

Katowice, 20 lutego 2019 r.

dr hab. Gabriela Woźniak, prof. UŚ
Katedrze Botaniki i Ochrony Przyrody
Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska
Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach
e-mail: woźniak@us.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana Magistra Grzegorza Swacha pod tytułem „Patterns of plant species diversity in meadow communities in relation to environmental conditions, management and sampling methods”, wykonanej w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Wrocławskiego pod kierunkiem promotora dr hab. Zygmunta Kąckiego, prof. UWr.

Przesłana do recenzji praca doktorska Pana Magistra Grzegorza Swacha jest bardzo dobrą rozprawą naukową z zakresu geobotaniki. Jest dobrze przygotowana pod względem formalnym i merytorycznym. Dotyczy wzorców różnorodności gatunkowej w zbiorowiskach łąkowych zw. *Molinion* w zależności od warunków siedliska, użytkowania, sposobu gospodarowania i sposobu pobierania prób. Zbiorowiska łąkowe są pospolite na terenie naszego kraju i są przedmiotem licznych badań w literaturze polskiej i światowej. Mimo to niniejsza dysertacja stanowi cenne uzupełnienie wiedzy, ponieważ zarówno warunki siedliskowe, jak również sposób zarządzania/gospodarowania/użytkowania oraz metody pobierania prób do badań roślinności są przedmiotem licznych dyskusji i polemik. Uważam pracę doktorską Pana Magistra Grzegorza Swacha za bardzo ważną dla dalszego rozwoju badań nad roślinnością i przełomową dla dalszych badań prowadzonych nad różnorodnością i dynamiką roślinności w Polsce.

Treść pracy, cele, zastosowane metody i konstrukcja jest zgodna z wymaganiami stawianymi pracom doktorskim i przyjętymi zasadami stosowanymi w naukach przyrodniczych, w tym biologii środowiskowej.

Pracę Autor wykonał w głównej części w formie trzech recenzowanych artykułów we współautorstwie z promotorem oraz z kilkoma wybitnymi badaczami roślinności z kraju i Europy, co w mojej ocenie znacznie podnosi walory przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej.

Tematyka pracy wpisuje się w kierunek badawczy i zainteresowania naukowe zespołu badawczego, z którym Doktorant współpracuje od pewnego czasu. Zespół ten od lat, prowadzi badania nad systemem klasyfikacji zbiorowisk roślinnych, systemem który wykorzystywałby wiedzę ekspercką, a zarazem byłby obiektywny i umożliwiłby wykorzystanie metod numerycznych i statystycznych. Daje on gwarancję należytej opieki i dobrego przygotowania merytorycznego Doktoranta.

Główny tekst składa się z 11 rozdziałów, z czego 3 stanowią publikacje, które ukazały się w szczegółowo recenzowanych czasopismach o zasięgu światowym. Pozostałe części wskazują na wzajemnie uzupełnianie się i połączenie trzech zamieszczonych artykułów. Tekst

ten podzielony jest na rozdziały Materiały i metody badawcze, Wyniki oraz Dyskusja. Streszczenie doktorant przygotował w dwóch językach.

Artykuły naukowe z recenzowanej pracy opublikowane zostały w czasopiśmie z listy *Journal Citation Reports* (Thomson Reuters) stanowiąc 5, 6 i 7 rozdział pracy.

W pierwszej kolejności Doktorant poświęcił uwagę różnicowaniu łąk trzęślicowych ze związku *Molinion* (klasa *Molinio-Arrhenatheretea*) w skali Polski. Stworzenie spójnego i powtarzalnego systemu klasyfikacji zbiorowisk łąk trzęślicowych ze związku *Molinion*, umożliwiającego klasyfikację dużych zbiorów danych oraz stworzenia formalnych definicji zbiorowisk łąk trzęślicowych na dwóch szczeblach hierarchicznego systemu klasyfikacji zgodnie z zasadami szkoły środkowoeuropejskiej Braun-Blanqueta jest znaczącym postępem nauk zajmujących się roślinnością. Na uwagę zasługuje fakt, że do analiz wykorzystano duży zbiór danych, (dostępny w bazie), z całej Polski. Praca na dużym zbiorze zdjęć fitosocjologicznych daje możliwość przedstawienia różnicowania roślinności, nie tylko lokalnego, jak to zazwyczaj bywało, ale umożliwia przeprowadzenia syntezy w celu stworzenia obiektywnej klasyfikacji.

