora Trzechowskiego jako markera stratygraficznego umożliwiło porównanie osadów z trzech stanowisk: MFM, RW i TRZ. Na przejściu allerød-młodszy dryas wystąpiły wyraźne i gwałtowne zmiany w reżimach sedymentacji w badanych obiektach, jednak rodzaj i amplituda tych zmian były odmienne. Najbardziej wyraźne zmiany litologiczne na początku młodszego dryasu zaobserwowano w MFM, gdzie system sedymentacyjny został całkowicie zreorganizowany, tworząc pięciokrotnie grubsze warstwy. Silna zmiana sedymentologiczna była również zaobserwowana w przypadku zapisu TRZ z

wyraźnym wzrostem udziału materii allochtonicznej w akumulowanych osadach. Najsłabszy wpływ zmiany klimatu na przejście allerødu i młodszego dryasu na system jeziorny zaobserwowano w RW, gdzie wystąpił jedynie gwałtowny, dwukrotny spadek grubości warw. Jednak uderzająca zbieżność tych nagłych przesunięć we wszystkich trzech systemach jeziornych wskazuje raczej na wspólny i synchroniczny sygnał globalny, aniżeli uwarunkowania lokalne. Wysoki potencjał kryptotefry na większych obszarach niż wcześniej zakładano stanowi odpowiednie narzędzie do dalszego testowania tej hipotezy poprzez włączenie jeszcze gęstszej sieci archiwów jeziornych, czy torfowiskowych o wysokiej rozdzielczości w Europie.

[P8] Ott F., Wulf S., Serb J., **Słowiński M.,** Obremska M., Tjallingii R., Błaszkiewicz M., A. Brauer, 2016, Constraining the time span between the Early Holocene Hässeldalen and Askja-S Tephras through varve counting in the Lake Czechowskie sediment record, Poland, Journal of Quaternary Science, 31(2): 103-113.

W publikacji [P8] zostały przedstawiono pierwsze wyniki prac badawczych związanych z udokumentowaniem w rocznie laminowanych osadach Jeziora Czechowskiego dwóch wczesnoholoceńskich kryptotefr Hässeldalen i Askja-S, pochodzących z erupcji wulkanów islandzkich na początku holocenu (Blockley, Bourne i in. 2014). Przedział czasu wynoszący 152 +11/-8 warw, lat między dwiema teframi został ujawniony dzięki wykonanej warwochronologii. Wykorzystując wulkaniczne markery stratygraficzne omówiono również potencjalną reakcję systemu jeziornego na preborelaną oscylację klimatu – *PBO* (Bos, van Geel i in. 2007). Tefry (szkliwa wulkaniczne) są idealnymi izochronami stratygraficznymi, które umożliwiają precyzyjną synchronizację zapisów paleoklimatycznych i paleośrodowiskowych, a tym samym określenie potencjalnych czasowych i przestrzennych przesunięć globalnych sygnałów klimatycznych (Lane, Brauer i in. 2013). Celem pracy było: a) zaprezentowanie warwochronologii, która obejmowała dwie nowe kryptotefry w okresie wczesnego holocenu, zidentyfikowane po raz pierwszy w Polsce, b) przeprowadzenie dyskusji na temat problemów w synchronizacji początku holocenu z wykorzystaniem stanowisk z popiołami wulkanicznymi oraz c) omówienie możliwego zapisu oscylacji preborealnej (PBO) w badanych osadach jeziornych na podstawie analizy mikrolitofacjalnej i danych geochemicznych.

Uzyskane wyniki badań są na tyle ważne, iż uzupełniają dotychczasową wiedzę na temat ram czasowych i reakcji środowiska przyrodniczego w centralnej Europie podczas trwania oscylacji PBO (Bos, van Geel i in. 2007). Dotychczasowa chronologia oparta tylko na wieku pochodzącym z dat radiowęglowych niosła ze sobą duży zakres niepewności, co jest związane z występującym plateau radiowęglowym w okresie wczesnego holocenu (Walker 2005). Ponieważ w wielu publikacjach zwracano uwagę, iż omawiane horyzonty chronostratygraficzne (Hässeldalen i Askja-S) wystąpiły krótko przed i po oscylacji preborealnej PBO, możliwe było omówienie wpływu tej krótkiej fluktuacji klimatycznej na zmiany środowiskowe zarejestrowane w osadach jeziora Czechowskiego. Analiza cienkich szlifów osadów jeziora Czechowskiego nie wykazała znaczących zmian w obrębie badanego fragmentu profilu laminowanych osadów jeziornych, również TOC nie wykazywało wyraźnej fluktuacji. Jedynym sygnałem widocznym w obrębie badanego przedziału czasowego był zapis zmian

tytanu i zwiększonych wartości wapnia. Spadek tytanu może wskazywać na zmniejszenie ilości materii alochtonicznej, co byłoby zgodne z zakładanym bardziej suchym klimatem w tym okresie (Bos, van Geel i in. 2007). Długość notowanego okresu (ewentualnie charakteryzującego się suchym klimatem) jest określany na 178± 3 lata warwowe, co wpisywałoby się w dyskusję na temat długości trwania tego epizodu w Europie Zachodniej. Wyniki zaprezentowanych badań również wskazują, iż oscylacja PBO może być trudna do wykrycia w osadach jeziornych ze względu na małe amplitudy zmian.

Podsumowując, w zaprezentowanym artykule po raz pierwszy w Polsce wyznaczono różnice pomiędzy dwoma horyzontami chronostratygraficznymi (Hässeldalen i Askja-S) w rocznie laminowanych osadach jeziora Czechowskiego na 152 +11/-8 warw lat między nimi. Pomimo znacznego uszczegółowienia względnych pozycji warstw owych markerów, wciąż istnieje potrzeba poprawy bezwzględnego datowania tych ważnych izochron. Jest to związane z tym, iż warwochronologia z osadów jeziora Czechowskiego jest tzw. „pływająca". Współwystępowanie izochron (Hässeldalen i Askja-S) w osadach jeziora Czechowskiego pozwoliło na uchwycenie niewielkiej fluktuacji krzywej tytanu, co wskazuje na obniżenie wskaźnika denudacji allochtonicznej, jako lokalnego zapisu odpowiedzi systemu jeziornego na oscylacją PBO.

