

### **Załącznik 3**

do wniosku Ewy Stefańskiej-Krzaczek z dnia 27.09.2023  
o przeprowadzenie postępowania  
w sprawie nadania stopnia  
doktora habilitowanego

### **Autoreferat**

### **1. Imię i nazwisko.**

Ewa Agata Stefańska-Krzaczek

### **2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.**

2000: licencjat biologii, dyplom ukończenia 3-letnich zawodowych studiów na kierunku biologia w zakresie botaniki; praca licencjacka przygotowana na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Wrocławskiego pod kierunkiem prof. dr hab. Jadwigi Anioł-Kwiatkowskiej „Udział roślin leczniczych w dendroflorze rodzimej”.

2002: magister biologii, dyplom ukończenia 2-letnich magisterskich studiów na kierunku biologia w zakresie botaniki; praca magisterska przygotowana na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Wrocławskiego pod kierunkiem dr. Zygmunta Kąckiego „Struktura i funkcjonowanie polan śródleśnych po zaprzestaniu użytkowania”.

2008: doktor nauk biologicznych w dyscyplinie biologii; praca doktorska przygotowana na Wydziale Nauk Biologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego pod kierunkiem prof. dr. hab. Wiesława Fałtynowicza „Stan i tendencje dynamiczne zbiorowisk borowych Borów Dolnośląskich”.

### **3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.**

2007-2008: asystent w Zakładzie Bioróżnorodności i Ochrony Szaty Roślinnej Instytutu Biologii Środowiskowej, Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Wrocławski.

2008-2016: adiunkt w Zakładzie Bioróżnorodności i Ochrony Szaty Roślinnej (od 2013 r. Zakład Botaniki) Instytutu Biologii Środowiskowej, Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Wrocławski.

2016-2017: adiunkt w Zakładzie Ekologii Roślinności Instytutu Biologii Środowiskowej, Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Wrocławski.

2017- do chwili obecnej: adiunkt w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Wrocławskiego, kierownik Pracowni Ekologii Roślinności.

Przerwa w pracy naukowej:

27.04.2009-05.03.2010 – urlop macierzyński i rodzicielski w związku z urodzeniem syna Antoniego.

### **4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).**

Punkty Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) lub Ministerstwa Edukacji i Nauki (MEiN) podano zgodnie z bazą POLON. Impact Factor (IF) z roku publikacji podano zgodnie z bazą <https://www.bioxbio.com/>, Impact Factor pięcioletni (IF<sub>5-letni</sub>) zgodnie z bazą Web of Science. Liczbę cytowań podano zgodnie z bazą Web of Science (WoS) i Google Scholar (GS).

#### 4.1. Osiągnięcie naukowe nr 1

### DYNAMIKA I RÓŻNORODNOŚĆ GATUNKOWA GOSPODARCZYCH BORÓW SOSNOWYCH EUROPY ŚRODKOWEJ

#### 4.1.1. Wykaz publikacji stanowiących cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2b ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce

**(1A.1) Stefańska-Krzaczek E.,** Szymura T. 2015. Species diversity of forest floor vegetation in age gradient of managed Scots pine stands. *Baltic Forestry* 21(2): 233-243.

Punkty MNiSW<sub>2015</sub>=15, punkty MEiN<sub>2023</sub>=70, IF<sub>2015</sub>=0,530, IF<sub>5-letni</sub>=1, liczba cytowań wg WoS=6, liczba cytowań wg GS=6

*Mój wkład w powstanie artykułu to: samodzielny zbiór danych w terenie, wykonanie bazy danych terenowych, opracowanie koncepcji artykułu, postawienie pytań badawczych, kwerenda i zebranie literatury, obliczenia wskaźników różnorodności gatunkowej i wykonanie testów istotności statystycznej, wykonanie analizy variation partitioning, napisanie tekstu artykułu, ponowne wykonanie analiz i nowe analizy zgodnie z uwagami recenzentów, poprawienie tekstu po recenzji, funkcja autora korespondencyjnego.*

**(1A.2) Stefańska-Krzaczek E.,** Staniaszek-Kik M., Fałtynowicz W. 2016. Positive aspects of clear-cut logging? Ground bryophyte diversity along the age gradient of managed *Pinus sylvestris* stands. *Cryptogamie, Bryologie* 37 (2): 181-197.

DOI: <https://doi.org/10.7872/cryb/v37.iss2.2016.181>

Punkty MNiSW<sub>2016</sub>=20, punkty MEiN<sub>2023</sub>=40, IF<sub>2016</sub>=1,062, IF<sub>5-letni</sub>=0,7, liczba cytowań wg WoS=4, liczba cytowań wg GS=5

*Mój wkład w powstanie artykułu to: zbiór danych w terenie, wykonanie bazy danych terenowych, opracowanie koncepcji artykułu, postawienie pytań badawczych, kwerenda i zebranie literatury, wykonanie wszystkich analiz statystycznych, przygotowanie tekstu artykułu, poprawa analiz i tekstu po recenzji, funkcja autora korespondencyjnego.*

**(1A.3) Stefańska-Krzaczek E.,** Fałtynowicz W., Szypuła B., Kącki Z. 2018. Diversity loss of lichen pine forests in Poland. *European Journal of Forest Research*, 137(4), 419-431.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-018-1113-4>

Punkty MNiSW<sub>2018</sub>=40, punkty MEiN<sub>2023</sub>=100, IF<sub>2018</sub>=2,354, IF<sub>5-letni</sub>=2,8, liczba cytowań wg WoS=12, liczba cytowań wg GS=14

*Mój wkład w powstanie artykułu to: zbiór danych w terenie, wykonanie bazy danych terenowych, opracowanie koncepcji artykułu, postawienie pytań badawczych, kwerenda i zebranie literatury, współpraca w opracowaniu metody identyfikacji borów chrobotkowych w Polish Vegetation Database, wykonanie wszystkich analiz statystycznych dla danych lokalnych i regionalnych, przygotowanie tekstu artykułu, poprawa analiz i tekstu po recenzji, funkcja autora korespondencyjnego.*

**(1A.4) Stefańska-Krzaczek E.,** Staniaszek-Kik M., Szczepańska K., Szymura T.H. 2019. Species diversity patterns in managed Scots pine stands in ancient forest sites. *PLOS ONE* 14(7): e0219620.

DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219620>

Punkty MNiSW<sub>2019</sub>=100, punkty MEiN<sub>2023</sub>=140, IF<sub>2019</sub>=2,740, IF<sub>5-letni</sub>=3,8, liczba cytowań wg WoS=7, liczba cytowań wg GS=12

*Mój wkład w powstanie artykułu to: zbiór danych w terenie, wykonanie bazy danych terenowych, opracowanie koncepcji artykułu, postawienie pytań badawczych, kwerenda i zebranie literatury, wykonanie obliczeń i analiz statystycznych, przygotowanie tekstu artykułu, poprawa analiz i tekstu po recenzji, funkcja autora korespondencyjnego.*

**(1A.5) Stefańska-Krzaczek E.,** Swacha G., Żarnowiec J., Raduła M. W., Kaćki Z., Staniaszek-Kik, M. 2022. Central European forest floor bryophytes: Richness, species composition, coexistence and diagnostic significance across environmental gradients of forest habitats. *Ecological Indicators*, 139, 108954.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108954>

Punkty MEiN<sub>2022</sub>=140, punkty MEiN<sub>2023</sub>=200, IF<sub>2022</sub>=6,9, IF<sub>5-letni</sub>=6,6, liczba cytowań wg WoS=4, liczba cytowań wg GS=6

*Mój wkład w powstanie artykułu to: opracowanie koncepcji artykułu, postawienie pytań badawczych, kwerenda i zebranie literatury, obliczenie bogactwa gatunkowego i pokrycia mszaków w typach lasów, wyznaczenie zmiennych środowiskowych do analiz, przygotowanie bazy z cechami gatunków mszaków, wykonanie analiz ordynacyjnych, wyznaczenie grup współwystępujących gatunków mszaków i analizy numeryczne dotyczące tych grup, przygotowanie map rozmieszczenia grup w Polsce, przygotowanie tekstu artykułu, poprawa analiz i tekstu po recenzji, funkcja autora korespondencyjnego.*

Suma Impact Factor czasopism z lat publikacji: **13,586**

Suma 5-letniego Impact Factor czasopism: **14,9**

Suma liczby punktów MNiSW i MEiN czasopism z lat publikacji: **315**

Suma liczby punktów MEiN czasopism w roku 2023: **550**

Liczba cytowań wszystkich publikacji osiągnięcia nr 1 według bazy Web of Science: **33**

Liczba cytowań wszystkich publikacji osiągnięcia nr 1 według bazy Google Scholar: **43**

#### **4.1.2. Omówienie celów i wyników osiągnięcia nr 1 oraz jego wkładu w rozwój dyscypliny**

##### Wprowadzenie i cele badań

Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* jest jednym z najważniejszych gatunków gospodarczych w Europie, więc jego dystrybucja obejmuje różne siedliska, niezależnie od czynników naturalnych (Houston Durrant et al., 2016; Mason & Alía, 2000). Niektóre lasy z udziałem sosny to zbiorowiska zastępcze dla lasów liściastych, wymagające przebudowy lub regenerujące się spontanicznie (Coote et al., 2012; Czerepko, 2004; Zerbe, 2002). Jednak ze względu na to, że większa część Europy objęta jest naturalnym zasięgiem sosny zwyczajnej, bory sosnowe są właściwym elementem szaty roślinnej na siedliskach, które nie są preferowane przez drzewa liściaste (Leuschner & Ellenberg, 2017). Występowaniu borów sosnowych w Europie sprzyjają także warunki glebowe determinowane przebiegiem europejskiego pasa piaszczystego (*ang. European sand belt*) (Zeeberg, 1998). W pokrywie roślinnej Europy Środkowej powinny przeważać lasy liściaste, jednak większość lasów siedlisk żyznych została wycięta i zamieniona na użytki rolne lub zielone, dlatego z dawnych rozległych kompleksów leśnych pozostały najczęściej bory sosnowe tworzące asocjacje zaliczane do związku *Dicrano-Pinion* (Leuschner & Ellenberg, 2017; Matuszkiewicz, 2001).

Powszechne w Polsce zbiorowiska borów sosnowych są intensywnie użytkowane gospodarczo. Cykl życia gospodarczego drzewostanu sosnowego jest stosunkowo krótki, ponieważ wiek rębności sosny wynosi przeważnie 80-120 lat, zależnie od warunków glebowych i geograficznych. Praktyka hodowli drzewostanów sosnowych jest bardzo dobrze ugruntowana (Puchniarski, 2008). Podstawowym typem rębni na świeżych siedliskach borowych jest rębnia zupełna. Po wycięciu drzewostanu zrąb jest oczyszczany z pniaków i resztek pozrębowych, a następnie wykonywana jest orka. Przez cały cykl wzrostu i rozwoju drzewostanu wykonuje się cięcia pielęgnacyjne. W drzewostanach w wieku do 20 lat przeprowadza się czyszczenia, które charakteryzuje to, że usunięte przez cięcia drzewa pozostawiane są w dnie lasu do rozkładu. W drzewostanach starszych niż 20 lat i aż do wieku rębności prowadzi się trzebieże. Ubocznym efektem trzebieży jest pozyskanie drewna, więc w dnie lasu pozostają jedynie gałęzie i pniaki po ściętych drzewach. Regularne zabiegi gospodarcze wpływają na strukturę drzewostanu, regulują jego skład i zwarcie, a to z kolei wpływa na kształtowanie się składu gatunkowego niższych warstw lasu (Ares et al., 2010; Augusto et al., 2003; Aussenac, 2000). Różni badacze wykazywali istotny wpływ zabiegów gospodarczych na dynamikę i różnorodność gatunkową lasów (Czerepko et al., 2021; Karazija, 2003; Moola & Vasseur, 2004; Tonteri et al., 2016; Uotila et al., 2005). Jednak, procesy przebiegające w zbiorowiskach roślinnych od fazy uprawy do fazy starodrzewu w środkowoeuropejskich borach sosnowych, szczególnie z uwzględnieniem zarówno roślin naczyniowych, jak i mszaków i porostów, nie są wciąż dobrze poznane.

