



Prof. UAM, dr hab. Grzegorz Kowalewski  
Zakład Biogeografii i Paleoekologii UAM  
ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań

Poznań, dnia 4 grudnia 2015

**Recenzja dysertacji doktorskiej pani mgr Sandry Słowińskiej pt.:**  
*Mikroklimatyczne uwarunkowania funkcjonowania małych  
torfowisk i ich otoczenia*

**Problematyka pracy**

Autorka podjęła tytułową problematykę mikroklimatu torfowisk mszarnych i ich otoczenia. Wydaje mi się, że tytuł jest błędny i niepotrzebnie skomplikowany. Autorka badała po prostu mikroklimat torfowisk mszarnych i ich otoczenia, głównie porównując jedno z drugim. Nie zajmowała się natomiast wcale funkcjonowaniem torfowisk. Taki tytuł byłby zasadny, gdyby badała samo torfowisko, analizując jak ono funkcjonuje w różnych warunkach mikroklimatycznych. Sądzę, że tytuł „Mikroklimat torfowisk mszarnych w relacji do ich otoczenia” znacznie lepiej oddawałby istotę pracy.

Badaniem torfowisk zajmuje się wiele uczonych w obrębie wielu dyscyplin, ale dominują prace fitosocjologiczne i geologiczne. Wśród torfowisk zaś, torfowiska mszarne cieszą się bardzo dużym powodzeniem. Autorka znalazła jednak niszę niemal całkowicie nie badaną – mikroklimat torfowisk mszarnych – i stanowi to ogromny walor jej pracy. Torfowiska mszarne są bowiem bardzo specyficznymi ekosystemami i do wyjaśnienia ich biogeografii, a także funkcjonowania nie wystarcza znajomość klimatu w skali regionalnej. Autorka zdaje sobie z tego sprawę, analizując we wstępie (rozdział 1) przyczyny specyfiki mikroklimatycznej torfowisk mszarnych (położenie topograficzne, wysoki poziom wód gruntowych, ale także jego znaczne wahania) oraz wskazując ich dużą odmienność w stosunku do otoczenia, określaną – w kategoriach ekologii krajobrazu – jako wyspy środowiskowe. Dokonuje tu przeglądu literatury z całego świata. Autorka słusznie zauważyła znaczenie takich badań dla rekonstrukcji paleoekologicznych, czy badań akumulacji węgla. Odtwarzanie paleoekosystemów zmierza zresztą obecnie w kierunku pogłębienie studiów warunków abiotycznych torfowisk, bowiem rozumiano własne ograniczenia płynące z nieznanymi warunków abiotycznych. Badania akumulacji węgla na torfowiskach bez znajomości mikroklimatu są zaś po prostu niemożliwe. Prace autorki są więc tu jak najbardziej na czasie, wpisując się, czy też może nawet inicjując trendy światowe. Pochwalić należy także wybór torfowiska Linje jako obiektu badań, ponieważ jest to jedno z najbardziej intrygujących florystycznie i geologicznie torfowisk w Polsce, które przyciągało (i wciąż przyciąga) uwagę licznych badaczy.



### **Cele pracy**

Cele pracy sformułowano w rozdziale 2. Pierwszy dotyczy badań mikroklimatu torfowisk, których wyniki przedstawiono w rozdziałach 5.1-5.4. Brak tu wyraźnego sformułowania, że celem było badanie różnic między torfowiskiem, a otwartą przestrzenią (określaną jako stacja referencyjna) w jego otoczeniu, co jest dezinformujące. Wątpliwości wzbudza także dobór stanowisk do takich badań, ponieważ czynnikiem różnicującym czyni obecność lasu (zadrzewień), ale odnosi się to do otoczenia, ignorując odwrotne różnice w obrębie badanych obiektów. Skomplikowało to niewątpliwie już na starcie późniejsze wnioskowanie odnośnie przyczyn różnic. Rola roślinności drzewiastej jest bowiem czynnikiem bardzo istotnym. Wyjaśniając, w dalszej części rozdziału 2, wybór drugiego stanowiska badawczego, autorka stwierdza, że poszukiwano analogu dla torfowiska Linje, jako kryteria przyjmując podobieństwo wielkości obiektu, warunków makroklimatycznych, struktury geologicznej, w tym litologii osadów i roślinności. Wszystkie te kryteria wybrany obiekt spełnia z tym zastrzeżeniem, że dodatkowym czynnikiem jest obecność zadrzewień. Moim zdaniem należało poszukać raczej mszaru bezleśnego, nie zwracając uwagi na podobieństwo pokrywy mszarnej, lecz na obecność drzew. One bowiem w znacznie większym stopniu wpłynęły na mikroklimat, niż postać roślinności pokrywy mszarnej. Podobnie mniej istotna była z pewnością struktura geologiczna. Autorka jest zresztą tego problemu świadoma, co wskazała w rozdz. 7.4. Drugi cel pracy (relacja parametrów meteo- i hydrologicznych do albedo) przedstawiono w rozdziale 5.4, a trzeci (badania transektowe mikroklimatu torfowiska i otoczenia) w rozdziale 6. Te cele nie budzą wątpliwości.