Podsumowanie

Badania przedstawione w publikacjach [P1-P8], wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, pozwoliły na uzyskanie szeregu nowych informacji dotyczących reakcji ekosystemów torfowiskowych oraz jeziornych na gwałtowane zmiany hydroklimatyczne w okresie postglacjalnym. Podjęto również próbę odniesienia uzyskanych wyników oraz dyskusję na temat przestrzennych relacji zmian paleoklimatyczno – paleośrodowiskowych. Dzięki wykorzystaniu wielu analiz paleośrodowiskowych w zaprezentowanych publikacjach, w których koncentrowano się na wielu aspektach środowiska przyrodniczego, obraz i interpretacje uzyskanych wyników były holistycznie, z uwzględnieniem wzajemnych interakcji i sprzężeń zwrotnych. Zespół przedłożonych do oceny prac ukazuje również jak ważna dla rozwoju nauki jest współpraca i korzystanie z wielu analiz paleośrodowiskowych, bez których poprawna interpretacja byłaby niemożliwa. Tylko ujęcie interdyscyplinarne, czy podejście multi-proxy umożliwia pełne zrozumienie złożonych zależności między środowiskiem abiotycznym i biotycznym w przeszłości, a to podejście pozwala z kolei na próbę prognozowania tych zmian w przyszłości. W opinii autora prace te dostarczyły wielu istotnych informacji dotyczących funkcjonowania ekosystemów jeziorno-torfowiskowych w obliczu gwałtownych zmian klimatyczno-środowiskowych:

- Na podstawie analiz paleośrodowiskowych oraz datowań bezwzględnych rozpoznano, udokumentowano oraz zrekonstruowano wpływ wytapiania się pogrzebanych brył martwego lodu na transformację krajobrazu jeszcze na początku holocenu, co jednocześnie wskazuje na przetrwanie nieciągłej wieloletniej zmarzliny jeszcze do tego okresu w północnej Polsce. Dzięki publikacji [P1] zabrano głos w dyskusji na temat niestabilności krajobrazu na początku holocenu, ale też wskazano jak pogrzebane bryły lodu wpływały na tworzenie się

nowych form terenu, czy na zmiany hydrologiczne, w tym na zmiany formującej się sieci rzecznej. W ujęciu globalnym wskazano na niedoszacowanie wpływu zaniku wieloletniej zmarzliny i tworzenia się nowych basenów sedymentacyjnych na obieg gazów, takich jak metan czy dwutlenek węgla na początku holocenu.

- Po raz pierwszy w Polsce osady laminowane paleojeziora zostały poddane nowej metodyce detekcji w celu wykrycia kryptotefry oraz jej identyfikacji za pomocą oznaczenia jej składu geochemicznego. Pozwoliło to na przypisanie znalezionych szkieł wulkanicznych do erupcji wulkanicznej związanej z LST 12.880 warw lat BP. Ten ważny marker stratygraficzny wykorzystano następnie do „zakotwiczenia pływającej warwochronologii", jak również synchronizacji stanowiska Trzechowskiego z innymi stanowiskami w Europie.
- Wykorzystując zalety osadów laminowanych, wysoką rozdzielczych analiz paleoekologicznych oraz geochemicznych oraz zakotwiczenie ich za pomocą izochrony LST, wskazano asynchroniczną reakcję roślinności między stanowiskiem Trzechowskim a stanowiskiem Meerfelder Maar (zlokalizowanego blisko 900 km od stanowiska Trzechowskiego), na gwałtowne zmiany klimatu na przejściu allerødu i młodszego dryasu.
- Wykorzystano wyniki przeprowadzonych analiz wykonanych w profilu Trzechowskim w dyskusji na temat opóźnienia i przyspieszenia w reakcji poszczególnych proxy na globalne impulsy klimatyczne.
- Zabrano głos na temat gwałtownych zmian hydrologicznych związanych z globalnymi zmianami klimatu (tzw. „event 4.2 oraz 2.8") na terenie centralnej Polski (stanowisko Rąbień). Opierając się na podejściu multi-proxy, analiz przeprowadzonych z wysoką rozdzielczością wskazano, iż susza była głównym motorem transformacji tego obiektu i odegrała znaczącą rolę w jego historii. Zestawienie dobrze datowanych stanowisk z Europy wskazało, iż istniał gradient wilgotnościowy w trakcie wydarzenia 2.8 BP. Stanowiska zlokalizowane na zachodzie Europy w trakcie epizodu 2.8 BP charakteryzowały się wilgotną fazą, podczas gdy stanowiska Europy Środkowej i Wschodniej notowały wówczas fazę suchą. Być może za tę sytuację jest odpowiedzialne tzw. meandrowanie prądu strumieniowego, ang. *meandering jest stream* (Hall, Erdélyi i in. 2015).
- Po raz pierwszy z powodzeniem wykorzystano subfosylne szczątki mechowców *Oribatidae* w rekonstrukcji paleośrodowiska w połączeniu ze standardowymi analizami paleoekologicznymi (analizą makroszczątków roślinnych oraz palinologiczną). Uzyskane wyniki poddano analizie, wykorzystującej sztuczne sieci neuronowe Kohonena, przez co wyznaczono główne etapy transformacji środowiska przyrodniczego w ostatnich 14 000 lat.
- Opierając się na przeprowadzonych z wysoką rozdzielczością analizach paleoekologicznych zrekonstruowano 1300 lat historii torfowiska Mukhrino położonego w zachodniej Syberii. W efekcie wykonanych analiz dokonano rekonstrukcji zmian hydrologicznych oraz towarzyszących im przemian środowiska przyrodniczego torfowiska ombrogenicznego. Wykorzystano trzy podejścia metodologiczne, które wcześniej nie były łącznie stosowane na Syberii: 1) funkcję transferu ameb skorupkowych użyto do ilościowej rekonstrukcji zmian wody gruntowej na badanym torfowisku; 2) analizy makroszczątków roślinnych oraz palinologiczna zostały wykorzystane do odtworzenia lokalnej i regionalnej historii roślinności oraz 3) wykorzystano zapis analizy węgielków drzewnych, aby zrekonstruować aktywność

pożarową w tym regionie. Połączenie wyników wszystkich analiz pozwoliło na odtworzenie reakcji borealnego torfowiska, zbiorowisk leśnych na zmianę klimatu. Dodatkowo, wyniki analizy palinologicznej umożliwiły uchwycenie reakcji ekosystemu torfowiska na systematycznie narastającą presję człowieka i jego wpływie w ujęciu regionalnym na przekształcanie obszaru borealnego, także w kontekście pożarów.