Funkcje „gorących” punktów bioróżnorodności (*ang. biodiversity hotspots*) pełnią w Europie Środkowej przede wszystkim lasy liściaste (Flensted et al., 2016; Schmidt et al., 2014), ponieważ ubogie siedliska preferuje ograniczona pula gatunków (Cornwell & Grubb, 2003). Bory sosnowe uważane są zatem za lasy o nieznacznym bogactwie gatunkowym w porównaniu z lasami liściastymi (Matuszkiewicz, 2001). Siedliska ubogie są jednak miejscem występowania specyficznej flory, która reprezentuje ważną część zasobów lasów europejskich. Wskutek eutrofizacji i zmian klimatycznych w ostatnich latach obserwuje się zmiany w strukturze zbiorowisk leśnych (Diekmann et al., 2023; Keith et al., 2009; Naaf & Wulf, 2010), a szczególnie narażone na zanikanie są lasy najuboższe, w tym bory sosnowe z udziałem naziemnych porostów (Reinecke et al., 2014; Zaniewski et al., 2016). Bardzo ważne jest monitorowanie tego zjawiska, poszukiwanie bezpośrednich przyczyn zmian i opracowywanie metod ochrony lub nawet odtwarzania borów z udziałem porostów (Węgrzyn et al., 2020, 2021).

Gospodarcze bory sosnowe często traktuje się jak monokultury o niewielkiej roli przyrodniczej. Są to jednak układy budowane przez grupy rodzimych gatunków, których właściwości ekologiczne i wzajemne relacje nie były szczegółowo analizowane. Bory sosnowe zajmujące właściwe sobie siedliska mają pulę gatunków odróżniającą od drzewostanów wtórnych (Kowalska et al., 2017; Matuszkiewicz et al., 2013), ale jednocześnie działania gospodarcze mogą ograniczać dostępność podłoża i mikrosiedlisk (Paillet et al., 2010) i promować gatunki nieleśne (Marozas et al., 2005; Widenfalk & Weslien, 2009). Gospodarcze bory sosnowe cechuje także swoisty układ przestrzenny składający się z kolejnych klas wieku drzewostanu, które różnią się strukturą i intensywnością użytkowania (Stefańska-Krzaczek, 2011; Tonteri et al., 2016). To może powodować, że nie ma w nich warunków dla rozwoju wrażliwych gatunków leśnych, nawet jeśli zachowana jest ciągłość siedlisk (Kolb & Diekmann, 2004; Nordén et al., 2014).

Problematyka związana z borami sosnowymi skłoniła mnie do podjęcia badań nad tymi zbiorowiskami. Postawione cele były następujące:

1. Ocena zmian różnorodności gatunkowej i składu gatunkowego w trakcie wzrostu i rozwoju drzewostanu sosnowego podlegającego intensywnym zabiegom gospodarczym.

2. Wyróżnienie gatunków wskaźnikowych dla faz wzrostu i rozwoju drzewostanów sosnowych.
3. Rozpoznanie przemian kierunkowych borów sosnowych oraz ocena możliwości zachowania cennych przyrodniczo zbiorowisk w zasobach leśnych Polski.
4. Wyróżnienie gatunków wskaźnikowych borów sosnowych w skali całej Polski oraz grup gatunków współwystępujących preferujących bory sosnowe.
5. Ocena cech gatunków budujących zbiorowiska borów sosnowych, ich form wzrostu, strategii życiowych i wymagań siedliskowych.

Realizacja postawionych celów wymagała przede wszystkim uwzględnienia, w badaniach terenowych i analizach, organizmów zarodnikowych – porostów i mszaków. Mimo, że pula gatunków siedlisk borowych jest dobrze poznana, podobnie jak roślinność tych siedlisk, prowadzone przeze mnie badania wniosły do nauki nową wiedzę na temat dynamicznego ujęcia zbiorowisk roślinnych intensywnie użytkowanych drzewostanów sosnowych.

### Wyniki osiągnięcia i ich wkład w rozwój dyscypliny

Badania gospodarczych borów sosnowych rozpoczęłam od analizy fitosocjologicznej zbiorowisk drzewostanów sosnowych w kolejnych klasach wieku. Prowadziłam badania na siedliskach boru świeżego (Bśw) i boru mieszanego świeżego (BMśw) w Borach Dolnośląskich, w Nadleśnictwie Bolesławiec (Stefańska-Krzaczek, 2011). Gatunki porostów i mszaków, głównie mchów, okazały się kluczowe dla rozróżnienia zbiorowisk roślinnych. Stwierdziłam, że zidentyfikowane zbiorowiska różnicują się ze względu na typy siedliskowe lasu oraz fazy rozwojowe drzewostanów. Zbiorowiska odmiennych siedlisk charakteryzowały się odmienną kompozycją gatunkową, a między zbiorowiskami faz rozwojowych drzewostanów wykazano głównie różnice ilościowe.

Kolejne badania poświęciłam ocenie tendencji dynamicznych w zbiorowiskach roślinnych kolejnych klas wieku drzewostanów sosnowych, niezależnie od klasyfikacji fitosocjologicznej. W pierwszej kolejności skupiłam się na zmianach różnorodności gatunkowej w gradiencie wieku drzewostanów sosnowych na siedliskach oligotroficznych w typie boru świeżego (Bśw, zgodnie z klasyfikacją siedlisk leśnych) (Stefańska-Krzaczek, 2012). Moje badania wykazały, że na ubogich siedliskach borowych w serii sukcesyjnej reprezentującej 120 lat rozwoju zbiorowiska leśnego wyróżnić można następujące fazy sukcesji: I – drzewostany przed zwarcie koron (do 10 lat), II – młode zwarte drzewostany w wieku 11-40 lat oraz III – zwarte drzewostany w wieku powyżej 40 lat. Pierwsza faza sukcesji wyróżniała się najwyższym bogactwem gatunkowym roślin naczyniowych i pokryciem porostów. Związane z nią były gatunki światłolubne, ale regenerowały się także gatunki lasów z klasy *Vaccinio-Piceetea*. Faza druga miała charakter przejściowy. Zwarcie koron sprzyjało pokrywie mszystej i ograniczało gatunki światłolubne. Faza trzecia cechowała się najniższym bogactwem gatunkowym i najwyższym pokryciem mszaków. Do ostatniej fazy sukcesji zaliczono drzewostany stosunkowo młode, bo nieco ponad 40-letnie, co wynikało z braku różnic w kompozycji gatunkowej między nimi a najstarszymi drzewostanami (81-120 lat).

Ze względu na niskie bogactwo gatunkowe na siedliskach oligotroficznych, przeprowadziłam analizy dla borów na żyzniejszych siedliskach. Wykonałam badania zmian różnorodności gatunkowej na mezotroficznych siedliskach borowych w typie boru mieszanego świeżego (BMśw) (1A.1:Stefańska-Krzaczek & Szymura, 2015). Dokonałam analizy zmiany wskaźników różnorodności i składu gatunkowego w gradiencie wieku drzewostanów oraz pokrycia koron drzew. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdziłam, że na siedliskach mezotroficznych szybciej niż na siedliskach oligotroficznych następuje zwieranie się koron drzew i wycofywanie gatunków światłolubnych kolonizujących powierzchnie zrębowe. Zbiorowiska z najstarszymi drzewostanami cechowało najniższe bogactwo gatunkowe, a

najmłodsze drzewostany (uprawy leśne) wyróżniała większa liczba gatunków roślin naczyniowych i porostów. Zbiorowiska z najstarszymi drzewostanami charakteryzowały się dużym pokryciem mszaków, lecz mniejszym w porównaniu z siedliskami oligotroficznymi. Wyższe z kolei na siedliskach mezotroficznymi było pokrycie roślin naczyniowych, co można powiązać z lepszymi warunkami troficznymi siedlisk boru mieszanego świeżego w porównaniu z borem świeżym. Badania dynamiki zbiorowisk na siedliskach mezotroficznymi poszerzyłam o analizę zmian ilościowości poszczególnych gatunków. Wykazano, że wraz z wiekiem znacząco rośnie pokrycie tylko dwóch gatunków – *Pleurozium schreberi* oraz *Vaccinium myrtillus*. Wykorzystanie analiz ordynacyjnych potwierdziło, że skład gatunkowy zbiorowisk z najmłodszyimi drzewostanami jest wyraźnie odrębny od pozostałych klas wieku drzewostanów, co wynika z udziału gatunków światłolubnych zasiedlających odsłoniętą powierzchnię zrębową. Z badań wynioskowano, że choć siedlisko boru mieszanego świeżego jest zasobniejsze w składniki pokarmowe i lepiej uwilgotnione niż boru świeżego, to zbiorowiska najstarszych drzewostanów (81-120 lat) nie charakteryzowały się wyraźną odrębnością florystyczną w porównaniu z młodszymi, ale już zwartymi drzewostanami (41-80 lat). Zbiorowiska z drzewostanami o zwartych koronach (20-120 lat) były zbliżone pod względem składu gatunkowego, choć nie tworzyły w przestrzeni ordynacyjnej tak zwartej grupy, jak uprawy, za co odpowiadały różnice w pokryciu/zwarcie koron drzew.

Moje badania pokazują, że gospodarze zbiorowiska borów sosnowych kształtują się dość szybko po zwarcie drzewostanu, ale budują je gatunki łatwo regenerujące się po cięciach rębnych. Cechą charakterystyczną zbiorowisk z najstarszymi drzewostanami jest niskie bogactwo gatunkowe i brak swoistych gatunków późnych faz sukcesji, bez względu na to, czy jest to siedlisko oligo- czy mezotroficzne. Zbiorowiska z najstarszymi drzewostanami mają swoje gatunki wierne, jednak nie są one ściśle związane z najstarszą klasą wieku gospodarczego drzewostanu sosnowego. Wynioskowałam, że działania gospodarze wspomagają i przyspieszają przemianę zbiorowisk, ponieważ zastępują naturalne powolne procesy (odnowienia, wydzielania się drzew, zamierania drzewostanu). Stwierdziłam, że usunięcie drzewostanu podczas cięć rębnych i zniszczenie runa w czasie przygotowania powierzchni pod uprawę oraz stosunkowo krótki cykl trwania drzewostanu mogą powodować, że wrażliwe gatunki nie mają szans zregenerować się i utrzymać w użytkowanym kompleksie borów sosnowych. Z drugiej jednak strony wyniki pokazują, że zręby zupełne nie powodują na ubogich siedliskach znacznej ekspansji gatunków nieleśnych, a raczej sprzyjają drobnym gatunkom zarodnikowym. Gatunki te zazwyczaj nie występują w zbiorowiskach starych drzewostanów sosnowych, ponieważ nie znajdują tam korzystnych warunków, a ponadto ustępują bardziej konkurencyjnym mchom i roślinom naczyniowym. W obliczu zmian klimatu i eutrofizacji siedlisk leśnych drobne gatunki zarodnikowe, zwłaszcza naziemne porosty, mogą przynajmniej na krótki czas znaleźć optymalne warunki rozwoju w uprawach leśnych. Brak wyspecjalizowanych gatunków związanych z najstarszymi drzewostanami sosnowymi na siedliskach mezotroficznymi wskazuje ponadto, że przebudowa litych drzewostanów sosnowych lub wzbogacenie ich w rodzime gatunki liściaste są zasadne. Zmiany w kierunku boru mieszanego lub ubogich lasów liściastych nie będą zagrożeniem dla flory borowej, a mogą przyczynić się do zwiększenia mozaikowości roślinności monokultur sosnowych.