W badaniach dotyczących ekologii zbiorowisk roślinnych jednym z kluczowych elementów jest identyfikacja jednostek zbiorowisk roślinnych. Koncepcja hierarchicznego systemu klasyfikacji stosowanego przez wiele lat dla uporządkowania i usystematyzowania danych w badaniach roślinności w Europie wykorzystywała podejście Brauna-Blanqueta. W literaturze przedmiotu możemy odnaleźć wiele opracowań oraz szeroki zakres metod klasyfikacji, stosowanych w badaniach roślinności. Jednak nie ma jednego podejścia do definiowania jednostek roślinności. W ostatnim czasie zaczęto stosować metody statystyczne, które coraz częściej są elementem prac dotyczących klasyfikacji roślinności, mimo, że większość stosowanych dotychczas metod klasyfikacji roślinności nie zapewnia spójności, powtarzalności i możliwości bezpośredniego porównania wyników uzyskiwanych w klasyfikacji roślinności. Wyjątek stanowią prace, które wykorzystują metody nadzorowane. Metody nadzorowane oparte są na wiedzy eksperckiej i wsparte przez obiektywne metody numeryczne. Dlatego też zaproponowana przez Doktoranta formalna definicja związku *Molinion* Koch 1926 oraz czterech zespołów roślinnych: *Junco effusi-Molinietum caeruleae* Tüxen 1954, *Selino carvifoliae-Molinietum caeruleae* Kuhn 1937, *Galio veri-Molinietum* Kącki 2007, *Galietum borealis* Nowiński 1927, bazująca na grupach gatunków utworzonych na podstawie wzorców ich współwystępowania, określonych na podstawie dużego zbioru danych z całej Polski zasługuje na szczególne podkreślenie. Wiele dziesięcioleci badań terenowych prowadzonych w różnych typach roślinności pozwoliła na zgromadzenie dużej ilości danych o roślinności w Polsce, jak również w całej Europie. Równolegle przebiegający rozwój technik i technologii komputerowych, jak również rozwój oprogramowania do przechowywania, zarządzania i analizy dużych ilości danych stworzyły nowe możliwości zadawania pytań i stawiania hipotez badaczom zajmującym się roślinnością. Dane zebrane w formie elektronicznych, regionalnych, krajowych lub tematycznych baz danych dają możliwość budowania systemów klasyfikacji w skali ponadregionalnej.

Doktorant zaproponował pierwszą propozycję dwupoziomowego sformalizowanego systemu zbiorowisk łąkowych. W pracy Doktorant wykazał, że utworzenie hierarchicznego sformalizowanego systemu klasyfikacyjnego jest także możliwe, co uważam za szczególnie wartościowe, w klasyfikacji typów roślinności o znacznym różnicowaniu, jakim są łąki trzęślicowe. Podkreślenia wymaga również fakt, że zaproponowana klasyfikacja jest zgodna z koncepcją hierarchicznego systemu syntaksonomicznego (jednostki niższego rzędu - zespoły zawierają się w jednostkach nadrzędnych - związkach). Każdy syntakson charakteryzuje się swoistą kompozycją gatunkową, odmiennymi warunkami środowiskowymi oraz posiada gatunki identyfikujące dany typ roślinności.

Podstawowym założeniem nadzorowanych metod jest to, że roślinność jest klasyfikowana w sposób powtarzalny. Wyniki klasyfikacji uzyskane przy wykorzystaniu metod nadzorowanych są niezależne od struktury i pochodzenia zbioru danych. Koncepcja obiektywnej sformalizowanej klasyfikacji roślinności powinna ujmować różne poziomy hierarchicznego, abstrakcyjnego systemu klasyfikacji rozumianej w tradycyjnym podejściu zaproponowanym przez Braun-Blanquet'a.