- Bazując na wynikach analiz paleoekologicznych, geochemicznych oraz sejsmoakustyce pochodzących z pięciu profili osadów jeziora Fürstenseer See, zrekonstruowano holoceńskie zmiany hydrologiczne w jeziorach położonych w północnych Niemczech. Fluktuacje poziomu jezior są zazwyczaj interpretowane, jako dowód zmian klimatycznych w przeszłości. Jednak dodatkowe czynniki lokalne i regionalne mogą modyfikować efekty klimatyczne i komplikować interpretację takich zapisów. Zarejestrowane wahania lustra wody ukazały, iż jezioro w okresie wczesnego i środkowego holocenu silnie oscylowało na poziomie od 3 do 4 m niżej niż obecnie. W późnym holocenie zaobserwowano wzrost poziomu wody o 4 metry względem dzisiejszego. Te skrajności ukazały całkowitą naturę amplitudy poziomu wody w holocenie, wynoszącą 8 m.
- Wykorzystanie nowoczesnej metodyki, która umożliwia identyfikację kryptotefr pozwoliło na wykrycie i potwierdzenie geochemicznego składu popiołów wulkanicznych, przypisanych do trzynastu odrębnych erupcji w trzech stanowiskach (jeziora Czechowskiego, Paleojeziora Trzechowskiego oraz Tiefer See). Do najbardziej spektakularnych znalezisk możemy zaliczyć Laacher See Tephra - 12 880, Askja-AD1875, Saksunarvatn i Askja-S, na których można konstruować niezawodną tefrochronologię, a także potwierdzić jakość warwochronologii, co w konsekwencji daje możliwość synchronizacji istniejących archiwów paleośrodowiskowych, jakimi są osady laminowane. Ponadto wykryte horyzonty tephrochronologiczne umożliwiają synchronizację danych proxy z zapisami osadów w południowym regionie Morza Bałtyckiego i poza nim, co w ostatnim czasie zostało podkreślone przez grupę INTIMATE. Wyniki kryptorefrakcji, zwłaszcza w osadach jeziora Czechowskiego, dowodzą dalszego niż wcześniej zakładano wschodniego wachlarza islandzkich i niemieckich pyłów wulkanicznych. Co więcej, uzyskane wyniki wskazują na duży potencjał dla innych archiwów osadów jeziornych z północnej Polski oraz kluczowych stanowisk paleoklimatycznych, jakim jest m.in. stanowisko Gościąż, na którym obecnie są prowadzone prace badawcze.
- Tworzenie szczegółowej skali chronologicznej w oparciu o warwochronologię oraz tefrochronologię umożliwiło uchwycenie krótkotrwałych oscylacji klimatycznych typu oscylacja PBO. Współistnienie kryptotefr (Hässeldalen i Askja-S) w osadach jeziora Czechowskiego pozwoliło na uchwycenie niewielkiej fluktuacji krzywej tytanu, co wskazuje na obniżenie wskaźnika denudacji alochtonicznej, jako lokalnego zapisu odpowiedzi systemu jeziornego na oscylację PBO. Zaprezentowane wyniki pozwalają na merytoryczny udział w dyskusji na temat wpływu oraz reakcji środowiska przyrodniczego na szybkie i krótkie zmiany klimatyczne, a także otwierają nowe możliwości interpretacyjne na wcześniej postawione hipotezy badawcze.

Cytowana literatura:

Ahmed, M., i in. (2013). "Continental-scale temperature variability during the past two millennia." Nature Geoscience **6**(5): 339-346.

Andersson, S. i K. Schoning (2010). "Surface wetness and mire development during the late Holocene in central Sweden." Boreas **39**(4): 749-760.

Barichivich, J., i in. (2014). "Temperature and Snow-Mediated Moisture Controls of Summer Photosynthetic Activity in Northern Terrestrial Ecosystems between 1982 and 2011." Remote Sensing **6**(2): 1390-1431.

Battarbee, R. W. (1986). Diatom analysis. Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. B. E. Berglund. Chichester, John Wiley & Sons: 527-570.

Birks, H. H. (2007). Plant macrofossil introduction. Encyclopedia of Quaternary Science. S. A. Elias. Amsterdam, Elsevier. **3:** 2266-2288.

Birks, H. H. i H. J. B. Birks (2006). "Multi-proxy studies in palaeolimnology." Vegetation History and Archaeobotany **15**(4): 235-251.

Birks, H. J. i H. H. Birks (2004). "The rise and fall of forests." Science **305**(5683): 484-485.

Birks, H. J. B. i H. H. Birks (1980). Quaternary palaeoecology. London, Edward Arnold.

Blockley, S. P. E., i in. (2014). "Tephrochronology and the extended intimate (integration of ice-core, marine and terrestrial records) event stratigraphy 8–128 ka b2k." Quaternary Science Reviews **106**: 88-100.

Blockley, S. P. E., i in. (2012). "Synchronisation of palaeoenvironmental records over the last 60,000 years, and an extended INTIMATE event stratigraphy to 48,000 b2k." Quaternary Science Reviews **36**(0): 2-10.

Błaszkiewicz, M. (2005). Późnoglacjalna i wczesnoholoceńska ewolucja obniżeń jeziornych na Pojezierzu Kociewskim (wschodnia część Pomorza). Warszawa, IGiPZ PAN.

Błaszkiewicz, M., i in. (2015). "Climatic and morphological controls on diachronous postglacial lake and river valley evolution in the area of Last Glaciation, northern Poland." Quaternary Science Reviews **109**: 13-27.

Bond, G. (1997). "A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates." Science **278**(5341): 1257-1266.

Borren, W., i in. (2004). "Holocene peat and carbon accumulation rates in the southern taiga of western Siberia." Quaternary Research **61**(1): 42-51.

Bos, J. A. A., i in. (2007). "Preboreal climate oscillations in Europe: Wiggle-match dating and synthesis of Dutch high-resolution multi-proxy records." Quaternary Science Reviews **26**(15-16): 1927-1950.

Böse, M. (1995). "Problems of dead ice and ground ice in the central part of the North European Plain." Quaternary International **28**: 123-125.

Brauer, A. i J. Casanova (2001). "Chronology and depositional processes of the laminated sediment record from Lac d'Annecy, French Alps*." Journal of Paleolimnology **25**(2): 163-177.

Brauer, A., i in. (1999). "High resolution sediment and vegetation responses to Younger Dryas climate change in varved lake sediments from Meerfelder Maar, Germany." Quaternary Science Reviews **18**(3): 321-329.

Brooks, S. J. i H. J. B. Birks (2001). "Chironomid-inferred air temperatures from Lateglacial and Holocene sites in north-west Europe: progress and problems." Quaternary Science Reviews **20**(16-17): 1723-1741.

Cohen, A. S. (2003). Paleolimnology. The History and Evolution of Lake Systems. New York, Oxford University Press.

Czymzik, M., i in. (2013). "Orbital and solar forcing of shifts in Mid- to Late Holocene flood intensity from varved sediments of pre-alpine Lake Ammersee (southern Germany)." Quaternary Science Reviews **61**(0): 96-110.

Dempster, A., i in. (2006). "Hydrogeological evaluation of a southern Ontario kettle-hole peatland and its linkage to a regional aquifer." Wetlands **26**(1): 49-56.

Dobrowolski, R., i in. (2017). "Origin and Neoholocene evolution of spring-fed fens in Wardzyń, Łódź Upland, central Poland." Geological Quarterly **61**(2): 413-434.

Drager, N., i in. (2016). "Varve microfacies and varve preservation record of climate change and human impact for the last 6000 years at Lake Tiefer See (NE Germany)." The Holocene **27**(3): 450-464.

Elger, K., i in. (2012). INTERACT Station Catalogue, Aarhus University: 192.

Elsig, J., i in. (2009). "Stable isotope constraints on Holocene carbon cycle changes from an Antarctic ice core." Nature **461**(7263): 507-510.

Fijałkowski, D. i K. Izdebski (2002). Rośliny naczyniowe. Poleski Park Narodowy. S. Radwan. Lublin, Morpol: 103-114.

Flannigan, M., i in. (2013). "Global wildland fire season severity in the 21st century." Forest Ecology and Management **294**: 54-61.

Gałka, M., i in. (2013). "Palaeohydrology, fires and vegetation succession in the southern Baltic during the last 7500 years reconstructed from a raised bog based on multi-proxy data." Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology **370**: 209-221.

Gałka, M., i in. (2014). "Disentangling the drivers for the development of a Baltic bog during the Little Ice Age in northern Poland." Quaternary International **328-329**: 323-337.