Uzyskane wyniki skłoniły mnie do dalszych badań, które przeprowadziłam w Borach Tucholskich (Nadleśnictwo Przymuszewo), gdzie dominowały siedliska boru świeżego. Wstępne badania na tym terenie miały na celu rozpoznanie zbiorowisk roślinnych kolejnych klas wieku drzewostanów sosnowych (Stefańska-Krzaczek & Fałtynowicz, 2014). Stwierdziłam znaczące podobieństwo roślinności do fitocenoz siedlisk oligotroficznymi z Borów Dolnośląskich. Ze względu na rolę mszaków w różnych fazach rozwoju boru sosnowego – głównie znaczną, ale zmienną obfitość mchów kształtującą fizjonomię fitocenoz – podjęłam badania nad tą grupą organizmów w cyklu gospodarczym drzewostanu sosnowego. Projekt

obejmował analizę zmienności różnorodności gatunkowej, przywiązania gatunków do zbiorowisk borowych, form wzrostu i strategii życiowych oraz preferencji wobec światła i wilgotności podłoża (1A.2:Stefańska-Krzaczek et al., 2016). Stwierdziłam wzrost liczby gatunków mszaków po usunięciu drzewostanu i wzrost pokrycia mszaków w kolejnych klasach wieku drzewostanów, szczególnie gwałtowny po zwarciu się koron drzew. Oceeniłam, że beta różnorodność (wyrażona wskaźnikiem Whittakera) była najniższa dla zbiorowisk dojrzałych drzewostanów, co oznaczało, że są one bardzo jednorodne. Wartość wskaźnika rosła wraz z dołączaniem kolejnych klas wieku drzewostanów, co oznacza, że każda klasa wieku przyczynia się do zwiększenia różnorodności gatunkowej gospodarczego kompleksu leśnego. Zbiorowiska klas wieku (z wyjątkiem drzewostanów 61-80 lat) miały swoje gatunki wskaźnikowe, jednak najbardziej odrębne pod względem warstwy mszystej były zbiorowiska z drzewostanami najmłodszymi (współczynnik wierności phi dla gatunków był najwyższy). Warstwę mszystą badanych borów budowały przede wszystkim gatunki występujące zarówno w lasach jak i na terenach otwartych oraz gatunki występujące w lasach, ale preferujące tereny otwarte (kategorie wg Schmidt et al., 2011). W brioflorze we wszystkich klasach wieku stwierdziłam tylko dwa gatunki mszaków określane jako gatunki zamkniętych lasów („prawdziwe” gatunki leśne, *ang. true forest species*) – *Lophocolea heterophylla* i *Ptilium crista-castrensis*. Gatunki te preferowały zbiorowiska z drzewostanami w średnim wieku (20-40 lat). Powiązałam to ze znaczną ilością drobnego murszejącego drewna, które pozostaje po cięciach pielęgnacyjnych i wzbogaca podłoże, co sprzyja bardziej wymagającym gatunkom mszaków. Wyniki moich badań wskazują również, że na zrębie nie pojawiają się gatunki typowe dla siedlisk otwartych. Dominują gatunki światłolubne, ale takie, które są składnikami lasów zgodnie z kategoriami Schmidt et al. (2011). Badania pokazały także, że zmiana składu gatunkowego warstwy mszystej to efekt pojawiania się gatunków zgodnie z ich cechami – formą wzrostu, strategią życiową czy preferencjami względem światła i wilgotności. Po cięciach rębnych zwiększał się udział (liczbowy i pokrycie) gatunków tworzących darnie poduszkowate oraz udział kolonizatorów i gatunków odpornych na stres, a spadał udział gatunków o darniach płaskich i rozgałęzionych oraz gatunków trwałych. Na zrębie pojawiały się gatunki o wyższych wymaganiach względem światła i niższych wymaganiach względem wilgotności, a następnie, w trakcie wzrostu drzewostanu, ustępowały one mszakom preferującym zacienienie i większą wilgotność podłoża.

Aby poszerzyć wiedzę o zmianach różnorodności i składu gatunkowego w trakcie wzrostu drzewostanu sosnowego, dalsze badania przeprowadziłam z uwzględnieniem zbioru danych z następujących podłoży – gleby, murszejącego drewna oraz pni drzew. Uznałam, że skoro wśród gatunków naziemnych brak specyficznych wskaźników zbiorowisk z drzewostanami najstarszymi, to może rolę tę pełnią gatunki epifityczne lub epiksyliczne. Do badań wybrałam tereny Borów Stobrawskich i Nadleśnictwa Brzeg (1A.4:Stefańska-Krzaczek et al., 2019). Analiza danych historycznych pokazała, że wybrany do badań fragment Borów Stobrawskich leży w całości na siedliskach starych lasów (*ang. ancient forests*), czyli od połowy XVIII w. trwa na nich pokrywa leśna. Badania borów na siedliskach starych lasów były już prowadzone przez innych badaczy, jednak wyniki uzyskane w klasach wieku drzewostanów na siedliskach starych lasów były nowe dla nauki. Na siedliskach starych lasów w borach sosnowych pula wszystkich gatunków była stosunkowo niewielka (116 gatunków), mimo zbioru danych z różnych podłoży. Liczba gatunków w klasach wieku była podobna. Wraz z wiekiem drzewostanu rosła liczba epifitów, a malała liczba gatunków porostów naziemnych. Ponadto, w młodych drzewostanach, w których korony drzew były już zwarte (20-35 lat) najwyższa była liczba gatunków na murszejącym drewnie. Wraz z wiekiem stwierdzono zatem wymianę składu gatunkowego, choć liczba gatunków pozostawała na podobnym poziomie. Mimo uwzględnienia gatunków różnych podłoży analiza ordynacyjna wykazała zdecydowaną odrębność zbiorowisk najmłodszych drzewostanów i podobieństwo zbiorowisk wszystkich



pozostałych klas wiekowych. W przestrzeni ordynacyjnej drzewostany najstarsze (95-110 lat) nie stanowiły odrębnej grupy. W puli stwierdzonych gatunków największy udział miały taksony występujące zarówno w lasach, jak i na terenach otwartych (46%). Gatunki zamkniętych lasów stanowiły 18% puli gatunków. Było ich najmniej w zbiorowiskach z najmłodszymi drzewostanami, a ich liczba wzrastała w drzewostanach młodych o zwartych koronach (20-35 lat) i utrzymywała się na podobnym poziomie w każdej kolejnej klasie wieku drzewostanów. Wynikało to z zasiedlania przez gatunki zamkniętych lasów murszejącego drewna, którego w młodych drzewostanach jest najwięcej, ponieważ pozostaje ono po zabiegach pielęgnacyjnych. Gatunki starych lasów były na badanych powierzchniach sporadyczne i występowały losowo, nie zaobserwowano, aby współwystępowały ze sobą. Badania pokazały, że strukturę borów sosnowych tworzą przede wszystkim gatunki o szerokiej skali ekologicznej, które mogą zasiedlać dwa lub trzy rodzaje podłoża i tolerują zmianę warunków mikroklimatycznych. Intensywna gospodarka leśna, w tym regularne zręby, odnowienia i zabiegi pielęgnacyjne mogą obniżać bogactwo gatunkowe ze względu na ograniczanie występowania dużych obiektów murszejącego drewna oraz starych i grubych drzew, a także niszczenie całego zbiorowiska w czasie rębni.

Moje badania dynamiki roślinności w cyklu wzrostu i rozwoju drzewostanu sosnowego przyczyniły się do poszerzenia wiedzy o procesach zachodzących w lasach gospodarczych. Nowy wkład w to zagadnienie obejmuje przede wszystkim poznanie specyfiki tych procesów w borach sosnowych siedlisk świeżych Europy Środkowej, z uwzględnieniem różnych grup gatunków i zróżnicowanych podłoży.

Rozwinięciem moich badań nad dynamiką borów była analiza ich przemian kierunkowych, które obserwuje się w zbiorowiskach leśnych w ostatnich dziesięcioleciach. W Borach Tucholskich w zeszłym stuleciu znaczne powierzchnie zajmowały bory chrobotkowe (zespół *Cladonio-Pinetum*) – zbiorowiska objęte obecnie ochroną jako siedlisko przyrodnicze Natura 2000 (91T0 – śródładowy bór chrobotkowy). W związku z koniecznością ochrony borów chrobotkowych, skupiłam się na ocenie stanu zachowania naziemnych porostów, szczególnie przedstawicieli rodzaju *Cladonia* – taksonów kluczowych dla identyfikacji borów chrobotkowych (Stefańska-Krzaczek & Fałtynowicz, 2013). Analiza pokazała, że tylko młode drzewostany sosnowe można obecnie uznać za ostoje chrobotków w gospodarczych borach sosnowych, ponieważ w starszych drzewostanach podłoże zostaje zdominowane przez bardziej konkurencyjne mszaki. Kolejnym krokiem była ocena, jak zmieniły się zbiorowiska zaklasyfikowane w latach 70-tych XX w. do borów chrobotkowych (Fałtynowicz, 1986). Badaniem objęto zbiorowiska roślinne z drzewostanami, które nie zostały wycięte i odnowione od lat 70-tych poprzedniego wieku. Badania w skali lokalnej dodatkowo postanowiłam rozszerzyć o analizę regionalną zdjęć fitosocjologicznych zgromadzonych w największej w Polsce bazie danych o roślinności *Polish Vegetation Database* (1A.3:Stefańska-Krzaczek et al., 2018). W badaniach lokalnych (na badanych powtórnie powierzchniach w Borach Tucholskich) potwierdziłam, że pokrycie i liczba gatunków porostów spadły w ciągu ok. 30 lat, wzrosła natomiast obfitość roślin zielnych i mszaków. Spadła także frekwencja poszczególnych gatunków porostów, a wzrosła frekwencja gatunków mszaków. Ilościowo zaczęły przeważać gatunki o wyższych wymaganiach wobec trofizmu podłoża. W skali regionalnej (całej Polski) analizie poddałam 607 zdjęć fitosocjologicznych reprezentujących bory z udziałem porostów badane w latach 1951-1969, 1970-1989, 1990-2011. Na podstawie danych regionalnych opracowana została grupa współwystępujących gatunków porostów, których występowanie było bardzo istotnym wskaźnikiem przemian składu gatunkowego borów. Została ona wyznaczona w oparciu o metody statystyczne wykorzystujące wzajemną wierność gatunków wyrażoną współczynnikiem phi. Opracowanie tej grupy to ważny wkład w poznanie różnorodności szeroko ujętych zbiorowisk borów sosnowych na najuboższych siedliskach, a także ich najcenniejszego typu – zespołu *Cladonio-Pinetum*. Wyznaczoną grupę porostów

stwierdziłam zarówno na powierzchniach badanych najdawniej, jak i współcześnie, co oznacza, że pula gatunków typowych dla borów z udziałem porostów utrzymuje się w ubogich lasach. O zaniku najcenniejszych borów (płatów zespołu *Cladonio-Pinetum*) decyduje zatem znaczące ograniczenie pokrycia porostów. Gwałtowny wzrost ilościowości gatunków o większych wymaganiach wobec trofizmu podłoża pozwolił wskazać eutrofizację siedlisk jako główną przyczynę zmian w strukturze ubogich borów sosnowych. Eutrofizacja i zmiany klimatyczne, sprzyjają roślinom naczyniowym i mszakom, a ich rozwój ogranicza występowanie mało konkurencyjnych porostów.