Doktorant przeprowadził badania terenowe w kompleksie łąk trzęślicowych na Dolnym Śląsku na obszarze Natura 2000 „Zagórzyckie Łąki”. Wykonał spisy gatunków roślin wraz ich ilościowym pokryciem (295 zdjęć fitosocjologicznych na powierzchni 25 m²). Z każdej powierzchni badawczej pobrano także próby glebowe do analiz fizyko-chemicznych. Dane zebrano z dwóch typów łąk: koszonych ekstensywnie (średnio raz na 2 lata) oraz nieużytkowanych ok. 10 lat z wyraźnymi zmianami sukcesyjnymi.

Drugim bardzo ciekawym wątkiem rozprawy mgr Grzegorza Swacha są zagadnienia związane z wpływem sposobu zbierania danych na wyniki i ich interpretację, a w szczególności na ocenę różnorodności gatunkowej roślinności łąkowej oraz zależności pomiędzy roślinnością a warunkami środowiskowymi, jak również zależności wpływu sposobu poboru prób na klasyfikację roślinności.

Doktorant bardzo słusznie zidentyfikował, że najbardziej subiektywną częścią badań nad roślinnością jest wybór lokalizacji powierzchni do badań fitosocjologicznych. Kryteria wyboru płatu roślinności, który ma być badany, są niewystarczająco i niezadowolająco wyjaśnione. Ten element metody, subiektywny wybór miejsc pobierania próbek, jest jednym z najbardziej krytykowanych aspektów metody Braun-Blanquet'a. Podejście takie, zdaniem wielu badaczy, narusza statystyczne założenia losowości i niezależności badań. Fakt ten uniemożliwia lub znacznie ogranicza możliwość wnioskowania statystycznego. W wyjątkowych sytuacjach, takich jak niektóre zbiorowiska roślinne bardzo bogate w gatunki lub zbiorowiska, w których obecne są gatunki wskaźnikowe, wybór badanych płatów dokonany w nie losowy sposób ma uzasadnienie ze względu na cel badań. Istnieje również zgoda co do tego, że dane o roślinności mogą być zbierane w sposób nie losowy, jeśli mają być stosowane do testowania hipotez ekologicznych, jednak wówczas muszą być zastosowane odpowiednie narzędzia statystyczne do analiz, a wyniki należy interpretować z odpowiednią ostrożnością.

Doktorant podejmując to kluczowe zagadnienie w badaniach nad roślinnością, porównał trzy sposoby zbioru danych, tj. preferencyjny, losowy i systematyczny, w obrębie pojedynczego i dobrze zdefiniowanego typu roślinności. O dokładnym zaplanowaniu rozprawy doktorskiej świadczy fakt, że zastosowanie wcześniej przygotowanej definicji/charakterystyki związku Molinion było podstawą dla poprawnej identyfikacji syntaksonomicznej danych o roślinności zebranych w terenie. Uzyskane przez Doktoranta wyniki potwierdzają znane już ograniczenia dotyczące wykorzystywania prób nieprobabilistycznych (preferencyjnych) do oceny wzorców różnorodności gatunkowej. Ograniczenia dotyczące wykorzystywania prób nieprobabilistycznych, subiektywnie zebranych danych, były udowadniane w związku z przeprowadzeniem badań w szerszych gradientach środowiskowych obejmujących różne typy roślinności. Doktorant wykazał, że średnie bogactwo gatunkowe (różnorodność alfa) było istotnie wyższe w próbach preferencyjnych niż w próbach losowych i systematycznych. Bardzo ważne dla dalszego rozwoju badań nad roślinnością, jest udokumentowany przez Doktoranta fakt, że interpretacja zależności pomiędzy kompozycją gatunkową, a właściwościami fizyko-chemicznymi gleb, w małych skalach i w płatach roślinności zbiorowisk relatywnie homogenicznych, jest uwarunkowana sposobem zbioru danych terenowych.