Goslar, T., i in. (2000). "Variations of Younger Dryas atmospheric radiocarbon explicable without ocean circulation changes." Nature **403**(6772): 877-880.

Hall, R., i in. (2015). "Drivers of North Atlantic Polar Front jet stream variability." International Journal of Climatology **35**(8): 1697-1720.

IPCC (2014). Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. V. R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press: 688.

Jahns, S. (2006). "Palynological investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and settlement at the Löddigsee, Mecklenburg, Germany." Vegetation History and Archaeobotany **16**(2-3): 157-169.

Jennerjahn, T. C., i in. (2004). "Asynchronous terrestrial and marine signals of climate change during Heinrich events." Science **306**(5705): 2236-2239.

Kaiser, K., i in. (2014). "Detection and attribution of lake-level dynamics in north-eastern central Europe in recent decades." Regional Environmental Change **14**(4): 1587-1600.

Kaniewski, D., i in. (2013). "Environmental Roots of the Late Bronze Age Crisis." PLoS ONE **8**(8): e71004.

Kirilenko, A. P. i R. A. Sedjo (2007). "Climate change impacts on forestry." Proc Natl Acad Sci U S A **104**(50): 19697-19702.

Kohonen, T. (1982). "Self-organized formation of topologically correct feature maps." Biological Cybernetics **43**(1): 59-69.

Korhola, A. i M. Rautio (2001). Cladocera and Other Branchiopod Crustaceans. Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. J. Smol, H. J. Birks i W. Last, Springer Netherlands. **4:** 5-41.

Lamentowicz, M., i in. (2009). "Multiproxy study of anthropogenic and climatic changes in the last two millennia from a small mire in central Poland." Hydrobiologia **631**(1): 213-230.

Lamentowicz, M., i in. (2015). "Reconstructing climate change and ombrotrophic bog development during the last 4000years in northern Poland using biotic proxies, stable isotopes and trait-based approach." Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology **418**: 261-277.

Lamentowicz, M. i E. A. D. Mitchell (2005). "The Ecology of Testate Amoebae (Protists) in Sphagnum in North-western Poland in Relation to Peatland Ecology." Microbial Ecology **50**(1): 48-63.

Lamentowicz, M., i in. (2008). "Autogenic succession, land-use change, and climatic influences on the Holocene development of a kettle-hole mire in Northern Poland." Review of Palaeobotany and Palynology **151**(1-2): 21-40.

Lane, C. S., i in. (2013). "Volcanic ash reveals time-transgressive abrupt climate change during the Younger Dryas." Geology **41**(12): 1251-1254.

Last, W. M. i J. P. Smol (2001). Basin Analysis, Coring, and Chronological Techniques, Kluwer Academic Publishers.

Last, W. M. i J. P. Smol (2001). Physical and Geochemical Methods, Springer.

Lauterbach, S., i in. (2011). "Multi-proxy evidence for early to mid-Holocene environmental and climatic changes in northeastern Poland." Boreas **40**(1): 57-72.

Litt, T., i in. (2001). "Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern central Europe based on annually laminated lacustrine sediments." Quaternary Science Reviews **20**(11): 1233-1249.

Lowe, J. J., i in. (2008). "Synchronisation of palaeoenvironmental events in the North Atlantic region during the Last Termination: a revised protocol recommended by the INTIMATE group." Quaternary Science Reviews **27**(1-2): 6-17.

Magny, M. (2004). "Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements." Quaternary International **113**(1): 65-79.

Martin-Puertas, C., i in. (2012). "Regional atmospheric circulation shifts induced by a grand solar minimum." Nature Geoscience.

Natkhin, M., i in. (2012). "Differentiating between climate effects and forest growth dynamics effects on decreasing groundwater recharge in a lowland region in Northeast Germany." Journal of Hydrology **448-449**: 245-254.

Neugebauer, I., i in. (2012). "A Younger Dryas varve chronology from the Rehwiese palaeolake record in NE-Germany." Quaternary Science Reviews **36**: 91-102.
Neugebauer, I., i in. (2015). "Evidences for centennial dry periods at similar to 3300 and similar to 2800 cal. yr BP from micro-facies analyses of the Dead Sea sediments." Holocene **25**(8): 1358-1371.
Niewiarowski, W. (1995). Wahania poziomu wody w Jeziorze Biskupińskim i ich przyczyny. Zarys zmian środowiska geograficznego okolic Biskupina pod wpływem czynników naturalnych i antropogenicznych w późnym glacjale i holocenie. W. Niewiarowski. Toruń, Turpress: 215-234.
Nowaczyk, B. (1994). "Wiek jezior i problemy zaniku brył pogrzebanego lodu na przykładzie sandru Brdy w okolicy Charzykowy." Acta Universitatis Nicolai Copernici,Geografia **27**: 97-110.
Pazdur, A., i in. (1995). "Lateglacial and holocene water-level changes of the Gosciaz Lake, Central Poland, derived from carbon isotope studies of laminated sediment." Quaternary Science Reviews **14**(2): 125-135.
Przybylak, R., i in. (2009). The Polish Climate in the European Context: An Historical Overview, Springer.
Rach, O., i in. (2017). "Hydrological and ecological changes in western Europe between 3200 and 2000 years BP derived from lipid biomarker δD values in lake Meerfelder Maar sediments." Quaternary Science Reviews **172**: 44-54.
Rasmussen, S. O., i in. (2014). "A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy." Quaternary Science Reviews **106**: 14-28.
Rasmussen, S. O., i in. (2007). "Early Holocene climate oscillations recorded in three Greenland ice cores." Quaternary Science Reviews **26**(15-16): 1907-1914.
Schuur, E. A., i in. (2009). "The effect of permafrost thaw on old carbon release and net carbon exchange from tundra." Nature **459**(7246): 556-559.
Seddon, A. W. R., i in. (2014). "Looking forward through the past: identification of 50 priority research questions in palaeoecology." Journal of Ecology **102**(1): 256-267.
Sigl, M., i in. (2015). "Timing and climate forcing of volcanic eruptions for the past 2,500 years." Nature **523**(7562): 543-549.
Sillasoo, Ü., i in. (2007). "Peat multi-proxy data from Männikjärve bog as indicators of late Holocene climate changes in Estonia." Boreas **36**(1): 20-37.
Słowiński, M., i in. (2017). "Differential proxy responses to late Allerød and early Younger Dryas climatic change recorded in varved sediments of the Trzechowskie palaeolake in Northern Poland." Quaternary Science Reviews **158**: 94-106.
Staubwasser, M. (2003). "Climate change at the 4.2 ka BP termination of the Indus valley civilization and Holocene south Asian monsoon variability." Geophysical Research Letters **30**(8).
Stivrins, N., i in. (2017). "The final meltdown of dead-ice at the Holocene Thermal Maximum (8500–7400 cal. yr BP) in western Latvia, eastern Baltic." The Holocene **27**(8): 1146-1157.
Stocks, B. J. i T. J. Lynham (1996). Fire weather climatology in Canada and Russia. Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia. J. G. Goldammer i V. V. Furyaev. Netherlands, Kluwer Academic: 481-487.
Stuiver, M. i T. Braziunas, F. (1993). "Modeling atmospheric 14C influences and 14C ages of marine samples to 10,000 BC." RADIOCARBON **35**: 137-189.

