Przegląd Geograficzny
2021, 93, 3, s. 311-339
https://doi.org/10.7163/PrzG.2021.3.1

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
Polska Akademia Nauk

https://www.igipz.pan.pl/przeglad-geograficzny.html

Wykorzystanie zdjęć fitosocjologicznych w najnowszych badaniach środowiska przyrodniczego

The use of phytosociological relevés in recent studies of the natural environment

Anna Kowalska Jacek Wolski Andrzej N. Affek Edyta Regulska Ewa Roo-Zielińska

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. S. Leszczyckiego PAN
ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
aniak@twarda.pan.pl • j.wolski@twarda.pan.pl • a.affek@twarda.pan.pl • eregulska@twarda.pan.pl • e.roo@twarda.pan.pl

Zarys treści. Dokonano przeglądu najnowszej literatury (321 artykułów naukowych z lat 2010-2021) pod kątem wykorzystania zdjęć fitosocjologicznych w badaniach środowiska przyrodniczego. Przegląd systematyczny objął artykuły opublikowane w najbardziej renomowanych czasopismach (indeksowanych w bazie *Web of Science Core Collection*, o punktacji ≥100 według wykazu Ministerstwa Edukacji i Nauki z 2021 r.). Poszukiwano odpowiedzi na pytania: w jakich dziedzinach nauki i praktyki zdjęcia fitosocjologiczne znajdują obecnie zastosowanie, a także do jakich celów oraz w jakich skalach przestrzennych są najczęściej wykorzystywane. Artykuły podzielono na 10 grup tematycznych (m.in. klasyfikacja zbiorowisk roślinnych, zależności między roślinnością i innymi elementami środowiska, wskaźnikowa rola roślinności czy długoterminowe zmiany roślinności). Wyniki wskazują, że najliczniejszą grupę stanowią artykuły, w których zdjęcia fitosocjologiczne były wykorzystywane do określenia warunków siedliskowych wpływających na rozmieszczenie i różnorodność gatunków roślin oraz tworzonych przez nie zbiorowisk, zaś najmniej liczną – opracowania łączące badania przyrodnicze i społeczne. Dominują badania prowadzone w skali lokalnej i regionalnej w danym kraju (241 artykułów) oraz mające charakter transgraniczny (47); mniej powszechne są prace o zasięgu kontynentalnym (19) i globalnym (7). Przeważają opracowania dotyczące Europy.

Słowa kluczowe: przegląd systematyczny, bazy danych fitosocjologicznych, metoda Brauna-Blanqueta, warunki siedliskowe, zbiorowiska roślinne.
Keywords: *systematic review, vegetation databases, Braun-Blanquet method, habitat conditions, plant communities.*

Wstęp

Początki fitosocjologii[1], czyli nauki o zbiorowiskach roślinnych, sięgają pierwszych dekad XX w. Wielu badaczy uważa ją za część geografii roślin, inni za składową geobotaniki lub ekologii. W zakres zadań fitosocjologii wchodzą przede wszystkim badania nad: a) składem gatunkowym zbiorowisk i ich klasyfikacją, b) wpływem czynników środowiskowych

[1] Nazwę *fitosocjologja* wprowadził Paczoski (1896, s. 23) dla nauki „o pochodzeniu, życiu, rozwoju i rozmieszczeniu formacyj roślinnych" – zbiorowisk wyróżnianych przede wszystkim na podstawie cech fizjonomicznych.

na funkcjonowanie zbiorowisk, c) rozwojem zbiorowisk i ich rozmieszczeniem przestrzennym (Dzwonko, 2007).

Wśród wszystkich znanych metod opisu i klasyfikacji zbiorowisk roślinnych szeroko rozpowszechnione jest florystyczno-socjologiczne podejście Brauna-Blanqueta (1921, 1964), według którego skład gatunkowy najlepiej określa podobieństwa i różnice między zbiorowiskami oraz ich związki ze środowiskiem. Popularność tego podejścia związana jest z przystępną i względnie precyzyjną metodyką opisu roślinności, którego podstawą jest zdjęcie fitosocjologiczne wykonane w terenie. Każde zdjęcie fitosocjologiczne jest zbiorem danych o zbiorowisku roślinnym i miejscu jego występowania, zawierającym: listę gatunków z podaniem ich ilościowości[2] i towarzyskości[3], charakterystykę struktury zbiorowiska (w tym jego budowy warstwowej) i warunków siedliskowych, a także informacje o położeniu geograficznym.