Wykonane przeze mnie badania procesów kierunkowych w borach sosnowych pozwoliły ocenić, że pula gatunków ubogich borów będzie utrzymywała się w lasach, jednak fitocenozy zespołu *Cladonio-Pinetum* będą coraz rzadsze, ponieważ identyfikuje je znaczna obfitość naziemnych porostów, dla których nie ma obecnie korzystnych warunków rozwoju. Jak wykazano we wcześniejszych badaniach, zręby zupełne na najuboższych siedliskach sprzyjają wprawdzie naziemnym porostom (Stefańska-Krzaczek, 2012; Stefańska-Krzaczek & Fałtynowicz, 2013), jednak nie powodują odtwarzania zbiorowisk borów chrobotkowych.

W związku z tym, że bardzo ważną grupą w strukturze borów sosnowych we wszystkich moich badaniach były mszaki, postanowiłam zwrócić szczególną uwagę na ich różnorodność w skali całej Polski. Moje wcześniejsze badania koncentrowały się na pojedynczych kompleksach leśnych, dlatego chciałam podjąć badania pozwalające poznać zasoby mszaków borowych w kraju. Aby wskazać gatunki mszaków związane z borami sosnowymi, konieczne było przeanalizowanie wszystkich najważniejszych typów lasów i dopiero na tym tle wyznaczyć mszaki borowe (1A.5:Stefańska-Krzaczek et al., 2022). Z zasobów *Polish Vegetation Database* wybrano wszystkie zdjęcia fitosocjologiczne reprezentujące lasy i dokonano ich klasyfikacji do siedlisk EUNIS (ang. *European Nature Information System Habitat Classification*). Analizy prowadzono na zbiorze 15 355 zdjęć fitosocjologicznych z udziałem mszaków. W kontekście mojego głównego tematu badawczego zwracałam szczególną uwagę na siedlisko EUNIS T35 obejmujące kontynentalne lasy strefy umiarkowanej z *Pinus sylvestris* (T35 *Temperate continental Pinus sylvestris forest*). Na postawie modeli boosted regression tree stwierdziłam, że udział gatunków iglastych w drzewostanie oraz niska żyzność podłoża sprzyjają pokryciu i liczbie gatunków mszaków. Z tego względu bory sosnowe stwarzają korzystne warunki dla rozwoju warstwy mszystej. Jednak z drugiej strony liczba gatunków mszaków i ich pokrycie zależą od wilgotności podłoża, a bory sosnowe na siedliskach suchych i świeżych cechują niekorzystne warunki wilgotnościowe. Badania pozwoliły także wskazać najczęstsze gatunki mszaków szeroko ujętych lasów iglastych (*Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *D. polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Ptilidium ciliare*). Wszystkie te gatunki notowałam wcześniej w borach sosnowych w czasie własnych badań terenowych. Analiza ordynacyjna pokazała, że dla składu gatunkowego, podobnie jak dla liczby gatunków mszaków i ich pokrycia, kluczowe znaczenie miała wilgotność i trofizm podłoża, a dodatkowo ważny był także odczyn podłoża, a to wskazuje, że bory sosnowe siedlisk suchych lub świeżych i kwaśnych mają swoją specyfikę briologiczną. Mszaki zamkniętych lasów („prawdziwe” mszaki leśne) wykazywały preferencje wobec drzewostanów liściastych, a mszaki występujące w lasach i terenach otwartych były związane z drzewostanami iglastymi. To wyjaśniło niewielki udział gatunków zamkniętych lasów w moich wcześniejszych badaniach wybranych kompleksów leśnych. Z lasami liściastymi związane były ponadto gatunki krótkotrwałe, a z iglastymi gatunki wieloletnie. W lasach iglastych wieloletnim gatunkom sprzyja niewielka konkurencja ze strony roślin naczyniowych i brak ograniczającego wzrost opadu liści. Będąc w kręgu moich szczególnych zainteresowań siedlisko T35 nie wyróżniało się wysoką średnią liczbą gatunków mszaków (4), a jego gatunkami diagnostycznymi były: *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *D.*

*spurium* i *Ptilidium ciliare* – czyli gatunki notowane przeze mnie w badanych kompleksach leśnych.

Nowym podejściem do dystrybucji mszaków w lasach było zastosowanie w omawianej pracy statystycznych metod oceny współwystępowania gatunków. Obliczono współczynnik phi mierzący wzajemną wierność gatunków i połączono w grupy gatunki współwystępujące. W lasach Polski stwierdziłam występowanie 10 grup współwystępujących gatunków mszaków, na które łącznie składały się 42 gatunki. Z wyróżnionych grup trzy: grupa gatunku *Pleurozium schreberi* (*Dicranum polysetum*, *D. scoparium*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*), grupa gatunku *Hypnum jutlandicum* (*Dicranum spurium*, *Hypnum jutlandicum*, *Ptilidium ciliare*) i grupa gatunku *Polytrichum juniperinum* (*Cephaloziella divaricata*, *Ceratodon purpureus*, *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum*) były związane z drzewostanami iglastymi i wykazywały wierność siedlisku T35. Grupa *Pleurozium schreberi* była pospolita we wszystkich lasach iglastych, dwie ostatnie grupy wykazywały związek z siedliskami o dobrych warunkach świetlnych i niewielkiej wilgotności, a jednocześnie grupa *Hypnum jutlandicum* miała charakter suboceaniczny.

Dzięki moim badaniom po raz pierwszy zostały ocenione zasoby mszaków leśnych występujących w runie lasów Polski. Na tle wszystkich typów lasów pokazałam gatunki i grupy gatunków typowe dla siedlisk borów sosnowych. Baza *Polish Vegetation Database* dała możliwość oceny występowania mszaków leśnych związanych tylko z dnem lasu, ponieważ jedynie ta grupa jest notowana w zdjęciach fitosocjologicznych. Pokazuje to, jak trudno ocenić pełną bryoflorę, czyli gatunki z wszystkich podłoży i mikrosiedlisk dostępnych w lasach, bez kompleksowej bazy danych obejmującej wszystkie podłoża.

#### Podsumowanie, wnioski i plany badawcze

Moje badania pokazują, że stan różnorodności zbiorowisk borów sosnowych wiąże się ze specyficzną dynamiką tych lasów oraz wynika z ograniczonej puli gatunków. Dobry stan lasów, kojarzony z wysoką różnorodnością gatunkową, powiązany jest z konkretnymi atrybutami jak np. ciągłość siedliska, złożona struktura pionowa, bogactwo gatunkowe i zróżnicowanie wiekowe warstwy drzew i krzewów, występowanie murszejącego drewna czy liczne mikrosiedliska. Niektóre atrybuty cennych lasów mogą wprawdzie cechować gospodarze bory sosnowe np. ciągłość siedlisk leśnych, jednak ograniczeniem dla różnorodności jest sam charakter siedlisk badanych borów – ubogie, kwaśne podłoże, o słabym uwilgotnieniu. Na tę cechę nakładają się zabiegi gospodarcze i krótki czas trwania jednego drzewostanu. W efekcie, w składzie gatunkowym kompleksów borów sosnowych obejmujących drzewostany w różnym wieku występują przede wszystkim gatunki o dość szerokiej skali ekologicznej. Mimo tego, bory sosnowe należy traktować jako rezerwuary specyficznej flory/bioty oligofilnej, która nie ma szans na zasiedlenie innych typów lasów, zwłaszcza, że różnorodność i skład gatunkowy zbiorowisk ubogich siedlisk zmienia się nieodwracalnie w wyniku kierunkowych procesów dynamicznych. Działania gospodarcze w borach można postrzegać jako zaburzenia, które wspierają występowanie niektórych drobnych i słabych konkurencyjnie gatunków. Złożoność problemów różnorodności i dynamiki borów sosnowych wskazuje, że monitoring tych układów i wyjaśnianie ich wzorców różnorodności są nadal potrzebne.

Moje plany kolejnych badań związanych z kształtowaniem różnorodności borów sosnowych obejmują zarówno badania ekologiczne konkretnych kompleksów leśnych, jak i dalsze analizy na materiale zgromadzonym w *Polish Vegetation Database*. Zagadnienie badawcze, które chciałabym rozwijać na bazie oryginalnego zbioru danych terenowych dotyczy stanu różnorodności wyspowych drzewostanów liściastych otoczonych przez monokultury sosnowe. Wstępne działania w tym temacie podjęłam w trakcie realizacji projektu Miniatura 3 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki „Znaczenie wysp starodrzewów dębowych dla

różnorodności gospodarczych borów sosnowych” (N30406431/2479). Planuję także syntezę wiedzy o bogactwie gatunkowym i zmienności fitocenoz borów sosnowych z obszaru całej Polski na podstawie danych fitosocjologicznych dostępnych w *Polish Vegetation Database*. W bazie zgromadzonych jest 17 500 zdjęć fitosocjologicznych z różnym udziałem sosny zwyczajnej w drzewostanie (pokrycie w warstwie drzew 0,5%-100%). Do analiz zostaną włączone dane klimatyczne i glebowe, które będą wykorzystane jako zmienne wyjaśniające stopień zróżnicowania różnorodności gatunkowej i zmienności w kompozycji zbiorowisk borowych. Dodatkowo planuję wyznaczyć grupy gatunków wskazujące na najlepiej zachowane bory sosnowe oraz grupy gatunków wskazujących na zniekształcenia zbiorowisk roślinnych.

## 4.2. Osiągnięcie naukowe nr 2

### GRUPY GATUNKÓW STARYCH LASÓW JAKO WSKAŹNIKI WYSOKIEJ RÓŻNORODNOŚCI GATUNKOWEJ

#### 4.2.1. Publikacja naukowa stanowiąca osiągnięcie

**(2A.1) Stefańska-Krzaczek E., Kącki Z., Szypuła B.** 2016. Coexistence of ancient forest species as an indicator of high species richness. *Forest Ecology and Management* 365: 12-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.01.012>  
Punkty MNiSW<sub>2016</sub>=45, punkty MEiN<sub>2023</sub>=200, IF<sub>2016</sub>=3,064, IF<sub>5-letni</sub>=3,8, liczba cytowań wg WoS=23, liczba cytowań wg GS=26

*Mój wkład w powstanie artykułu to: rozwinięcie koncepcji pracy, postawienie pytań badawczych, przygotowanie listy gatunków niezbędnych do selekcji zbioru danych z Polish Vegetation Database, kwerenda i zebranie literatury, współpraca przy wyznaczaniu grup gatunków współwystępujących, wykonanie wszystkich analiz statystycznych na bazie opracowanych grup, przygotowanie tekstu artykułu, poprawa analiz i tekstu po recenzji, funkcja autora korespondencyjnego.*

#### 4.2.2. Omówienie celów i wyników osiągnięcia nr 2 oraz jego wkładu w rozwój dyscypliny

Jedną z ważniejszych zmiennych objaśniających różnorodność lasów jest historia pokrywy leśnej. W zależności od czasu trwania lasu, który określany jest na podstawie dostępnych źródeł historycznych, w krajobrazie wyróżnia się lasy stare i lasy wtórne (Dzwonko & Loster, 2001; Orczewska, 2010). Porównanie składu gatunkowego starych i wtórnych lasów pozwoliło wyróżnić specyficzne gatunki przywiązane do siedlisk leśnych o zachowanej ciągłości – gatunki starych lasów (*ang. ancient forest species, AFS*) (Dzwonko & Loster, 2001; Hermy et al., 1999). Jednak wykazywano także, że gatunki starych lasów mogą pojawiać się w lasach wtórnych, zwłaszcza jeśli są one w kontakcie z lasami starymi (Dzwonko, 2001; Matuszkiewicz et al., 2013; Orczewska, 2010; Orczewska & Fernes, 2011; Schmidt et al., 2014; Wulf, 2003). Stwierdzono jednak, że w starych lasach gatunki wskaźnikowe zazwyczaj nie występują pojedynczo, lecz w grupach (Schmidt et al. 2014). Założyłam zatem, że gatunki starych lasów wykazują tendencję do współwystępowania i mogłyby pełnić w lasach rolę wskaźnikową jako funkcjonalne grupy. W związku z tym celem pracy było 1) wykazanie współwystępowania gatunków starych lasów i opracowanie grup gatunków współwystępujących, 2) ocena czy grupy wskazują na wysoką różnorodność gatunkową i 3) jak grupy te dystrybuują się w najważniejszych typach lasów w Polsce.