Tjallingii, R., i in. (2008). "Coherent high- and low-latitude control of the northwest African hydrological balance." Nature Geoscience **1**(10): 670-675.
Tobolski, K. (2000). Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. Vademecum Geobotanicum. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN: 508.
Tuittila, E. S., i in. (2007). "Quantifying patterns and controls of mire vegetation succession in a southern boreal bog in Finland using partial ordinations." Journal of Vegetation Science **18**(6): 891-902.
Tylmann, W., i in. (2016). "Calibrating 210Pb dating results with varve chronology and independent chronostratigraphic markers: Problems and implications." Quaternary Geochronology **32**: 1-10.
van Bellen, S., i in. (2012). "Did fires drive Holocene carbon sequestration in boreal ombrotrophic peatlands of eastern Canada?" Quaternary Research **78**(1): 50-59.
Van Geel, B., i in. (1996). "Archaeological and palaeoecological indications of an abrupt climate change in The Netherlands, and evidence for climatological teleconnections around 2650 BP." Journal of Quaternary Science **11**(6): 451-460.
Walker, M. J. C. (2005). Quaternary dating methods, J. Wiley.
Wang, Y. J., i in. (2001). "A high-resolution absolute-dated late Pleistocene Monsoon record from Hulu Cave, China." Science **294**(5550): 2345-2348.
Wohlfarth, B., i in. (2016). "Hässeldala - a key site for Last Termination climate events in northern Europe." Boreas **46**(2): 143-161.
Wulf, S. (2004). "Tephrochronology of the 100ka lacustrine sediment record of Lago Grande di Monticchio (southern Italy)." Quaternary International **122**(1): 7-30.
Wulf, S., i in. (2013). "Tracing the Laacher See Tephra in the varved sediment record of the Trzechowskie palaeolake in central Northern Poland." Quaternary Science Reviews **76**: 129-139.
Zawiska, I., i in. (2015). "The response of a shallow lake and its catchment to Late Glacial climate changes - A case study from eastern Poland." CATENA **126**: 1-10.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo- badawczych (artystycznych).

Moje zainteresowania naukowe rozwinęły się w czasie studiów geograficznych, które odbywałem w Instytucie Geografii Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy. Opiekunem pracy magisterskiej był prof. dr hab. Krzysztof Błażejczyk. W tym samym czasie odbywałem konsultacje merytoryczne z prof. dr. hab. Mirosławem Błaszkiewiczem z Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Toruniu. Początkowo moje zainteresowania naukowe koncentrowały się na zagadnieniach ewolucji ekosystemów wodno-błotnych w warunkach wieloletniej zmarzliny na obszarze Borów Tucholskich w późnym glacjale. Rekonstruowałem tempo degradacji wieloletniej zmarzliny, jako kluczowy czynnik modyfikujący warunki lokalne, wpływający na rozwój, a następnie na zanik torfowisk w późnym glacjale. W trakcie realizacji projektów paleogeograficznych w wyniku własnych obserwacji oraz pogłębiania literatury przedmiotu, uświadomiłem sobie, iż koniecznością jest połączenie prowadzonych badań paleośrodowiskowych z badaniami ekologicznymi. Dlatego też rozwijałem swoje zainteresowania w tym kierunku, jednocześnie ciągle rozszerzałem swój warsztat badawczy. Wykorzystywanej przeze mnie metody analizy makroszczątków roślinnych, uczyłem się od prof. dr. hab. Mariusza Lamentowicza (UAM Poznań), a następnie, w 2009 roku odbyłem kurs u profesor Hilary H. Birks (UC London). Obecnie

staram się tę analizę ciągle udoskonalać, także w kierunku jej wykorzystywania w rekonstrukcji paleotemperatury powietrza, a dokładniej MMJT - minimalnej średniej temperatury powietrza w lipcu (Zawiska, Slowinski i in. 2015). W trakcie pobytu u profesora Steva Brooksa (UC London) w 2012 roku, zapoznałem się z możliwością wykorzystania oraz interpretacji analizy *Chironomidae*, której to wyniki również możemy wykorzystywać w celu rekonstrukcji temperatury powietrza lipca (Brooks i Birks 2001). Ponad dwuletni pobyt w grupie profesora Achima Brauera w GFZ Poczdam, w ramach stypendium DAAD oraz stypendium podoktorskiego zaowocowało przyswojeniu sobie metody analizy mikrolitofacjalnej osadów jeziornych na szlifach cienkich (Brauer i Casanova 2001) oraz analizy *μXRF* (Tjallingii, Claussen i in. 2008). Ostatnio do swojego warsztatu badawczego wprowadziłem także umiejętność wykorzystania analizy węgli drzewnych, która jest niezbędna do udokumentowania wydarzeń pożarowych w przeszłości. Moje obecne zainteresowania koncentrują się na łączeniu badań ekologicznych i paleoekologicznych na obszarach wodno-błotnych w celu zrozumienia zachodzących tam procesów oraz relacji tych złożonych ekosystemów, w stosunku do ich zlewni. Możliwość obserwacji i rozpoznawanie przyczyn oraz skutków obserwowanych wydarzeń hydrologicznych, czy klimatycznych daje mi możliwość wykorzystania tych spostrzeżeń w interpretowaniu zapisów archiwalnych. Dlatego też prowadzone przeze mnie badania mają szerokorozumiany charakter paleoekologiczny. W trakcie swojej pracy zawodowej, we współpracy z naukowcami z kraju i zagranicy, prowadziłem badania naukowe na terenie Polski, Niemiec, Norwegii, Rosji, a obecnie rozpocząłem współpracę na terenie północnej Argentyny oraz Mongolii.

Badania w ramach niemiecko-polskiego projektu ICLEA

Celem naukowym projektu „Virtual Institute of Integrated Climate and Landscape Evolution Analyses", było zrozumienie dynamiki klimatu i ewolucji krajobrazów na północnych, środkowoeuropejskich nizinach od ostatniej epoki lodowcowej. W ramach tego projektu pełniłem rolę zastępcy kierownika ze strony polskiej, a jednocześnie zaangażowany byłem w kilka aspektów naukowych. Jednym z nich było badanie ekosystemów jeziornych oraz ich przeszłości, które charakteryzują się możliwością akumulowania osadów rocznie laminowanych. W trakcie mojego dwuletniego stażu podoktorskiego w Poczdamie, pod opieką prof. Achima Brauera kierownika sekcji 5.2 „Climate Dynamics and Landscape Evolution" w Helmholtz-Zentrum GeoForschungsZentrum (GFZ), rozbudowałem swój warsztat badawczy, wraz z opanowaniem nowych metod badawczych (analiza mikrolitofacjalna wraz z warwochronologią oraz analiza μXRF osadów biogenicznych). Zastosowanie szeregu analiz paleoekologicznych, prowadzonych z wysoką rozdzielczością, dla jeziornych osadów laminowanych dało możliwość precyzyjnej rekonstrukcji paleoklimatycznej. Problem badawczy, który podjąłem w trakcie mojego pobytu w Poczdamie skierowany był na przyspieszenia i opóźnienia w reakcji ekosystemów jeziornych na ochłodzenie w późnym allerødzie i na początku młodszego dryasu na terenie Polski Północnej. Ponieważ osady badanego obiektu były rocznie laminowane, a co więcej sukcesem zakończyły się poszukiwania popiołu wulkanicznego z erupcji Laacher See, która miała miejsce dokładnie 12 880 BP, to możliwe było precyzyjnie określenie wieku w badanym rdzeniu. Co więcej pozwoliło to zsynchronizować stanowiska z Europy Zachodniej, które również charakteryzują się osadami laminowanymi i zawierają popiół wulkaniczny Laacher See Tephra. Podjęty przeze mnie problem badawczy wpisuje się w dyskusję na temat tempa zmian klimatu w okresie postglacjalnym, tak ważnym dla zrozumienia współczesnych zmian klimatycznych. Zaobserwowano opóźnienie reakcji ekosystemu jeziornego zlokalizowanego w