### **Obszar badań, metody i wyniki**

W kolejnym, trzecim rozdziale autorka przedstawiła obszar badań. Na początku umieściła informacje na temat genezy badań i projektów badawczych, co winno znaleźć się w rozdziale wstępnym. Informacje na temat obszaru są zwięzłe, ale wystarczające.

Metody pomiarów przedstawiono w rozdziale 4. Serie pomiarowe obejmowały trzyletni cykl obserwacyjny temperatury i wilgotności dla obu torfowisk i ich otoczenia. Podkreślić należy, że jest to chyba najdłuższy zbadany cykl dla torfowisk, co stanowi o wartości pracy. Brak niestety szczegółowych danych na temat modelowania regresyjnego dla dwuletniego ciągu obserwacyjnego stanowiska referencyjnego Poledno, podano jedynie wartość współczynnika determinacji, którego wartość wahała się między 0,84-0,98, była więc wysoka. Jednak ponieważ modelowanie dotyczyło aż 2/3 całego cyklu dla stanowiska referencyjnego, należało lepiej to uzasadnić. Potencjalne błędy takiego modelowania widoczne są w wynikach pomiarów, kiedy to autorka wielokrotnie zauważyła podobieństwo rezultatów na obu torfowiskach w okresach rzeczywistych pomiarów (zaledwie trzy miesiące VI-VIII 2012) i brak podobieństw podczas okresów modelowanych. Niezależnie od tych



wątpliwości, podkreślić należy sprawność organizacyjną i naukową doktorantki oraz docenić zaradność w pozyskiwaniu funduszy na badania, a także uzyskanie tak długich ciągów pomiarowych, mimo szczupłych środków finansowych. Ponadto, wątpliwości dotyczą stacji referencyjnych, co w niczym nie podważa wartości ciągów pomiarowych na torfowiskach.

Rozdziały 5 i 6 prezentują wyniki badań. Ich wartość naukowa jest różna. Jako geografa, zdumiewa mnie brak map lokalizacyjnych aparatów pomiarowych lub, alternatywnie, precyzyjnych współrzędnych geograficznych, a jedyną dostępną informacją jest odległość od torfowiska z przybliżonym kierunkiem. Należy to uzupełnić. Spośród map obecnych w pracy, na ryc. 1 zaprezentowano zdjęcie satelitarne z obrysem obiektów oraz skromny szkic z lokalizacją badań geologicznych na ryc. 3-4. Jak to możliwe? Na osłode są śliczne szkice terenowe transektów pomiarowych, niestety, również bez śladów lokalizacji.