Badania prowadzone były z wykorzystaniem zdjęć fitosocjologicznych zgromadzonych w *Polish Vegetation Database*. Wybrano z bazy wszystkie powierzchnie leśne, w których stwierdzono występowanie przynajmniej jednego gatunku z listy wskaźników starych lasów (Dzwonko & Loster, 2001; Hermy et al., 1999). Następnie dokonano identyfikacji typów lasów w ujęciu fitosocjologicznym. Analizy prowadzono na zbiorze 2 611 zdjęć fitosocjologicznych. Kolejnym krokiem było zbadanie współwystępowania gatunków w analizowanym zbiorze danych. Zastosowano metody statystyczne oparte o wzajemną wierność gatunków wyrażoną współczynnikiem phi. Gatunki o największej wierności względem siebie połączono w grupy. O ile podejście do identyfikacji cennych lasów na bazie grup gatunków, a nie pojedynczych taksonów, było opisywane także w innych publikacjach, to użyte w pracy statystyczne metody wyznaczania grup wskaźnikowych nie były dotąd stosowane w kontekście gatunków starych lasów.

Moim osiągnięciem jest udowodnienie tendencji gatunków starych lasów do współwystępowania i wykazanie pozytywnej zależności między występowaniem grup a bogactwem gatunkowym. Stwierdzono w lasach Polski 11 grup gatunków współwystępujących, w skład których weszło 51 gatunków starych lasów (54% gatunków z listy). W badanym zbiorze danych 67% powierzchni posiadało przynajmniej jedną grupę gatunków współwystępujących, a na jednej powierzchni mogło występować maksymalnie 7 grup. W lasach, w których występowały grupy współwystępujące, średnia liczba gatunków zielnych, gatunków drzew i krzewów, gatunków starych lasów i gatunków zamkniętych lasów była istotnie wyższa w porównaniu z lasami bez grup. Poza tym, stwierdzono dodatnią korelację między tymi zmiennymi a liczbą grup. Moje osiągnięcie pokazuje zatem, że udział gatunków starych lasów, które występują w nieprzypadkowych grupach, jest wskaźnikiem dobrego stanu zachowania fitocenozy leśnych. Grupom towarzyszą bowiem inne gatunki leśne, co skutkuje wysokim bogactwem gatunkowym.

Dodatkowo, osiągnięcie przyczyniło się do usystematyzowania wiedzy na temat kompozycji gatunkowej lasów. Grupy występowały w lasach z różną frekwencją, a w niektórych typach fitocenozy leśnych (związki *Vaccinio uliginosi-Pinion*, *Piceion abietis*, *Dicrano-Pinion*, *Alnion glutinosae* i *Salicion albae*) przeważały powierzchnie bez grup. Podkreśliło to specyfikę tych zbiorowisk leśnych, w których kluczowym elementem strukturalnym są specyficzne gatunki np. zarodnikowe, górskie, łąkowe lub mokradłowe. Wyniki badań potwierdziły także, że „gorącymi” punktami różnorodności gatunkowej są lasy liściaste, głównie zbiorowiska grądów.

Moje osiągnięcie rozwija koncepcję roli wskaźnikowej gatunków starych lasów. Daje możliwość wykorzystania składu gatunkowego do oceny ciągłości siedlisk leśnych w sytuacji, gdy historyczne materiały są niedostępne. Z drugiej strony brak wytypowanych grup na siedliskach o udokumentowanej ciągłości daje podstawę do poszukiwania innych przyczyn słabego stanu zachowania zbiorowisk leśnych.

### 4.3. Bibliografia

- Ares, A., Neill, A. R., & Puettmann, K. J. (2010). Understory abundance, species diversity and functional attribute response to thinning in coniferous stands. *Forest Ecology and Management*, 260(7), 1104–1113. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.023>
- Augusto, L., Dupouey, J. L., & Ranger, J. (2003). Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Annals of Forest Science*, 60(8), 823–831. <https://doi.org/10.1051/forest:2003077>
- Aussenac, G. (2000). Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Annals of Forest Science*, 57, 287–301.

- Coote, L., French, L. J., Moore, K. M., Mitchell, F. J. G., & Kelly, D. L. (2012). Can plantation forests support plant species and communities of semi-natural woodland? *Forest Ecology and Management*, 283, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.013>
- Cornwell, W. K., & Grubb, P. J. (2003). Regional and local patterns in plant species richness with respect to resource availability. *Oikos*, 100(3), 417–428. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.11697.x>
- Czerepko, J. (2004). Development of vegetation in managed Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in an oak-lime-hornbeam forest habitat. *Forest Ecology and Management*, 202(1–3), 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.033>
- Czerepko, J., Gawryś, R., Szymczyk, R., Pisarek, W., Janek, M., Haidt, A., Kowalewska, A., Piegdoń, A., Stebel, A., Kukwa, M., & Cacciatori, C. (2021). How sensitive are epiphytic and epixylic cryptogams as indicators of forest naturalness? Testing bryophyte and lichen predictive power in stands under different management regimes in the Białowieża forest. *Ecological Indicators*, 125, 107532. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107532>
- Diekmann, M., Heinken, T., Becker, T., Dörfler, I., Heinrichs, S., Leuschner, C., Peppler-Lisbach, C., Osthaus, M., Schmidt, W., Strubelt, I., & Wagner, E. R. (2023). Resurvey studies of terricolous bryophytes and lichens indicate a widespread nutrient enrichment in German forests. *Journal of Vegetation Science*, 34(4). <https://doi.org/10.1111/jvs.13201>
- Dzwonko, Z. (2001). Migration of vascular plant species to a recent wood adjoining ancient woodland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 70(1), 71–77.
- Dzwonko, Z., & Loster, S. (2001). Wskaźnikowe gatunki starych lasów i ich znaczenie dla ochrony przyrody i kartografii roślinności. *Prace Geograficzne*, 178, 119–132.
- Fałtynowicz, W. (1986). The dynamics and role of lichens in a managed *Cladonia*-Scotch pine forest (*Cladonio-Pinetum*). *Monographiae Botanicae*, 69, 1–96.
- Flensted, K. K., Bruun, H. H., Ejrnæs, R., Eskildsen, A., Thomsen, P. F., & Heilmann-Clausen, J. (2016). Red-listed species and forest continuity – A multi-taxon approach to conservation in temperate forests. *Forest Ecology and Management*, 378, 144–159. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.029>
- Hermý, M., Honnay, O., Firbank, L., Grashof-Bokdam, C., & Lawesson, J. E. (1999). An ecological comparison between ancient and other forest plant species of Europe, and the implications for forest conservation. *Biological Conservation*, 91(1). [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00045-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00045-2)
- Houston Durrant, T., de Rigo, D., & Caudullo, G. (2016). *Pinus sylvestris* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In J. San-Miguel-Ayanz, D. de Rigo, G. Caudullo, T. Houston Durrant, & A. Mauri (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species* (pp. 132–133). Publ. Off. EU pp. e016b94+.
- Karazija, S. (2003). Age-related Dynamics of Pine Forest Communities in Lithuania. *Baltic Forestry*, 9, 50–62.
- Keith, S. A., Newton, A. C., Morecroft, M. D., Bealey, C. E., & Bullock, J. M. (2009). Taxonomic Homogenization of Woodland Plant Communities over 70 Years. *Proceedings of the Royal Society*, 276, 3539–3544.

- Kolb, A., & Diekmann, M. (2004). Effects of environment, habitat configuration and forest continuity on the distribution of forest plant species. *Journal of Vegetation Science*, 15(2), 199. [https://doi.org/10.1658/1100-9233\(2004\)015\[0199:eohca\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1658/1100-9233(2004)015[0199:eohca]2.0.co;2)
- Kowalska, A., Matuszkiewicz, J. M., Solon, J., & Kozłowska, A. (2017). Indicators of ancient forests in nutrient-deficient pine habitats. *Silva Fennica*, 51(1). <https://doi.org/10.14214/sf.1684>
- Leuschner, C., & Ellenberg, H. (2017). *Ecology of Central European forests. Vegetation ecology of Central Europe, vol.1*. Springer International Publishing.
- Marozas, V., Grigaitis, V., & Brazaitis, G. (2005). Edge effect on ground vegetation in clear-cut edges of pine-dominated forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20, 43–48. <https://doi.org/10.1080/14004080510040986>
- Mason, W. L., & Alía, R. (2000). Current and future status of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests in Europe. *Investigacion Agraria: Sistemas y Recursos Forestales: Fuera de Serie*, 1, 317–335.
- Matuszkiewicz, J. M. (2001). *Zespoły leśne Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Matuszkiewicz, J. M., Kowalska, A., Kozłowska, A., Roo-Zielińska, E., & Solon, J. (2013). Differences in plant-species composition, richness and community structure in ancient and post-agricultural pine forests in central Poland. *Forest Ecology and Management*, 310, 567–576. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.060>
- Moola, F. M., & Vasseur, L. (2004). Recovery of late-seral vascular plants in a chronosequence of post-clearcut forest stands in coastal Nova Scotia, Canada. *Plant Ecology*, 172, 183–197.
- Naaf, T., & Wulf, M. (2010). Habitat specialists and generalists drive homogenization and differentiation of temperate forest plant communities at the regional scale. *Biological Conservation*, 143(4), 848–855. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.027>
- Nordén, B., Dahlberg, A., Brandrud, T. E., Fritz, Ö., Ejrnaes, R., & Ovaskainen, O. (2014). Effects of ecological continuity on species richness and composition in forests and woodlands: A review. *Ecoscience*, 21(1), 34–45. <https://doi.org/10.2980/21-1-3667>
- Orczewska, A. (2010). Odtwarzanie się roślinności runa we wtórnych lasach olszowych powstałych na gruntach porolnych w południowo-zachodniej Polsce. *Acta Botanica Silesiaca*, 5, 5–25.
- Orczewska, A., & Fernes, M. (2011). Migration of herb layer species into the poorest post-agricultural pine woods adjacent to ancient pine forests. *Polish Journal of Ecology*, 59(1), 75–85.
- Paillet, Y., Bergès, L., Hjäältén, J., Ódor, P., Avon, C., Bernhardt-Römermann, M., Bijlsma, R. J., De Bruyn, L., Fuhr, M., Grandin, U., Kanka, R., Lundin, L., Luque, S., Magura, T., Matesanz, S., Mészáros, I., SebastiÀ, M. T., Schmidt, W., Standovár, T., ... Virtanen, R. (2010). Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: Meta-analysis of species richness in Europe. *Conservation Biology*, 24(1), 101–112. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01399.x>
- Puchniarski, T. (2008). *Sosna zwyczajna. Hodowla i ochrona*. PWRiL.
- Reinecke, J., Klemm, G., & Heinken, T. (2014). Vegetation change and homogenization of species composition in temperate nutrient deficient Scots pine forests after 45 yr. *Journal of Vegetation Science*, 25(1), 113–121.
- Schmidt, M., Kriebitzsch, W., & Ewald, J. (2011). Waldartenlisten der Farn-und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands. *BfN-Skripten*, 299, 1–111.