Centralnej Europie (Północna Polska) w relacji do stanowiska z Europy Zachodniej - Meerfelder Maar. Dzięki publikacji wyników w prestiżowym międzynarodowym czasopiśmie *Quaternary Science Reviews* [P2] oraz prezentacji wyników w formie referatu na międzynarodowej konferencji AGU Fall Meeting w San Francisco w 2014 roku, stanowiły one istotny i słyszalny głos w dyskusji dotyczącej kierunków przemian środowiska przyrodniczego w okresie postglacjalnym na terenie Europy. W trakcie prac nad laminowanymi osadami jeziornymi w Borach Tucholskich, uczestniczyłem także w porównaniu trzech stanowisk zlokalizowanych w zlewni jeziora Czechowskiego. Głównym celem była analiza reakcji trzech ekosystemów jeziornych na globalne zmiany klimatyczne ostatnich 140 lat w kontekście lokalnych uwarunkowań. Efektem pracy było opublikowanie w czasopiśmie *The Holocene* pracy pt. „Site-specific sediment responses to climate change during the last 140 years in three varved lakes in Northern Poland" [S4]. Bardzo ważnym elementem w badaniach paleoklimatycznych jest chronologia rekonstruowanych zmian. Osady laminowane są bardzo cennym źródłem informacji na temat zmian klimatu, ponieważ warwochronologia pochodząca z tych osadów umożliwia precyzyjne określenie wieku badanych fluktuacji klimatycznych. Dodatkowo, wykorzystując izochrony wulkaniczne możemy jeszcze bardziej uszczegółowić chronologię, a co więcej synchronizować szereg stanowisk posiadających tę samą izochronę. Omawiane przedsięwzięcie udało się z wielkim sukcesem, ponieważ wraz zespołem badawczym udokumentowaliśmy 13 niezależnych izochron wulkanicznych na trzech stanowiskach w Polsce oraz dwóch stanowiskach w Niemczech [P2, P4, P8, S4, S8, S20], które to umożliwiły synchronizację trzech laminowanych archiwów w Europie. Efektem tego była możliwość przeprowadzenia analizy przyspieszeń i opóźnień w reakcji na to samo globalne wydarzenie w późnym glacjale [P2, S20]. Również znaleziska dwóch nowych horyzontów wulkanicznych Hässeldalen i Askja-S na terenie Polski umożliwiły szczegółową analizę reakcji systemu jeziornego na klimatyczną oscylację Preborealną tzw. PBO [P8]. Osady jeziorne wykorzystaliśmy również jako źródło informacji na temat zmian poziomu wody w holocenie. W ramach współpracy, podczas badań rekonstruujących zmiany poziomu wody na Niżu Europejskim, prowadziliśmy prace badawcze również nad jeziorem Fürstenseer See [P4]. W ramach projektu ICLEA współpracowałem także z dendroklimatologami, gdzie głównym celem współpracy było dokonanie synchronizacji oraz wspólnej interpretacji dwóch archiwów (osadów laminowanych oraz przyrostów drzew), które charakteryzują się rocznym zapisem, na tle zmian klimatycznych. W ramach tej współpracy opublikowane zostały do tej pory dwa artykuły, dotyczące: rekonstrukcji temperatury powietrza z okresu zimy z ostatnich 810 lat z Polski Północnej [S2] oraz rekonstrukcji minimalnej temperatury powietrza opartej na średniej powierzchni wczesnego przyrostu dębu europejskiego (*Quercus robur*) w Północnej Polsce [S12].

Aby zrozumieć przeszłość trzeba poznać teraźniejszość.
By móc prognozować przyszłość, trzeba poznać przeszłość.

W latach 2011-2015 brałem udział w realizacji dwóch ekologicznych projektach eksperymentalnych: projekcie CLIMPEAT - "Wpływ globalnego ocieplenia i susz na akumulację węgla i różnorodność biotyczną torfowisk wysokich obecna, przeszła i przyszła perspektywa", który był realizowany w ramach Polsko-Szwajcarskiego Programu Badawczego (Polish-Swiss Research Programme, kierownikiem projektu był prof. dr hab. Mariusz Lamentowicz, UAM Poznań) oraz w

projekcie CliMireSiber - "Functioning of Siberian mire ecosystems and their response to climate changes", program INTERACT (kierownikiem projektu była prof. Fatima Laggoun-Defarge). Projekt CLIMPEAT realizowany był na torfowisku Linje (Polska Północna), natomiast projekt CliMireSiber był realizowany na torfowisku Mukhrino, stacji naukowej UNESCO na zachodniej Syberii. Głównym celem wymienionych projektów była obserwacja reakcji mikroorganizmów oraz roślin na symulowane susze (manipulacja poziomem wody) oraz zmiany klimatu (poprzez pasywną manipulację temperaturą i wilgotnością powietrza za pomocą mini szklarni, ang. *OTC - Open Top Chambers*). Praca w interdyscyplinarnym zespole, gdzie wykorzystując wyniki badań eksperymentalnych próbujemy zrozumieć skutki manipulacji w funkcjonowaniu ekosystemów torfowiskowych, daje mi możliwość wykorzystania zdobytej wiedzy w celu lepszej rekonstrukcji zmian klimatycznych w przeszłości. Bardzo ważnym elementem obydwu projektów było przeprowadzenie rekonstrukcji przemian środowiska przyrodniczego badanych torfowisk. Efektem prac paleoekologicznych oraz wynikających z przeprowadzenia eksperymentu na torfowisku Linje było opublikowanie artykułów w czasopismach z listy JCR [S3, S6, S13, S16, S23, S27, S28] oraz z torfowiska Mukhrino [P5, S9, S11, S13]. W ramach międzynarodowego projektu NCN pt.: „Wpływ czynników biotycznych i abiotycznych na funkcjonowanie torfowiska Linje - jako implikacja dla badań paleoklimatycznych", w którym byłem wykonawcą, staraliśmy się rozpoznać zależności między warunkami meteorologicznymi, hydrologicznymi oraz edaficznymi w relacji do struktury gatunkowej ameb skorupkowych (Protozoa) i roślinności na torfowisku mszarnym. Efektem pracy były opublikowane artykuły w czasopismach [S3, S11, S19, S28].