Dotychczasowe prace pokazały, że zdjęcia fitosocjologiczne mogą być użyteczne nie tylko do rozpoznania i klasyfikacji zbiorowisk, które były podstawowymi celami badań na początku rozwoju i stosowania metody fitosocjologicznej. Od wielu lat są one wykorzystywane w badaniach dynamiki roślinności, oceny warunków środowiska i skutków przemian środowiskowych, przewidywania i monitorowania wpływu zmian środowiska na roślinność, a także oceny przyrodniczej jakości i wartości zbiorowisk roślinnych oraz całych ekosystemów. Pracę na dużych zbiorach zdjęć ułatwił rozwój metod numerycznych i technik komputerowych wykorzystywanych do ich gromadzenia, analizy i przetwarzania. Dane o zróżnicowaniu zbiorowisk roślinnych oraz ich powiązaniach z warunkami środowiska mają praktyczne znaczenie m.in. dla leśnictwa, rolnictwa, ochrony przyrody i środowiska, architektury krajobrazu i inżynierii ekologicznej (Dzwonko, 2007; Wysocki i Sikorski, 2009). Zastosowanie w tych dziedzinach znajdują m.in. mapy roślinności, opracowane dzięki wcześniejszym studiom fitosocjologicznym i służące jako naukowa podstawa w planowaniu zrównoważonego użytkowania ziemi (np. przeglądowa mapa potencjalnej roślinności naturalnej Polski w skali 1:300 000 – Matuszkiewicz et al., 1995). Kolejnym przykładem jest wykorzystanie fitosocjologicznej klasyfikacji zbiorowisk do charakterystyki siedlisk objętych ochroną w ramach krajowych i międzynarodowych programów (np. programu Natura 2000 – Herbich, 2004) czy określenia spektrów biologicznych i ekologiczno-siedliskowych zespołów roślinnych (Roo-Zielińska, 2014).

Celem prezentowanej pracy jest przegląd najnowszych opracowań naukowych, opublikowanych w najbardziej renomowanych czasopismach pod kątem możliwych zastosowań zdjęć fitosocjologicznych w badaniach komponentów środowiska przyrodniczego. Poszukiwano odpowiedzi na pytania: w jakich dziedzinach nauki i praktyki zdjęcia fitosocjologiczne znajdują obecnie zastosowanie i do jakich celów są najczęściej wykorzystywane. Analizowano także zasięg geograficzny stosowania tej metody badań nad roślinnością.

[2] Ilościowość gatunków – ilościowy udział (pokrycie) każdego gatunku z osobna na powierzchni zdjęcia, wyrażone szacunkowo w stopniach skali umownej.

[3] Towarzyskość gatunków – obrazuje przestrzenne relacje gatunków, określając, czy rośliny danego gatunku występują pojedynczo, czy tworzą skupienia; wyrażona szacunkowo w stopniach skali umownej; obecnie jest już rzadko uwzględniana przy opisie zbiorowisk.

Metodyka

Do realizacji głównego celu pracy wykorzystano bazę *Web of Science Core Collection* (www.webofknowledge.com) zawierającą artykuły opublikowane w czasopismach naukowych o największym zasięgu oddziaływania, mierzonym wskaźnikiem cytowań „IF" (ang. *impact factor*). Zastosowano następujące kryteria przeszukiwania: a) język angielski, b) deskryptory czasowe 2010-2021 (dostęp 15.02.2021), c) hasła *phytosociological relevé* or *vegetation plot* we wszystkich polach wyszukiwania. Z 682 artykułów, które spełniły powyższe warunki formalne, wybrano 384 opublikowane w czasopismach ≥ 100 pkt. według wykazu Ministerstwa Edukacji i Nauki[4]. Następnie poddano analizie założenia metodyczne poszczególnych badań pod kątem rzeczywistego wykorzystania zdjęć fitosocjologicznych. W efekcie do dalszych prac zakwalifikowano 321 artykułów.

Analizowano zakres tematyczny (cel) i przestrzenny (skala, położenie geograficzne) badań. Określono także typy zbiorowisk, z których pochodziły wykorzystane zdjęcia fitosocjologiczne, podstawę źródłową (autorskie prace terenowe, bazy danych, literatura), a także inne elementy środowiska uwzględniane w opracowaniach. Na tej podstawie podzielono publikacje na 10 grup tematycznych odnoszących się do różnych dziedzin i zastosowań zdjęć fitosocjologicznych.

Rezultaty

Analizowane artykuły pochodziły z 77 czasopism, przy czym w sześciu z nich opublikowano więcej niż 10 prac spełniających przyjęte kryteria wyboru. Były to: *Journal of Vegetation Science* (56), *Applied Vegetation Science* (55), *Ecography* (15), *PloS One* (13), *Forest Ecology and Management* (12), *Global Ecology and Biogeography* (11)[5].