- Schmidt, M., Mölder, A., Schönfelder, E., Engel, F., Schmiedel, I., & Culmsee, H. (2014). Determining ancient woodland indicator plants for practical use: A new approach developed in northwest Germany. *Forest Ecology and Management*, 330, 228–239. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.043>
- Stefańska-Krzaczek, E. (2011). Plant communities of Scots pine stands in the south-eastern part of the Bory Dolnośląskie forest (SW Poland). *Acta Botanica Silesiaca, Monographiae*, 6, 1–98.
- Stefańska-Krzaczek, E. (2012). Species diversity across successional gradient of managed Scots pine stands in oligotrophic sites (SW Poland). *Journal of Forest Science*, 58(8), 345–356.
- Stefańska-Krzaczek, E., & Fałtynowicz, W. (2013). Wzrost różnorodności gatunkowej chrobotków jako efekt rębni zupełnej na ubogich siedliskach borowych. *Sylvan*, 157(12), 929–936.
- Stefańska-Krzaczek, E., & Fałtynowicz, W. (2014). Zróżnicowanie roślinności monokultur sosnowych na glebach piaszczystych Borów Tucholskich. *Sylvan*, 158(2), 99–106.
- Stefańska-Krzaczek, E., Fałtynowicz, W., Szypuła, B., & Kącki, Z. (2018). Diversity loss of lichen pine forests in Poland. *European Journal of Forest Research*, 137(4), 419–431. <https://doi.org/10.1007/s10342-018-1113-4>
- Stefańska-Krzaczek, E., Staniaszek-Kik, M., & Fałtynowicz, W. (2016). Positive Aspects of Clear-Cut Logging? Ground Bryophyte Diversity Along the Age Gradient of Managed *Pinus sylvestris* Stands. *Cryptogamie, Bryologie*, 37(2), 181–197. <https://doi.org/10.7872/cryb/v37.iss2.2016.181>
- Stefańska-Krzaczek, E., Staniaszek-Kik, M., Szczepańska, K., & Szymura, T. H. (2019). Species diversity patterns in managed Scots pine stands in ancient forest sites. *PLoS ONE*, 14(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219620>
- Stefańska-Krzaczek, E., Swacha, G., Żarnowiec, J., Raduła, M. W., Kącki, Z., & Staniaszek-Kik, M. (2022). Central European forest floor bryophytes: Richness, species composition, coexistence and diagnostic significance across environmental gradients of forest habitats. *Ecological Indicators*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108954>
- Stefańska-Krzaczek, E., & Szymura, T. (2015). Species diversity of forest floor vegetation in age gradient of managed Scots pine stands. *Baltic Forestry*, 21(2), 233–243.
- Tonteri, T., Salemaa, M., Rautio, P., Hallikainen, V., Korpela, L., & Merilä, P. (2016). Forest management regulates temporal change in the cover of boreal plant species. *Forest Ecology and Management*, 381, 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.015>
- Uotila, A., Hotanen, J. P., & Kouki, J. (2005). Succession of understory vegetation in managed and seminatural Scots pine forests in eastern Finland and Russian Karelia. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(6), 1422–1441. <https://doi.org/10.1139/x05-063>
- Węgrzyn, M. H., Fałowska, P., Kołodziejczyk, J., Alzayany, K., Wężyk, P., Zięba-Kulawik, K., Hawryło, P., Turowska, A., Grzesiak, B., Lipnicki, L., & Wietrzyk-Pełka, P. (2021). Tree height as the main factor causing disappearance of the terricolous lichens in the lichen Scots pine forests. *Science of the Total Environment*, 771. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144834>
- Węgrzyn, M. H., Kołodziejczyk, J., Fałowska, P., Wężyk, P., Zięba-Kulawik, K., Szostak, M., Turowska, A., Grzesiak, B., & Wietrzyk-Pełka, P. (2020). Influence of the environmental factors on the species composition of lichen Scots pine forests as a guide to maintain the community (Bory Tucholskie National Park, Poland). *Global Ecology and Conservation*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01017>



- Widenfalk, O., & Weslien, J. (2009). Plant species richness in managed boreal forests-Effects of stand succession and thinning. *Forest Ecology and Management*, 257(5), 1386–1394. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.12.010>
- Wulf, M. (2003). Preference of plant species for woodlands with differing habitat continuities. *Flora*, 198, 444–460.
- Zaniewski, P., Potoczny, B., & Matuszkiewicz, J. (2016). Modelowanie trwałości boru chrobotkowego Cladonio–Pinetum Juraszek 1927 na terenie Parku Narodowego „Bory Tucholskie” z wykorzystaniem metody powtórzonej chronosekwencji. *Sylwan*, 160(5), 397–406.
- Zeeberg, J. (1998). The European sand belt in eastern Europe-and comparison of Late Glacial dune orientation with GCM simulation results. *Boreas*, 27, 127–139.
- Zerbe, S. (2002). Restoration of natural broad-leaved woodland in Central Europe on sites with coniferous forest plantations. *Forest Ecology and Management*, 167, 27–42.

##### **5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.**

W tej części przywołuję wybrane prace naukowe z moim udziałem, których pełna lista znajduje się w Załączniku 4: Wykaz osiągnięć naukowych.

W całym okresie mojej pracy wykazywałam się aktywnością naukową, która zaowocowała osiągnięciami 1A.1-5 i 2A.1 oraz innymi artykułami związanymi z interesującymi mnie zagadnieniami ekologicznymi i botanicznymi. Współpracę naukową podejmowałam z naukowcami z macierzystej uczelni oraz badaczami z innych jednostek. Dzięki temu mogłam zrealizować moje cele i poszerzyć zakres badań i zainteresowań naukowych.

Początkiem mojej aktywności naukowej było prowadzenie badań nad roślinnością polan śródleśnych w ramach pracy magisterskiej (2001-2002) przygotowywanej pod opieką dr. Zygmunta Kąckiego. Wykonałam wtedy pierwsze samodzielne badania terenowe i poznałam podstawowe analizy statystyczne używane w ekologii roślinności. Podejmując się badań doktorskich miałam doświadczenie w identyfikacji gatunków roślin naczyniowych i rozpoznawaniu podstawowych typów roślinności. Badania zbiorowisk borowych były sporym wyzwaniem, ponieważ wymagały identyfikowania organizmów zarodnikowych. Swoją pracę naukową musiałam zatem rozpocząć od nawiązania współpracy z ekspertami w lichenologii i briologii. Część materiałów lichenologicznych oznaczałam pod kierunkiem prof. Wiesława Fałtynowicza, ale regularnie współpracowałam także z panią dr Katarzyną Szczepańską (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu). W identyfikacji mszaków pomagała mi pani dr Monika Staniaszek-Kik (Uniwersytet Łódzki). Dla mojego rozwoju naukowego ważny był udział w procesie identyfikacji okazów, a także samodzielne oznaczanie części materiałów na podstawie modelowych próbek. Współpracę z wymienionymi ekspertami kontynuowałam także w moich dalszych badaniach borów sosnowych i utrzymuję do dnia dzisiejszego. Jej efektem są wspólne publikacje naukowe (np. 1A.2:Stefańska-Krzaczek et al.; 2016, 1A.4:Stefańska-Krzaczek et al., 2019), a także rozwój bazy *Polish Vegetation Database* (PVD), ponieważ pani dr M. Staniaszek-Kik zweryfikowała nazewnictwo mszaków i ujęcie synonimów zastosowane w PVD. Ponadto, zostałam włączona do jej badań nad różnorodnością gatunkową wykrotów w terenach górskich. W ramach badań analizowane było występowanie organizmów w obrębie mikrosiedlisk wykrotu z uwzględnieniem wpływu zbiorowiska roślinnego otaczającego wykrot. Ze względu na moje własne badania dystrybucji mszaków w

typach lasów (1A.5:Stefańska-Krzaczek et al., 2022), ten kontekst wyników szczególnie mnie interesował, zwłaszcza, że zbiorowisko roślinne było kluczowym czynnikiem decydującym o kompozycji gatunkowej tarcz korzeniowych, pagórków i dołów powykrotowych. Mój udział w tych badaniach polegał na wykonywaniu części analiz statystycznych oraz przygotowaniu elementów koncepcyjnych pracy i dyskusji wyników. Dzięki współpracy w badaniach nad wykrotami nawiązałam także kontakt z panem prof. dr hab. Janem Żarnowcem (Uniwersytet Bielsko-Bialski). Pan profesor odegrał bardzo istotną rolę w powstaniu pracy na temat mszaków dna lasu w Europie Środkowej (1A.5: Stefańska-Krzaczek et al., 2022). Jego ekspercka wiedza na temat brioflory całej Polskiej oraz udostępnienie własnych danych pozwoliło na wyeliminowanie błędów w analizach i opublikowanie pracy na wysokim poziomie.

W mojej pracy naukowej ważna jest także aktywność związana z rozwijaniem umiejętności statystycznej analizy danych o roślinności. Pierwszym etapem zdobywania tych umiejętności był kurs naukowy „Zastosowanie metod numerycznych w ekologii”, który zrealizowałam w Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu (2006). Dzięki poznanym wówczas metodom wykonałam analizy do pracy doktorskiej oraz opublikowałam monografię naukową na temat zbiorowisk roślinnych drzewostanów sosnowych w Borach Dolnośląskich (Stefańska-Krzaczek, 2011). Metody analizy danych w programach Canoco i Juice rozwijałam również w ramach samokształcenia. Rozwój metod analizy danych, przede wszystkim pakietów środowiska R skłonił mnie dalszego rozwoju tego aspektu mojej aktywności naukowej. W roku 2021 podjęłam samodzielne próby zapoznania się ze specyfiką programu R i RStudio, w roku 2022 zrealizowałam 10-godzinny kurs internetowy na platformie UDEMY. W toku prac badawczych nad dystrybucją mszaków naziemnych w typach lasów Europy Środkowej nawiązałam dodatkowo współpracę z panią dr Małgorzatą Radułą (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu), aby poszerzyć analizy danych o metodę boosted regression tree (BRT). Aby wdrożyć się w zaawansowane metody analityczne w roku 2023 zrealizowałam miesięczny staż w Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej – obecnie Uniwersytet Bielsko-Bialski (w ramach umowy stażowej), pod opieką dr. hab. Damiana Chmury, prof. UBB. W czasie stażu poznałam metodę prowadzenia podstawowych i bardziej zaawansowanych analiz danych roślinnych z wykorzystaniem pakietów R. W Katedrze Ochrony i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Bielsko-Bialskiego zaprezentowałam referat prezentujący moje wyniki badań, a także wraz z badaczami Zespołu Ekologii i Ochrony Przyrody (prof. dr. hab. Janem Żarnowcem i dr. hab. Damianem Chmurą, prof. UBB) oraz panią dr M. Staniaszek-Kik przygotowaliśmy manuskrypt pracy na temat różnorodności wykrotów, która ukazała się w lipcu 2023 (Staniaszek-Kik et al., 2023). Obecnie kontynuuję współpracę z panem dr. hab. Damianem Chmurą w ramach prac nad moim własnym materiałem badawczym.