Wpływ wytapiania pogrzebanych brył martwego lodu na transformację krajobrazu w późnym glacjale oraz na początku holocenu

W ramach projektu MNiSW N N306 085037, którego byłem kierownikiem, skupiłem się na reakcji i przemianach środowiska przyrodniczego na gwałtowne procesy związane z wytapianiem pogrzebanych brył martwego lodu w osadach, przede wszystkim fluwioglacjalnych, na obszarze Borów Tucholskich. Celem prac było odtworzenie późnoglacjalnej i holoceńskiej historii rozwoju zbiorników biogenicznych na podstawie wyników multidyscyplinarnych analiz paleoekologicznych. Przeprowadzone przeze mnie badania makroszczątków roślinnych oraz wykorzystanie podstawowych badań geochemicznych pozwoliły na rekonstrukcję rozwoju lokalnej szaty roślinnej, która to wywołana była gwałtowną zmianą hydrologiczną oraz morfologiczną, powstałą w efekcie wytapiana się pogrzebanego martwego lodu [P1, P2, S14].

Paleoekologiczna oraz biogeograficzna interpretacja reakcji ekosystemów wodno-torfowiskowych na zmiany hydroklimatyczne

Podejmowane przeze mnie problemy badawcze sięgają również w obszary biogeografii badanych ekosystemów, przede wszystkim w kontekście przemian środowiska przyrodniczego pod wpływem zmian klimatu. W tym nurcie znajdują się badania jedynego stanowiska na Niżu Polski, reliktu glacjalnego brzozy karłowatej *Betula nana,* zlokalizowanego na stanowisku Linje, gdzie udało się określić główne czynniki umożliwiające przetrwanie tego reliktu do czasów obecnych [S11, S28].

Obecnie, jestem również bardzo zaangażowany w interesujący paleoekologiczny problem badawczy, dotyczący spadku udziału olszy czarnej (*Alnus glutinosa*) w strukturze roślinności około 1000 AD na terenie Europy. Coraz dokładniejsze badania wskazują, iż spadek ten mógł mieć charakter synchroniczny na wielu badanych stanowiskach i być efektem ataku grzybów z rodzaju *Phytophthora*. Problematyka ta z obszaru Finlandii oraz zachodniej Rosji została przedstawiona w publikacji [S5]. Aktualnie zagadnienie to opracowywane jest dla całego Niżu Środkowoeuropejskiego, łącznie z obszarem Polski.

Obecnie jestem kierownikiem projektu NCN OPUS 10 pt. „Wpływ katastroficznych odlesień na ekosystem jezior i torfowisk Borów Tucholskich" oraz pełnię w nim rolę opiekuna pomocniczego pracy doktorskiej Pani magister Dominiki Łucow. W projekcie, w międzynarodowym zespole interdyscyplinarnym badamy reakcje ekosystemu torfowiskowego oraz jeziornego na gwałtowne ekstremalne zjawisko, którym był tornado w 2012 roku. W efekcie pięciominutowego epizodu, tornado zniszczyło ponad 400 hektarów lasów, jak również spowodowało zaburzenia w badanych ekosystemach.

Brałem również udział w projekcie NCN 2011/01/B/ST10/07367, pt. „Rekonstrukcja paleoklimatyczna ostatnich 15 tysięcy lat w świetle analiz rocznie laminowanych osadów Jeziora Czechowskiego (Bory Tucholskie)". Celem projektu była rekonstrukcja krótkotrwałych zmian klimatycznych późnego glacjału i holocenu, w powiązaniu zarówno z zaburzeniami północnoatlantyckiej cyrkulacji termohalinowej (późnoglacjalne okresy dryasów, holoceński „najmłodszy dryas" i epizod 8.2), jak i holoceńskimi tzw. cyklami Bonda, włącznie z małą epoką lodową, indukowanymi najprawdopodobniej zmienną aktywnością słoneczną. Celem pośrednim była szczegółowa analiza zmian różnych komponentów środowiska przyrodniczego, zarówno w kontekście procesów naturalnych, jak i narastającej w holocenie antropopresji. W ramach prowadzonych prac zostały opublikowane artykuły: [P1, P8, S20, S29, S33].

W ramach projektu NCN pt. „Oscylacja Preborealna w świetle wysokiej rozdzielczości analiz multiproxy - laminowane osady jeziora Jelonek, Bory Tucholskie", w którym jestem wykonawcą, staramy się zrekonstruować reakcje środowiska na zmiany klimatyczne w obrębie tzw. epizodu PBO - Oscylacji Preborealnej. Planowane jest przeprowadzenie analiz multiproxy o dużej rozdzielczości. Szczegółowa, bo 5-letnia rozdzielczość planowanych analiz osadów laminowanych jeziora Jelonek, pozwoli na stwierdzenie, w jaki sposób, na gwałtowny impuls klimatyczny wywołany zakłóceniem cyrkulacji oceanicznej, zareagowało środowisko w Europie Środkowej. Cel projektu zostanie zrealizowany w oparciu o wyniki szeregu analiz paleoekologicznych (analizy makroszczątkowej, palinologicznej, wioślarek Cladocera oraz okrzemek), jak również analizy izotopów stabilnych (δ18O i δ13C) oraz analizy elementów geochemicznych przy użyciu skanera XRF oraz analizy tefrochronologicznej. Zaangażowany jestem również w projekt NCN N N306 2280 39 pt. „Historia rozwoju jezior dystroficznych w Wigierskim Parku Narodowym na podstawie analizy subfosylnych *Cladocera* (wioślarek) i wybranych analiz paleolimnologicznych", w którym biorę udział jako wykonawca. W zespole specjalistów pragniemy zrekonstruować zmiany zachodzące w środowisku przyrodniczym jezior dystroficznych oraz w otaczającym je krajobrazie w świetle analiz paleoekologicznych: wioślarek (*Cladocera*), makroszczątkowej, palinologicznej, okrzemek i analiz geochemicznych.

Równie owocnie zakończyła się współpraca międzynarodowa [S7] z kolegami z Norwegii, z Norwegian Institute for Nature Research (NINA) oraz z kolegami z polskich jednostek naukowych w ramach projektu pt.: „Rekonstrukcja zmian środowiska i monitoring - narzędzia do planowania zrównoważonego rozwoju ekosystemów jeziornych" (FSS/2013/IIC/W/0022/U/0043). Prowadziliśmy współpracę, której głównym celem była wymiana wiedzy między partnerami na temat możliwości wykorzystania wyników badań nad historią jezior i wyników monitoringu do planowania zrównoważonego rozwoju ekosystemów na przykładzie wspólnych badań jeziora Atna (środkowa Norwegia). Natomiast w ramach projektu międzynarodowego ES541379 pt.: "BRANDTA-DULCIS: The effect of nutrient input from migrating birds on the succession of freshwater communities of different ages in Svalbard", gdzie uczestniczyłem jako wykonawca, współpracowałem z międzynarodowym zespołem naukowców, który zajmował się badaniem wpływu migracji ptaków na zmiany żyzności jezior położnych na wyspie Spitsbergen. Liczba ptaków, które odbywają lęgi na wyspie wzrosła w ostatnich latach znacząco. Podejrzewa się, że będzie to miało duży wpływ na zmianę charakteru dużej ilości jezior, w tym na zmianę składu zooplanktonu.