W liczącym 58 stron rozdziale 5 przedstawiono, paralelnie – na obiektach Linje i Poledno, różnice warunków termicznych i wilgotnościowych panujących na torfowiskach i stanowiskach referencyjnych. Podrozdziały 5.2 i 5.3 to jedne z najlepiej udokumentowanych i zilustrowanych części rozprawy, dyskutowane później w rozdziale 7.1. Autorka wykazała średnią temperaturę warstwy przygruntowej (30 cm) obu torfowisk niższą o 1°C od wartości z terenu otwartego, natomiast temperatura minimalna w wariancie bezleśnym (Linje) była niższa o ponad 3°C, zaś na zalesionym torfowisku Poledno zaledwie o ponad 1°C. Dla temperatur maksymalnych różnice były mniejsze, w wariancie bezleśnym (Linje) temperatury były wyższe o 1°C, zaś w zalesionym nie wykazano różnic istotnych statystycznie. Dało to w sumie wartości amplitud sięgających w sezonie wegetacyjnym niemal 5°C na torf. Linje i prawie 2°C na torf. Poledno. Zatem, klimat naszych torfowisk jest znacznie bardziej kontynentalny i nieco chłodniejszy od wskazań regionalnych, jakich to wyników należało się spodziewać z przyczyn biogeograficznych. Nie bez znaczenia pozostaje znacznie większa ilość przymrozków, czego nie stwierdzono już na zadrzewionym torfowisku Poledno. Cieszę się, że tak dobitnie wykazano tę surowość klimatyczną i jej związek z bezleśnością całego ekosystemu. To kolejny dowód na to, że odwadniając nasze torfowiska, nie tylko pozbawiamy je podstawy funkcjonowania, ale także – pozwalając wkroczyć lasowi – zmieniamy ich klimat. Odwodnienie i pogorszenie warunków termicznych stwarza efekt synergii, prowadząc do szybszej eliminacji tych borealnych ekosystemów z naszej przyrody. Podobnie szczegółowo i metodycznie określono (w podrozdz. 5.3) stosunki wilgotnościowe torfowiska, wykazując wyraźnie wyższą wartość wilgotności względnej na torfowisku (choć minimalną już nie) i niższe wartości niedosytu wilgotności, szczególnie w miesiącach letnich.

Pominąłem omawianie danych dla całego okresu obserwacji (2010-12) dla torfowiska Poledno, które obliczono na podstawie modelowania regresyjnego, ponieważ wady takiego podejścia omówiłem powyżej. Wydaje się, że posłużenie się danymi modelowanymi aż dla 2/3 okresu obserwacyjnego było błędem pracy. Takie zagadnienie mogłoby być przedmiotem



osobnego opracowania i wniosło niepotrzebny szum do dobrze prezentujących się danych pomiarowych.

W kolejnym podrozdziale (5.4) badano związki parametrów meteorologicznych z natężeniem promieniowania słonecznego, prędkością wiatru i głębokością wody gruntowej. Sądzę także, że użyto w nim zbyt prostych narzędzi statystycznych, nie weryfikując należycie siły związków między zmiennymi. Zauważyłem błędy między opisem w tekście i rycinami, np. w rozdz. 5.4.2. (Poledno) relacja między natężeniem promieniowania, a temp. średnią opisano jako istotną statystycznie korelację dodatnią, podczas gdy na rycinie (38a) widnieje korelacja ewidentnie ujemna, sugerująca interpretację odwrotną, niż opisana w tekście. Z kolei związek temp. średnich z prędkością wiatru jest o tyle problematyczny, że ta druga zmienna wykazała wiele wartości zerowych i generalnie prezentowała typ zmiennej dyskretnej, a nie ciągłej, nie nadawała się więc do badania korelacji liniowej, jaką jest korelacja Pearsona. Ponadto, w przypadku torfowiska Poledno wszystkie istotne statystycznie korelacje parametrów meteorologicznych z głębokością wody gruntowej i prędkością wiatru prezentowały przeciętną lub słabą siłę związku (korelacje słabe –  $0,1 > r > 0,3$ ; korelacje przeciętne –  $0,3 > r > 0,5$ ). Siła związku była wysoka (korelacje wysokie –  $0,5 < r < 0,7$ ) jedynie w przypadku zależności między natężeniem promieniowania i temp. średnią na obu mierzonych wysokościach oraz dla średniego niedosytu wilgotności powietrza na 30 cm. Bardzo podobnie sytuacja przedstawia się w przypadku torfowiska Linje. Analogicznie siła związków parametrów meteorologicznych z głębokością wody gruntowej i prędkością wiatru była niska lub przeciętna (z wyjątkiem  $dT_{sr}/głęb.$  wody gruntowej, gdzie wyniosła 0,53), a wysoka jedynie dla związków  $dT_{max}$  i  $dVPD_{max}$  z natężeniem promieniowania, czyli dla zupełnie innych parametrów, niż dla Poledna. Należałoby wyjaśnić, dlaczego poszczególne parametry na obu torfowiskach są tak różne, choć obawiam się, że to nie jest w ogóle możliwe. Przykładowo związek wilgotności powietrza z natężeniem promieniowania w obu torfowiskach jest całkowicie odmienny, a jako ciekawostkę podam fakt, że różnica wartości minimalnych na torfowisku Poledno wykazała najwyższy (spośród wszystkich badanych = 0,679) i istotny związek, a na torfowisku Linje kompletny jego brak (0,026; nieistotny). Analiza wykonana na stronie 73 wskazuje przykładowo zależność  $dT_{sr}$  i głębokości wody gruntowej. Problem w tym, w obrębie poszczególnych miesięcy także istniały duże różnice  $T_{sr}$  przy braku lub małej zmienności głębokości wody. W poszczególnych miesiącach nie istniała zatem żadna zależność, a za zmienność  $T_{sr}$  odpowiadał najwyraźniej inny czynnik. Należałoby zatem najpierw zbadać, czy zmienność w obrębie poszczególnych miesięcy jest istotnie niższa, niż w całym badanym okresie (analiza wariancji). Podrozdział 5.4 jest najślabszy w pracy i wymaga solidnego opracowania statystycznego.