Dane dotyczące właściwości fizyko-chemicznych gleb, badanych płatów roślinności, gromadzone w sposób preferencyjny, losowy i systematyczny nie różniły się. Zasadnicze

różnice stwierdzono dla relacji pH i potasu oraz kompozycji gatunkowej badanych zbiorowisk roślinnych, pomiędzy subiektywnym (preferencyjnym) sposobem zbioru danych, a dwoma obiektywnymi technikami/metodami (losową i systematyczną). W subiektywnym sposobie wyboru płatów roślinności do badań w mniejszym stopniu uwzględniane są te, w których udział gatunków identyfikujących dany typ siedliska jest znikomy ilościowo i jakościowo. Nie wystarczająco reprezentowane są także płaty, o zaburzonej kompozycji gatunkowej, np. wskutek inwazji gatunków obcych. W efekcie próbkowania preferencyjnego, najczęściej zawęża się rzeczywistą heterogeniczność zbiorowisk roślinnych badanego terenu. Doktorant bardzo słusznie zwrócił również uwagę na fakt, że próby probabilistyczne reprezentują szerszy zakres zmienności danego typu roślinności w małych skalach przestrzennych.

W bazach danych dotyczących roślinności znajduje się wiele preferencyjnie, subiektywnie gromadzonych danych. Jak doktorant trafnie wskazał badacze używają danych fitosocjologicznych do różnych celów, na przykład do badania czynników warunkujących różnorodność gatunkową, w celu: i.) oszacowania poziomów inwazji w różnych typach siedlisk, ii.) modelowania rozkładu, jak i składu zbiorowisk roślinnych, iii.) do oceny potencjalnych skutków zmian klimatu. Subiektywnie, preferencyjnie gromadzone dane mogą być właściwym materiałem do badania szerszego zakresu zmienności roślinności, szczególnie w badaniach na dużą skalę. Doktorant trafnie powołuje się na jedną z prac wybitnego węgierskiego badacza Botta-Dukát i in z roku 2007 wskazując, że tego typu pobieranie próbek, pozwala na zdefiniowanie populacji statystycznych za pomocą konwencjonalnych kryteriów formalnych. Uzyskanie prawdziwie losowej próbki nieskończonej populacji jest trudne, ponieważ wiąże się to częściowo ze stopniem zaburzenia roślinności (przekształcenia siedliska), jak i z fenologią i częściowo również typem roślinności.

W oparciu o wyniki badań dotyczące schematów zbioru danych, do analiz wykorzystano jedynie próby probabilistyczne. Celem tej części pracy było poznanie wpływu czynników fizyko-chemicznych parametrów gleb i sposobu użytkowania (łąki użytkowane kośnie oraz nieużytkowane ok. 10 lat) na wzorce różnorodności i kompozycji gatunkowej zbiorowisk łąkowych, a także określenie wpływu zarzucenia gospodarki kośnej na różnorodność i kompozycję gatunkową oraz warunki edaficzne. Wykorzystana analiza dzielenia wariancji wykazała, że wpływ warunków edaficznych na kompozycję gatunkową jest ponad czterokrotnie wyższy niż wpływ użytkowania terenu (łąki koszone/niekoszone). Jednocześnie wykazano, że zarzucenie gospodarki kośnej na okres ok. 10 lat prowadzi do obniżenia bogactwa i różnorodności gatunkowej oraz sprzyja procesom ekspansji gatunków inwazyjnych, drzew i krzewów. Stwierdzono także zmiany warunków edaficznych w efekcie sukcesji wtórnej na nieużytkowanych powierzchniach łąkowych. Wykazano, że gleba łąk niekoszonych charakteryzowała się mniejszą zawartością materii organicznej, azotu, potasu, wapnia i magnezu, a jednocześnie niższą wilgotnością.