Brałem również udział w projekcie pt.: „Procesy egzogeniczne indykatorem antropopresji w strefie oddziaływania zbiorników wodnych – kontynuacja", który był owocem współpracy z kolegami z Instytutu Skorupy Ziemskiej Rosyjskiej Akademii Nauk w Irkucku efektem, czego były publikacje: [S10, S17, S22].

Obecnie uczestniczę w realizacji projektu badawczego pt. „Zapis reakcji środowiska na zmiany klimatu ostatnich 15 tysięcy lat na linii europejskiego transektu W-E w oparciu o nowe, zintegrowane analizy wysokiej rozdzielczości osadów Jeziora Gościąż" w którym jestem wykonawcą, a kierownikiem jest prof. dr hab. Mirosław Błaszkiewicz (NCN OPUS, 2015/19/B/ST10/03039). Celem projektu jest zastosowanie nowoczesnych technik badawczych, w tym skanowania μXRF, tefrochronologicznych oraz specjalistycznych analiz mikrolitofacjalnych, które pozwolą na wykrycie w obrębie profilu wielu markerów stratygraficznych, wśród których szczególnie ważną rolę odgrywają ślady mikrotefry, wielu znanych erupcji wulkanów, w tym Laacher See Tephra z Masywu Eifel, Askja – AD 1875, Askja – S, Hässeldalen z Islandii oraz Neapolitan Yellow Tuff z okolic Neapolu. Zestawienie danych pochodzących z analizy laminowanych osadów Jeziora Czechowskiego, w których jest wyjątkowo dobry zapis starszej części późnego glacjału oraz mezo i neoholocenu, z osadami Jeziora Gościąż, gdzie właśnie te okresy charakteryzują się nieciągłością laminacji, przy wykorzystaniu między innymi tefrochronologii, pozwoli nam również na konstrukcję wzorcowego profilu zmian klimatu i środowiska dla Europy Środkowej, obejmującego cały późny glacjał i holocen.

W roku 2017 zostałem zaproszony do współpracy dotyczącej rekonstrukcji przemian środowiska przyrodniczego w Andach (Argentyna Północna). W maju 2016 r. wraz z kolegami z Zakładu Zasobów Środowiska i Geozagrożeń pobraliśmy dwa pierwsze rdzenie z górskich jezior w prowincji Jujuj. Aktualnie jestem w trakcie analiz węgli drzewnych w celu rekonstrukcji zdarzeń pożarowych. Kolejnym wątkiem paleoekologicznym jest współpraca z kolegami z Instytutu Geografii i Geoekologii Mongolskiej Akademii Nauk. W lipcu 2016 r. przyjąłem zaproszenie kolegów z IGiG MAN i w ramach prac terenowych pobraliśmy dwa monolity torfowe z torfowisk zlokalizowanych w górach Khentii (Północna Mongolia). Profile te są aktualnie w trakcie analiz paleoekologicznych w IGiPZ PAN oraz ING PAN w Warszawie.

Staram się również w praktyczny sposób wykorzystać wiedzę na temat obszarów wodno-błotnych zdobytą podczas badań naukowych w celu ochrony tych ekosystemów. Wiedzę tę wykorzystałem w trzech opracowaniach dotyczących małej retencji w województwie kujawsko-pomorskim oraz pracach związanych z projektem z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Toruniu (DT17043/GW-in) pt.: „Ocena potencjału naturalnych form retencji wodnej na rzekach Kujaw Wschodnich – deficytowego w zasoby wodne regionu województwa kujawsko-pomorskiego". Podejmowana przeze mnie problematyka badawcza w ramach geografii i paleogeografii łączy w sobie zagadnienia metodologiczne oraz aplikacyjne. Jestem współautorem licznych opracowań o charakterze eksperckim. Realizowałem projekt pt.: „Energetyka wiatrowa w kontekście ochrony krajobrazu przyrodniczego i kulturowego w województwie kujawsko-pomorskim" pochodzący z Urzędu Marszałkowskiego Województwa Kujawsko-Pomorskiego (UM_PSG.2151.2.174.2011). Współpracuję również z Regionalną Dyrekcją Ochrony Środowiska w Bydgoszczy w ramach promocji i realizacji prac renaturyzacyjnych obszarów wodno-błotnych województwa kujawsko-pomorskiego.

Aktywnie działam w zakresie edukacji uniwersyteckiej. Byłem opiekunem merytorycznym pracy magisterskiej o charakterze paleolimnologicznym - Pani magister Anny Pieńczewskiej na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, a także promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim Pana doktora Mateusza Kramkowskiego. Organizowałem oraz współprowadziłem międzynarodową szkołę "The 3rd An INTIMATE Example Research Training School" wraz z zespołem pracowników IGiPZ PAN, UAM Poznań, GFZ Potsdam, University of Nottingham, Centre for Ice and Climate University of Copenhagen, University of Manchester i Towarzystwem Przyjaciół Dolnej Wisły. Jestem członkiem w kilku organizacjach pozarządowych o charakterze paleoekologicznym takich jak: Society of Wetland Scientists, Past Global Changes PAGES, International Paleolimnology Association oraz Komisji Naukowej Paleolimnologii. Ponadto od 2017 roku jestem członkiem redakcji naukowej czasopisma anglojęzycznego *The Environment, Earth and Ecology*. Corocznie, od roku 2015 jestem zaangażowany w organizowanie sesji naukowych na European Geosciences Union w Wiedniu poświęconych szeroko rozumianej transformacji środowiska przyrodniczego w postglacjalnej historii.

Podsumowanie dorobku naukowego (szczegóły w załączonej liście publikacji i wykazie osiągnięć, załącznik 3)

Sumaryczny *impact factor* moich publikacji opublikowanych po doktoracie, według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi: **100,065 *IF***
Łączna liczba cytowań odpowiednio wg bazy:
Web of Science (stan na 20.01.2018) ilość prac **24**; cytowanych **219,** index Hirscha: **8**.
Scopus (stan na 20.01.2018) ilość prac **30**, cytowanych **272**, index Hirscha: **9**.
Google Scholar (stan na 20.01.2018) ilość prac **118**; cytowanych **403,** index Hirscha: **12**.

Jestem autorem lub współautorem 48 publikacji recenzowanych, w których to znajduje się 30 prac opublikowanych w czasopismach z bazy JCR – tzw. lista filadelfijska (w tym 8 wskazano, jako osiągnięcie habilitacyjne). Dodatkowo opublikowałem 179 abstraktów i doniesień konferencyjnych.

Załącznik 2a

Wyniki moich badań prezentowałem na ponad 20 konferencjach i warsztatach. Byłem kierownikiem 2 projektów badawczych, a w kolejnych 16 byłem wykonawcą.

Tabela 1. Ilościowe zestawianie wszystkich publikacji mojego autorstwa.

		Publikacje w czasopismach z listy JCR	Publikacje w innych recenzowanych czasopismach	Monografie/rozdziały w monografiach	Abstrakty konferencyjne
Liczba publikacji	przed doktoratem	1	1	5	20
	po doktoracie	29	6	6	159
	razem	30	7	11	179

Siowiński