W kolejnym podrozdziale (5.5) wykazano, na torfowisku Linje, wpływ malejącego poziomu wody gruntowej na wzrost albedo. W tym przypadku przeprowadzono prawidłowe modelowanie zależności, dokumentując istniejącą zależność wielomianem drugiego stopnia.

W liczącym 40 stron rozdziale 6 przedstawiono wyniki badań zmienności mikroklimatu w przekrojach poprzecznych przez torfowisko Linje (10 stanowisk na przestrzeni 200 m) i Poledno (9 stanowisk na przestrzeni 270 m). Badania prowadzono w dwóch kampaniach o długości odpowiednio: na torfowisku Linje 2 x po 6 dni, na torfowisku Poledno – 10 i 22 dni. Przyczyn różnic w długości ich trwania autorka nie wyjaśniła.

Badania potwierdziły wcześniejsze rezultaty. Wykazano większe amplitudy temperatur na torfowisku Linje podczas pogody radiacyjnej. Dane przedstawiono w interesujący, jasny sposób, pokazując – analogicznie do rozdziału 5.2 – na wykresach skrzynkowych różnice między poszczególnymi stanowiskami w różnych dniach oraz, na kolejnych rycinach, między środkiem torfowiska i pozostałymi stanowiskami badawczymi. W podobny sposób scharakteryzowano warunki wilgotnościowe. Równie cenne są zobrazowania dobowego przebiegu parametrów mikroklimatu. Parametry na stanowisku Poledno zmieniały się w inny sposób, aniżeli na torfowisku Linje. Podczas pierwszej kampanii pomiarowej, mimo panowania podobnej, radiacyjnej pogody dobowe amplitudy temperatur były na torfowisku niższe, aniżeli w otoczeniu (zboże na polu). Także przebieg wilgotności cechowała wyraźnie mniejsza zmienność, zarówno w stosunku do otoczenia, jak i torfowiska Linje. Najbardziej interesujące dla mnie okazało się porównanie termiki i wilgotności powietrza bezdrzewnej części torfowiska Linje i otaczającego lasu mieszanego. W dni pochmurne było w nim zimniej i bardziej wilgotno, niż w borze sosnowym i na torfowisku.

Opisane w rozdziale 6 badania referowały realizację trzeciego celu pracy, jakim była „ocena zmian warunków mikroklimatycznych na granicy torfowiska oraz lasu i pola uprawnego”. Granica sugeruje linię, wzdłuż której można przedstawić wyraźną, skokową zmianę wartości jakiegoś parametru. Tymczasem, nie zauważyłem tu takiej skokowej zmiany, lecz zmienność stopniową, sugerując gradientowość zmian. Tego właśnie określenia najbardziej mi w omawianym rozdziale zabrakło. Wydaje się ponadto, że sensowne byłoby zastosować analizy wielowymiarowe, np. PCA, które uporządkowałyby ten bogaty zestaw danych i wskazały główne trendy zmienności. A jeśli nie analizy wielowymiarowe, to co najmniej analizę wariancji z efektem interakcji, by zbadać wzajemne zależności analizowanych zmiennych. Sensowne byłoby zarazem wprowadzenie zmiennej typu presence-absence dla obecności drzew.