W badaniach eksperymentalnych, w tym w badaniach ekologicznych, celu zachowania zgodności z zasadami teorii prawdopodobieństwa, preferowane, a czasami bezwzględnie wymagane są obiektywne metody doboru próby. W ostatnich latach opracowano wiele obiektywnych metod doboru próby, które z powodzeniem zastosowano w badaniach ekologicznych, ale również w projektowaniu metod wyboru płatów w badaniach fitosocjologicznych. Najczęściej wykorzystywanymi, jak słusznie zauważa Doktorant, są metody losowego i systematycznego pobierania próbek, choć pamiętać należy o ich wadach (niedostateczna reprezentacja (underestimation) rzadkich typów roślin, autokorelacja). Od dawna trwa debata na temat właściwego sposobu odpowiedniej metody pobierania próbek, jak słusznie zauważa Doktorant. Nie podjęto dotychczas wielu prób by testować różne metody ich pobierania, w przypadku gdy celem badań byłaby ocena wzorców składu gatunkowego i relacji środowisko-roślinność w ramach jednego rodzaju roślinności wyznaczonego przez kryteria formalne oparte na regułach fitosocjologicznych.

Sposób badania, wykorzystane metody muszą być dostosowane do specyfiki roślinności, która, jest głównym czynnikiem warunkującym typ ekosystemu. Funkcjonowanie ekosystemów i skład gatunkowy roślinności określanej jako użytki zielone, zależy od szeregu czynników środowiskowych, jak również od sposobów użytkowania, w tym od sposobu koszenia lub wypasu, a także innych praktyk rolniczych stosowanych z różną intensywnością (np. stosowanie nawozów organicznych lub mineralnych, a także mulczowanie, wprowadzanie, podsiewanie pożądanych ekonomicznie gatunków oraz orka). Gdy praktyki rolnicze nie są stosowane lub są ograniczone do koszenia lub wypasu, wówczas skład gatunkowy roślinności jest w większości zdeterminowany przez unikalną kombinację lokalnych czynników środowiskowych. Wpływ czynników biotycznych i abiotycznych na skład gatunkowy roślinności i bogactwo gatunkowe jest często badany w szerokim zakresie gradientów środowiskowych, w których występują różne typy użytków zielonych (łąk i muraw). Wiedza na temat tego, co jest ważniejsze dla składu gatunkowego w jednym, dobrze zdefiniowanym typie roślinności na małą skalę jest ograniczona. Względny wpływ sposobu zarządzania i warunków glebowych na różne typy użytków zielonych nie został poznany w sposób zadowalający. Doktorant podjął się uzupełnienia części braków w naszej wiedzy.

Intensyfikacja działań związanych z zarządzaniem łąk w Europie, jest obecnie głównym zagrożeniem dla ich różnorodności biologicznej z jednej strony, natomiast z drugiej strony zagrożeniem dla ich różnorodności biologicznej jest zaprzestanie działalności rolniczej, czyli zaprzestanie koszenia lub wypasu. Skład gatunkowy roślinności łąk i muraw jest bardzo wrażliwy na zmiany w sposobie zarządzania/użytkowania, takie jak rodzaj i intensywność działalności rolniczej. Zmiana w sposobie zarządzania wpływa na bogactwo gatunkowe i wzorce składu gatunkowego roślinności. Wykazano, że ekstensywne (o niskiej intensywności) koszenie lub wypas sprzyja wysokiej różnorodności składu gatunkowego roślin, podczas gdy intensywne rolnictwo przynosi odwrotny skutek. Zaniechanie wypasu na murawach jest jednym z głównych problemów, jakie zagrażają zbiorowiskom półnaturalnym, takim jak łąki i murawy. Mniej produktywne i bardziej odległe obszary trawiaste są szczególnie narażone na porzucenie. Zaprzestanie działalności rolniczej powoduje sukcesję wtórną, prowadzącą do zmian w składzie roślinności i strukturze zbiorowisk roślinnych.

Spadek różnorodności gatunkowej roślinności jest zwykle pierwszą oznaką degeneracji zbiorowisk roślinnych w wyniku stopniowych zmian w interakcjach roślina-roślina. W późniejszych etapach sukcesji początkowy skład zbiorowisk roślinnych może zostać całkowicie utracony i zastąpiony przez inne zbiorowisko roślinne, jak wskazywała Falińska (2014). Kierunek zmian w zbiorowisku roślinnym podczas sukcesji wtórnej roślinności antropogenicznej takiej jak łąki i murawy, zależy od początkowego i wcześniejszego użytkowania gruntów, dostępności składników odżywczych, warunków świetlnych, warunków glebowych i wodnych oraz składu roślinnego, jak również dostępności gatunków w sąsiednich siedliskach.