Moja aktywność naukowa na różnych etapach pracy obejmowała także współpracę ze specjalistami od kartografii i systemów GIS. Rozpoczęłam tę współpracę jeszcze na studiach doktoranckich (2004). Odbyłam wtedy dwutygodniowy staż praktyczny w Biurze Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej (BULiGL) w Oddziale w Brzegu (udokumentowany wpisem w indeksie doktoranta). Instytucja ta nie ma charakteru naukowego, lecz jest wiodącą firmą w zakresie kartografii i rozwiązań technologicznych wykorzystywanych w pracach terenowych z zakresu leśnictwa i siedliskoznawstwa. W czasie stażu zostały przygotowane w programie ArcGIS dane wektorowe niezbędne do wykonania pracy doktorskiej. Efektem stażu była także późniejsza współpraca. Dla mojego dorobku naukowego najistotniejszym punktem tej współpracy była możliwość wykonania w BULiGL kwerendy i map rozmieszczenia powierzchni do badań terenowych w projekcie Miniatura 3 finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki. W zakresie analiz przestrzennych współpracowałam także z dr. hab. Tomaszem Szymurą, prof. UW (Uniwersytet Wrocławski) oraz z dr. Bartłojem Szypułą (Uniwersytet Śląski w Katowicach). Dzięki tym współpracom opublikowałam artykuły na temat sukcesji w borach

sosnowych na siedliskach mezotroficznych (1A.1:Stefańska-Krzaczek & Szymura, 2015; 1A.4:Stefańska-Krzaczek et al., 2019) oraz artykuł o przemianach w strukturze borów chrobotkowych i pracę o współwystępujących gatunkach starych lasów (A1.3: Stefańska-Krzaczek et al., 2018; 2A.1:Stefańska-Krzaczek et al., 2016).

Byłam zaangażowana także w inne tematy badawcze. W zespole z pracownikami Zakładu Botaniki Uniwersytetu Wrocławskiego brałam udział w przygotowaniu opracowania o charakterze monograficznym „Zagrożone archeofity Dolnego Śląska” – byłam w nim współautorem 3 artykułów (Stefańska-Krzaczek & Anioł-Kwiatkowska; 2011a,b,c). W 2016 r. wraz z zespołem z Ogrodu Botanicznego pod kierunkiem dr. hab. Zygmunta Kąckiego, prof. UWr przygotowaliśmy monograficzne opracowanie charakterystyk leśnych siedlisk przyrodniczych Natura 2000 w ramach projektu finansowanego przez WFOŚ we Wrocławiu i Opolu i we współpracy z Biurem Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej. Praca ta była nowatorska, ponieważ opisy siedlisk zostały oparte o oryginalną analizę zdjęć fitosocjologicznych zgromadzonych w *Polish Vegetation Database* (PVD). Najpierw przygotowane zostały formalne definicje siedlisk Natura 2000 oparte o grupy gatunków wskaźnikowych, a następnie zdjęcia fitosocjologiczne sklasyfikowano do konkretnych siedlisk i opracowano listy gatunków diagnostycznych, stałych i dominujących. W wyniku naszej pracy powstał praktyczny przewodnik po siedliskach leśnych Natura 2000, który ma formę monografii (Kącki et al., 2016) oraz serwisu internetowego <http://www.e-silva.uni.wroc.pl/>. Zaangażowanie w tym projekcie było kluczowym elementem moich aktywności związanych z pracą o charakterze wdrożeniowym i naukowym nad siedliskami przyrodniczymi Natura 2000 (Kącki & Stefańska-Krzaczek, 2009; Krzaczek & Stefańska-Krzaczek, 2022; Stefańska-Krzaczek & Kącki, 2009). Był to także wstęp do własnych badań na obszernych zbiorach danych, które prowadziłam we współpracy z naukowcami z mojej jednostki (dr. hab. Zygmunt Kącki, prof. UWr, dr Grzegorz Swacha) ze względu na ich doświadczenie w klasyfikacji i obsłudze dużych baz (1A.2:Stefańska-Krzaczek et al., 2016; 1A.5: Stefańska-Krzaczek et al., 2022).

W latach 2017-2018 współpracowałam z panią dr hab. Beatą Woziwodą (Uniwersytet Łódzki). Zostałam włączona do badań nad dębem czerwonym, co wzbogaciło mnie o nowe doświadczenia. Brałam udział w pracach kameralnych (wykonywałam analizy statystyczne) do projektu dotyczącego roli dębu czerwonego w kształtowaniu różnorodności mszaków (Woziwoda et al., 2017). W ramach dalszej współpracy prowadziłam również wstępne analizy na danych dokumentujących rozprzestrzenienie się dębu czerwonego w borach sosnowych (Woziwoda et al., 2018).

Moje zainteresowania naukowe koncentrowały się także na roślinności w lasach miejskich Wrocławia (Stefańska-Krzaczek, 2013ab; Stefańska-Krzaczek & Podgrudna, 2015). W czasie tych badań nawiązałam współpracę z dr hab. Dorotą Kiewrą, prof. UWr z Zakładu Ekologii Drobnoustrojów i Akarontomologii na Uniwersytecie Wrocławskim. Na tle moich wyników dotyczących roślinności przeanalizowałyśmy dane na temat rozmieszczenia wszystkich stadiów rozwojowych kleszczy *Ixodes ricinus* w niewielkim kompleksie leśnym. Nasze wspólne badania pokazały, że rozmieszczenie tego gatunku było bardzo zmienne, zarówno pod względem lokalizacji, jak i liczby kleszczy, dlatego nie dało się szczegółowo wyznaczyć obszarów zagrożenia kleszczami (Kiewra et al., 2017).

W 2021 r. byłam zatrudniona w projekcie międzynarodowym: Biomasa użytków zielonych jako odnawialne źródło energii – Bioróżnorodność – Biomasa – Biogaz, który był realizowany w Ogrodzie Botanicznym w latach 2018-2021. Brałam udział w przygotowywaniu wstępnej publikacji podsumowującej projekt (Pavlů et al., 2021).

W marcu 2023 r. zgłosiłam chęć udziału w projekcie “Genomic evidence for deciduous forest refugia in the Alps, Carpathians and northern Apennines” (osoba odpowiedzialna Pau Carnicero Campmany, University of Innsbruck). Projekt opiera się na danych o roślinności z całej Europy zgromadzonych w *European Vegetation Archive*, którego częścią jest *Polish*

*Vegetation Database*. Z PVD do projektu zostało udostępnionych 4804 zdjęć fitosocjologicznych. W związku z tym planowana jest współpraca w ramach tego projektu, w której zgłosiłam udział w charakterze współautora.

Większość moich badań naukowych finansowana była ze środków własnych mojej jednostki, jednak podejmowałam także próby uzyskania środków zewnętrznych. Na studiach doktoranckich otrzymałam grant promotorski na projekt „Naturalne i antropogeniczne przemiany zbiorowisk borowych Borów Dolnośląskich” (N30406431/2479), który realizowałam jako wykonawca pod kierownictwem promotora. Po uzyskaniu stopnia doktora dwukrotnie aplikowałam o grant Komitetu Badań Naukowych na badania borów sosnowych w Borach Tucholskich, jednak nie uzyskałam finansowania (2008, 2010 r.).

W roku 2019 rozpoczęłam badania nad wyspami starodrzewów dębowych rozproszonych w monokulturach sosnowych. Na badania wstępne otrzymałam finansowanie w konkursie Miniatura 3 Narodowego Centrum Nauki „Znaczenie wysp starodrzewów dębowych dla różnorodności gospodarczych borów sosnowych” (2019/03/X/NZ8/00586). W 2020 r. w konkursie Sonata Bis aplikowałam o fundusze na szerszy projekt „Jakie znaczenie mają starodrzewy dla różnorodności lasów gospodarczych?”, jednak nie uzyskałam finansowania. Obecnie prowadzę badania nad starodrzewami we współpracy z doktorantką panią mgr Natalią Mazurek, jako promotor pomocniczy pracy doktorskiej „Znaczenie starodrzewów dla zachowania różnorodności gatunkowej lasów gospodarczych”.

Wyniki własnych lub współautorskich badań były ogłaszane na 19 konferencjach/seminariach naukowych. Ponadto, wykonałam 17 recenzji artykułów naukowych dla czasopism krajowych i zagranicznych.

Moja aktywność naukowa miała także charakter organizacyjny. Brałam czynny udział w organizacji dwóch dużych konferencji naukowych: „Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej: Synantropizacja w dobie zmian różnorodności biologicznej” (2011) oraz międzynarodowego kongresu „27th Congress of the European Vegetation Survey. Vegetation survey 90 years after the publication of Braun-Blanquet's textbook – new challenges and concepts” (2018). Byłam członkiem komitetów organizacyjnych tych konferencji i pełniłam w nich funkcje sekretarza konferencji. Byłam odpowiedzialna za korespondencję z uczestnikami, a także brałam udział w przygotowywaniu i redagowaniu materiałów konferencyjnych i artykułów pokonferencyjnych.

W moim rozwoju naukowym ważną rolę odegrała także funkcja redaktora pomocniczego i sekretarza redakcji ogólnopolskiego czasopisma *Acta Botanica Silesiaca* (w tym także serii *Monographiae*) w latach 2011-2016. Prace w redakcji obejmowały proces wyznaczania recenzentów, korespondencję z autorami, przygotowywanie uwag redakcji, zbiorów korekt autorskich, przygotowywanie prac do druku oraz przekazywanie materiałów do wydawnictwa.

Działania organizacyjne ściśle związane z nauką prowadziłam także w projekcie realizowanym przez firmę Data Techno Park „Regionalna platforma informacyjna dla mieszkańców i samorządów Dolnego Śląska e-DolnySlask”. Byłam w tym projekcie współredaktorem dziedzinowym dziedziny botanika, a także współautorem artykułów opisujących zespoły przyrodniczo-krajobrazowe na Dolnym Śląsku.

Podsumowując, moja aktywność naukowa obejmuje samodzielne prace badawcze, rozwój analitycznych metod badawczych, współpracę z naukowcami z innych ośrodków naukowych, prezentacje wyników badań, staż naukowy, recenzje artykułów do czasopism naukowych, aplikacje o finansowanie, organizację konferencji i prace redakcyjne w czasopiśmie. Tematy naukowe, w których byłam zaangażowana to: różnorodność i dynamika borów sosnowych, różnorodność gatunkowa wykrętów w lasach górskich, stan roślinności lasów miejskich Wrocławia, występowanie i dynamika kleszczy w miejskim kompleksie leśnym, zagrożenia archeofitów Dolnego Śląska, rola dębu czerwonego dla różnorodności mszaków,

rozprzestrzenianie dębu czerwonego w borach sosnowych, rola użytków zielonych w produkcji biogazu oraz rozmieszczenie i struktura siedlisk leśnych Natura 2000.

## **6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.**

### Dydaktyka w ramach zatrudnienia

W Uniwersytecie Wrocławskim, na Wydziale Nauk Biologicznych prowadziłam następujące przedmioty z zakresu ekologii i bioróżnorodności (dla studentów kierunków biologia, ochrona środowiska, zarządzanie środowiskiem przyrodniczych, mikrobiologia, genetyka i biologia eksperymentalna):

- Biocenozy – ćwiczenia terenowe
- Biocenozy roślin
- Biologia roślin i grzybów
- Biologia roślin nasiennych
- Botanika i mikologia stosowana
- Botanika systematyczna
- Botanika środowiskowa – wakacyjne ćwiczenia terenowe
- Ćwiczenia terenowe w Karpaczu
- Ekologia zbiorowisk roślinnych
- Flora Polski
- Grzyby i rośliny zarodnikowe
- Organizmy zarodnikowe
- Organizmy zarodnikowe i rośliny nasienne
- Podstawy systematyki Eucaryota
- Podstawy taksonomii roślin i grzybów
- Problemy ochrony szaty roślinnej lasów (przedmiot autorski)
- Rośliny lecznicze (przedmiot autorski)
- Rośliny nasienne
- Rośliny nasienne – ćwiczenia terenowe
- Systematyka i klasyfikacja Eucaryota

W 2021 roku powołałam kurs Biologia roślin nasiennych w formie e-learningowej. Jest to nowatorski kurs jest oparty o moje własne materiały (filmy, interaktywne arkusze, prezentacje) i szeroki wachlarz aktywności studentów.