W rozdziale 7 przedstawiono zwięzłe streszczenie wyników umiejętnie przeplatane dyskusją. Nie liczy ona wielu pozycji literatury, jednak sugeruje to ubóstwo nie pracy, lecz niewielką ilość badań w tej dziedzinie. Szkoda tylko, że autorka ominęła podręcznikowe opracowania niemieckojęzyczne, w których znajdujemy przegląd dokonań naszych zachodnich



sąsiadów, np. opracowanie badań mikroklimatu torfowisk Eggelsmanna w podręczniku *Moor und Torfkunde* z 1990 roku. Klimatycznie i geologicznie tamtejsze torfowiska są najbardziej podobne do polskich.

W podrozdziale 7.4 autorka punktuje ograniczenia pracy, co dobrze świadczy o jej warsztacie badawczym. Potrafi dostrzec słabości wykonanych badań i zna kierunki ich poprawy. Autorka, stwierdzając, że: „W przypadku torfowiska śródlęsnego trudno jednoznacznie określić, w jakim stopniu na warunki mikroklimatyczne lasu w strefie do niego przylegającej oddziałuje specyficzny mikroklimat torfowiska, a na ile jest to efekt otwartej przestrzeni, swobodniejszego dopływu promieniowania słonecznego, tak jak jest to w przypadku polan śródlęsnych” sugeruje potrzebę jednoczesnego prowadzenia „badań na wybranych śródlęsnych torfowiskach i polanach śródlęsnych oraz w ich otoczeniu.” Sądzę, że zanim taki projekt zostanie podjęty, należałoby w pełni wykorzystać istniejące możliwości analityczne względem już zebranych i w rozprawie zaprezentowanych danych. Można z nich wyciągnąć znacznie więcej wniosków, analizując całość danych, o czym wspominałem wyżej.

Rozdział 8 wydaje mi się nieco sztucznie dopisany na końcu pracy, a jego treść proponuje dołączyć do wstępu. Mimo, iż liczy sobie tylko dwie strony, w dodatku z wydzielonym podrozdziałem, zawiera on aż 15 spośród 95 cytowanych publikacji.

### **Podsumowanie**

Cała praca liczy 172 strony, w tym treść 135 stron, w tym 74 ryciny i 31 tabel, reszta to wykazy i 18 załączników. Wszystkie ryciny i tabele wykonane są bardzo starannie. Cele postawione w pracy zostały zrealizowane. Rozprawa cechuje się bogactwem nieznanymi wcześniej danych, co stanowi o jej oryginalności. Niesie ona duży potencjał, możliwy do przełożenia na wiele prac naukowych, które szybko znajdą odpowiednie cytacje, ponieważ badań w porównywalnym zakresie brak. Wymaga to jedynie poprawienia części analitycznej, z czym autorka sobie poradzi.

Struktura pracy jest w zasadzie prawidłowa i zawiera w logicznej kolejności wszystkie niezbędne elementy służące budowaniu treści, która ostatecznie tworzy zwartą całość. Praca napisana jest starannym językiem, nieliczne, jak na taką objętość tekstu, poprawki zaznaczałem w wersji elektronicznej pracy. Brakowało jedynie dużej liczby przecinków.

### **Uwagi redakcyjne i techniczne**

Na 97 cytowanych prac 8 musiałem dopisać do wykazu bibliografii, a jedną usunąć. Ponadto zdarzały się nierozróżniania prac wieloautorskich na a i b przy tym samym roku wydania.

Brak w pracy streszczenia angielskiego, które stanowi wymóg ustawy (Art. 13. 6), choć osobiście uważam to za zbędny formalizm i nie sądzę, by było potrzebne. Wszystkie



rozdziały powinny zaczynać się od nowych stron, a ryc. 49 jest kopią ryc. 48, co nastąpiło przez pomyłkę. Inne, drobniejsze błędy zazaczyłem w elektronicznej wersji pracy, którą przekazałem autorce.

### **Konkluzja**

Przedstawione uwagi krytyczne i redakcyjne po ich rozważeniu i ewentualnym uwzględnieniu powinny przyczynić się do lepszej prezentacji materiału badawczego i łatwiejszej ich akceptacji na międzynarodowym rynku wydawniczym.

Przedstawiona do recenzji dysertacja doktorska spełnia wymogi rozprawy doktorskiej według Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopnia naukowych i tytule naukowym z późniejszymi zmianami, tj. stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną autorki, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie mgr Sandry Słowińskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Grzegorz Kowalewski