Zakres zmian w składzie gatunkowym w zbiorowiskach roślinnych zależy także od procesów stochastycznych. Ze względu na dużą złożoność procesów sukcesyjnych pożądane są badania różnych aspektów funkcjonowania roślinności. Większość badań nad zmianami w przebiegu sukcesji wtórnej na obszarach porośniętych przez zbiorowiska trawiaste koncentruje się na różnorodności gatunkowej, strukturze roślinnej i składzie gatunkowym. Mniej uwagi poświęcono zmianom warunków edaficznych po zaprzestaniu użytkowania rolniczego. Ta luka w wiedzy powinna być wypełniona na podstawie danych pozyskanych z dobrze zdefiniowanych typów roślinności.

Fakt, że kluczowe części recenzowanej pracy doktorskiej przeszły już szczegółowe recenzje sprawia, że można pominąć najmniej interesującą i w mojej ocenie najmniej istotną część edycyjną. Nawet jeśli istnieją, to niewielkie niedoskonałości edytorskie nie mają wpływu na merytoryczną część pracy.

Jedyną wskazówkę jak można przekazać Autorowi, to rozszerzenie w przyszłych badaniach spektrum analiz o parametry biotyczne gleby i plastyczności osobników. Twórca pojęcia fitosocjologia Józef Paczoski już w 1925 w „Szkicach fitosocjologicznych” mówił, że nauka o roślinności w przyszłości zostanie zastąpiona przez biocenologię, a badanie zbiorowisk roślinnych i gatunków roślin będą wzbogacone danymi o innych komponentach środowiska i bez wątpienia wkroczą na poziom osobników i uwzględniać będą m.in. ich morfologię i fizjologię. W przypadku zbiorowisk roślinnych, których stan i kondycja zależne są od działalności człowieka wyniki mogą być bardzo ciekawe.

Za największe osiągnięcie Autorka uważam: i). wykazanie, że utworzenie hierarchicznego sformalizowanego systemu klasyfikacyjnego jest możliwe dla zróżnicowanych typów roślinności takich jakimi są łąki trzęślicowe; ii). przedstawienie klasyfikacji w pełni zgodnej z koncepcją hierarchicznego systemu syntaksonomicznego (zespoły zawierają się w związkach); iii). wykazanie, że średnie bogactwo gatunkowe (różnorodność alfa) było istotnie wyższe w próbach preferencyjnych niż próbach losowych i systematycznych; iv). ukazanie, że interpretacja zależności pomiędzy kompozycją gatunkową, a właściwościami fizyko-chemicznymi gleb, zależy od sposobu zbioru danych terenowych; v). wykazanie, że gleba łąk niekoszonych charakteryzowała się mniejszą zawartością materii organicznej, azotu, potasu, wapnia i magnezu, a także niższą wilgotnością.

Konkluzja

Rozprawa doktorska **Pana Magistra Grzegorza Swacha** jest dojrzałym opracowaniem naukowym opartym o wieloaspektowe badania terenowe, z wykorzystaniem najnowszych metod analizy i wizualizacji danych. Ta samodzielnie wykonana i przygotowana praca ma wiele do zaoferowania pod względem poznawczym i praktycznym. Zebrany materiał i jego krytyczne omówienie dowodzi biegłej umiejętności doktoranta w stosowaniu różnorodnych metod badawczych w terenie oraz metod statystycznych i numerycznych. Autor wykazał się wiedzą merytoryczną przy sformułowaniu celów oraz dobrą znajomością literatury fachowej. Zebrano wartościowy bogaty materiał dokumentacyjny oraz merytoryczny.

Praca doktorska **Pana Magistra Grzegorza Swacha** spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z Ustawą z 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. Ust. 2003, 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami).

Mając na względzie moją wysoką ocenę przedkładam Radzie Wydziału Biologii Uniwersytetu Wrocławskiego wniosek o dopuszczenie Pana Mgr Grzegorza Swacha do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Składam także wniosek o wyróżnienie pracy stosowną nagrodą.

Katowice, 20 lutego 2019

Gabriela Horzinał