Obecnie jestem promotorem pomocniczym pracy doktorskiej „Znaczenie starodrzewów dla zachowania różnorodności gatunkowej lasów gospodarczych” realizowanej w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Wrocławskiego.

Byłam promotorem 6 prac licencjackich i 11 prac magisterskich.

### Prace licencjackie:

- Lasy bukowe ich rola w ochronie przyrody w Polsce (2018)
- Zróźnicowanie borów świeżych i ich rola w ochronie bioróżnorodności Polski (2018)
- Zagrożenia zbiorowisk leśnych na terenach zurbanizowanych (2020)
- Różnorodność zbiorowisk roślinnych z drzewostanem dębowym (2022)
- Kształtowanie zbiorowisk leśnych pod wpływem różnych typów rębni (2023)
- Walory przyrodnicze antropogenicznych borów sosnowych w Polsce (2023)

### Prace magisterskie:

- Roślinność młodocianych i dojrzałych drzewostanów sosnowych na tle typów siedliskowych lasu w Nadleśnictwie Turawa (2012)
- Struktura zbiorowiska leśnego w środowisku miejskim na przykładzie Lasu Osobowickiego we Wrocławiu forest (2012)
- Stan zachowania fitocenoz łągowych Lasu Pilczyckiego we Wrocławiu (2013)
- Roślinność leśna Lasu Strachocińskiego we Wrocławiu (2015)
- Stan zachowania roślinności wysp leśnych na przykładzie wybranych lasów miejskich Wrocławia (2015)
- Zniekształcenia roślinności leśnej doliny Odry na przykładzie Lasu Rędzińskiego we Wrocławiu (2019)
- Różnorodność gatunkowa drzewostanów dębowych w kompleksie leśnym zdominowanym przez monokultury sosnowe (2020)
- Stan zachowania zbiorowisk roślinnych w starodrzewach dębowych Równiny Namysłowskiej (2021)
- Stan zachowania roślinności lasów fragmentu doliny Widawy w północnej części Wrocławia (2023)
- Charakterystyka fitosocjologiczna zbiorowisk leśnych w środkowej części Lasu Rędzińskiego forest (2022)
- Przekształcenia roślinności leśnej wschodniej części Rudawskiego Parku Krajobrazowego (2022)

Dla studiów podyplomowych Zarządzanie Środowiskiem Przyrodniczym EKOZNAWCA prowadziłam wykład i ćwiczenia do tematu „Siedliska przyrodnicze Natura 2000 i roślinność Polski – lasy, bory” (2019, 2020, 2021). Byłam promotorem pracy dyplomowej „Rozmieszczenie, stan zachowania i możliwości ochrony borów chrobotkowych w Nadleśnictwie Chocianów” przygotowanej w ramach tych studiów (2010).

### Poszerzanie kompetencji dydaktycznych i merytorycznych

Swoje kompetencje dydaktyczne i merytoryczne poszerzałam na kursach, warsztatach i webinarach:

Kurs naukowy: Zastosowanie metod numerycznych w ekologii. Kurs prowadzony w Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu (6-10.09.2006).

Kurs naukowy: Data Science. Język R dla początkujących. 10-godzinny kurs internetowy na platformie UDEMY (06.2022).

Kurs dydaktyczny: Dydaktyka i metodyka e-learningu. Szkolenie organizowane przez Centrum Kształcenia na Odległość (26.02.-09.04.2021).

Szkolenie: Innowacyjne technologie edukacyjne. Szkolenie w ramach projektu "DOBRA KADRA - podniesienie kompetencji kadry dydaktycznej Uniwersytetu Wrocławskiego na rzecz wzmocnienia jakości kształcenia na uczelni" (17.12.2018).

Szkolenie: Praca dydaktyczna z użyciem metody WebQuest. Szkolenie w ramach projektu "DOBRA KADRA – podniesienie kompetencji kadry dydaktycznej Uniwersytetu Wrocławskiego na rzecz wzmocnienia jakości kształcenia na uczelni" (19.02.2019).

Warsztaty: Leśnictwo dla nie leśników. Stacja terenowa Klubu Przyrodników, Owczary (2005).

Warsztaty organizowane przez Centrum Kształcenia na Odległość Uniwersytetu Wrocławskiego:

- Prowadzenie zajęć oraz współpraca zespołu w aplikacji Teams (2021).
- Praca zespołu w chmurze – zarządzanie uprawnieniami dostępu w aplikacjach pakietu Office 365 (2021).
- Multimedia w dydaktyce – podstawy aplikacji PowerPoint i Sway (2021).
- Obsługa platformy E-EDU – poziom średniozaawansowany (2021).
- PowerPoint dla zaawansowanych (2021, 2022).
- Platforma E-EDU dla zaawansowanych (2022).
- Budowanie motywacji i zaangażowania w zajęciach zdalnych (2023).

Webinaria organizowane przez Centrum Kształcenia na Odległość Uniwersytetu Wrocławskiego (2021-2023):

- Sylabus – niezbędne narzędzie.
- Aktywny student/studentka na zajęciach zdalnych.
- Weryfikacja efektów uczenia się a efektywność zajęć zdalnych.
- Zdalne uczenie się offline – jak planować, aby zajęcia nie ograniczały się do siedzenia przed komputerem.
- Wspieranie rozwoju umiejętności i kompetencji społecznych na zajęciach zdalnych.
- Team Base Learning.
- E-EDU – ekstrakredyt – aktywności dla chętnych.
- E-EDU – moduł Test/Quiz.
- E-EDU – moduł Zadanie i Dziennik ocen.
- E-EDU – moduł Forum.
- E-EDU – moduł Wiki.
- E-EDU moduł Lekcja.

### Funkcje organizacyjne

Na Wydziale Nauk Biologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego jestem członkiem dwóch zespołów:

- zespołu do spraw oceny jakości kształcenia, w którym pełnię dodatkowo funkcję sekretarza,
- zespołu kształcenia przez całe życie, w ramach którego koordynowałam wydarzenie edukacyjne Świdnicka Noc z Biologią.

Pełnię również funkcję kierownika Pracowni Ekologii Roślinności – jednostki należącej do Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Wrocławskiego.

### Popularyzacja nauki

Brałam czynny udział w licznych wydarzeniach popularyzujących naukę. Moje osiągnięcia na tym polu to:

Funkcja konsultanta naukowego w V Szkolnych Warsztatach Astronomicznych w temacie „Co to jest życie”, Świeradów, 2010.

Zajęcia w Ogrodzie Botanicznym dla dzieci przedszkolnych w ramach projektu „Majowa łąka” realizowanego przez wychowawców Przedszkola nr 91 "Nasz Domek" we Wrocławiu, 2012.

Wykład „O czym szumią drzewa?” w ramach Fascination of Plants Day, Wrocław, 2013.

Warsztaty dla młodzieży „Mchy, czyli o tym, co kryje zielone tło” w ramach Festiwalu Nauki w LO w Paczkowie, 2015.

Warsztaty dla dzieci „Czy owoce zawsze są smaczne” w ramach Fascination of Plants Day, 2015.

Koordinacja akcji edukacyjnej „Świdnicka noc z biologią” organizowanej na Wydziale Nauk Biologicznych (5 edycji wydarzenia), Świdnica, 2015-2019.

Warsztaty „Rośliny lecznicze” w ramach II Świdnickiej Nocy z Biologią, Świdnica, 2016.

Warsztaty „Biologia zapylania” w ramach IV Świdnickiej Nocy z Biologią, Świdnica, 2018.

Warsztaty „Alternatywne metody leczenia z wykorzystaniem roślin” w ramach V Świdnickiej Nocy z Biologią, Świdnica, 2019.

Seria wykładów z zakresu ziołolecznictwa dla słuchaczy Uniwersytetu Trzeciego Wieku: „Podstawy ziołolecznictwa”, „Zioła w pospolitych dolegliwościach”, „Terapie niekonwencjonalne z wykorzystaniem roślin”, Uniwersytet Wrocławski, 2019.

Cztery edycje zajęć „Świat roślin w pielęgnowaniu zdrowia” w projekcie edukacyjnym „Biologia dla praktyka”. Program rozwoju zainteresowań oraz pobudzania aktywności edukacyjnej i kulturalnej dla słuchaczy uniwersytetów trzeciego wieku. POWR.03.01.00-00-T068/18, Uniwersytet Wrocławski (2019, 2021).

Cztery edycje zajęć „Podstawy morfologii roślin nasiennych” w projekcie edukacyjnym „Naukowe poznanie świata”. Program rozwoju kompetencji niezbędnych na rynku pracy dla młodzieży szkół ponadpodstawowych. Powr.03.01.00-00-t067/18, Uniwersytet Wrocławski (2021, 2022).

Wykład „Lecznicza moc roślin drzewiastych” dla słuchaczy Uniwersytetu Trzeciego Wieku, Uniwersytet Wrocławski, 2023.

Warsztaty „Bioróżnorodność-Biomasa-Biogaz – wiedza ważna dla każdego. Poznaję, oznaczam rośliny, ćwiczę!” w ramach Dni Otwartych Funduszy Europejskich, Arboretum Wojsławice, Niemcza, 13.05.2023 (wspólnie z dr. Mateuszem Meserszmitem).

Warsztaty „Sukulenty w mikroskali” w ramach wystawy sukulentów odbywającej się w dniach 8-11 czerwca 2023 w Ogrodzie Botanicznym, Wrocław, 2023 (wspólnie z dr. Mateuszem Meserszmitem oraz mgr Natalią Mazurek).



## **7. Inne informacje dotyczące kariery zawodowej.**

W czasie studiów doktoranckich otrzymałam wyróżnienie w II edycji konkursu "Forum Akademickiego" na artykuł popularnonaukowy pod hasłem Skomplikowane i proste. Młodzi uczeni o swoich badaniach za tekst pt. „W lesie, ale nie na drzewie” (Forum Akademickie 1/2007, s: 39; Przegląd Uniwersytecki 1(130)/2007, s: 4).

Jestem także autorką kilku prac (felietony, wywiad), które ukazały się w czasopiśmie Uniwersytet Wrocławski w roku 2004:

Najważniejszy jest optymizm. Uniwersytet Wrocławski 4, 2002, s: 28;

Pomiędzy zwierzętami i aniołami – refleksje nad albumem. Uniwersytet Wrocławski 3, 2003, s: 22-23;

Zaglądamy do różnych szuflad. Uniwersytet Wrocławski 1, 2004, s: 24-25;

Miniatury szczęścia. Uniwersytet Wrocławski 2, 2004, s: 22;

Najważniejsze, żeby umieć się śmiać – rozmowa z doktorem honoris causa prof. Markiem Seawardem. Uniwersytet Wrocławski 2, 2004, s: 16-17 (współautorstwo z Katarzyną Szczepańską)

W latach 2016 i 2018 otrzymałam Nagrodę Rektora Uniwersytetu Wrocławskiego za pracę dydaktyczną, w roku 2019 Nagrodę Rektora Uniwersytetu Wrocławskiego za osiągnięcia naukowe i organizacyjne, a w roku 2020 Nagrodę Rektora Uniwersytetu Wrocławskiego za osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne.

.....  
(podpis wnioskodawcy)