Zainteresowanie prowadzeniem badań fitosocjologicznych w ekosystemach leśnych (108 artykułów) było nieco większe niż na obszarach nieleśnych (85), do których zaliczono m.in. łąki, pastwiska, murawy, roślinność zaroślową, torfowiska i inne obszary podmokłe w różnych strefach klimatyczno-roślinnych (od tundry po sawannę). Trzecią grupę stanowiły prace (blisko 100 artykułów), których przedmiot badań obejmował wiele typów ekosystemów czy formacji roślinnych. Do tej grupy włączono także opracowania poświęcone poszczególnym gatunkom roślin bez względu na lokalizację ich stanowisk. Dużo rzadsze były badania roślinności na wydmach (12), a sporadyczne (łącznie 10) – w ekosystemach zurbanizowanych, na terenach przemysłowych, wzdłuż ciągów komunikacyjnych czy na polach ornych i ich obrzeżach.

W 138 artykułach podstawą analizy były wyłącznie zdjęcia fitosocjologiczne pozyskane z baz danych i literatury, zaś w kolejnych 47 opracowaniach stanowiły one uzupełnienie własnych prac terenowych. Najczęściej wykorzystywano ogólnokrajowe bazy danych oraz *European Vegetation Archive*, choć posiłkowano się także innymi bazami (np. *European Coastal Vegetation Database*, *EcoPlant*, *Sophy*, *Global Inventory of Floras and Traits*, *Global Index of Vegetation-Plot Databases*) oraz danymi zbieranymi w ramach programów

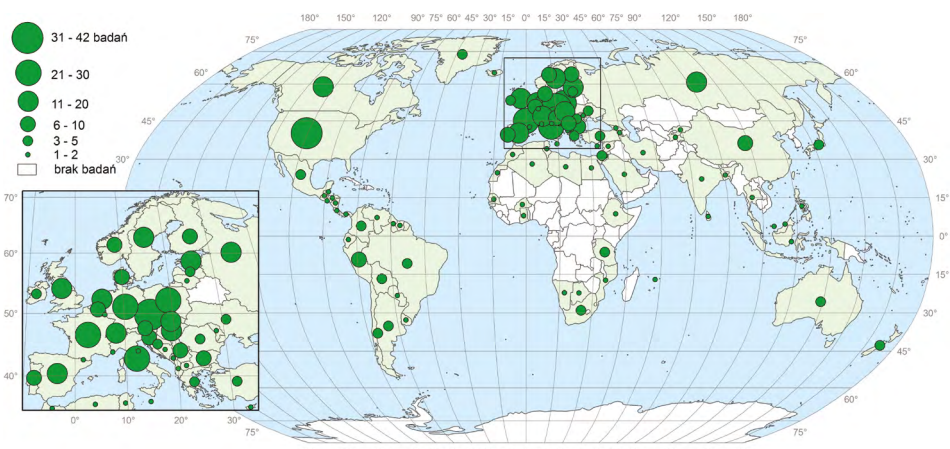
[4] Komunikat Ministra Edukacji i Nauki z dnia 9 lutego 2021 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych.

[5] Pełny spis analizowanych artykułów dostępny jest jako załącznik załącznik 1 na końcu artykułu.

monitoringowych czy znajdującymi się w dyspozycji parków narodowych i włodarzy lasów. Autorskie zdjęcia fitosocjologiczne i spisy gatunków stanowiły jedyną podstawę materiałową w 130 artykułach.

W wielu pracach (190 artykułów) dane fitosocjologiczne analizowano łącznie z informacjami o różnych czynnikach środowiskowych. Zdecydowanie najczęściej wykorzystywano dane o właściwościach fizycznych i chemicznych gleby (uziarnienie, wilgotność, pH, C:N, ilość węgla organicznego i składników mineralnych, charakterystyka próchnicy), warunkach klimatycznych w różnych skalach przestrzennych (temperatura powietrza, opady atmosferyczne, wilgotność) oraz topografii terenu (wysokość, nachylenie, ekspozycja). Dosyć często posiłkowano się danymi o biomasie nadziemnej, drzewostanach (pierśnica, zwartość koron drzew, ilość martwego drewna), podłożu geologicznym (typ skały macierzystej) czy uwarunkowaniach społeczno-gospodarczych (gęstość zaludnienia, użytkowanie ziemi, pogłowie zwierząt). Sporadycznie wykorzystywano także informacje o strukturze krajobrazu, wodach gruntowych, pożarach, inwazyjnych gatunkach zwierząt czy depozycji atmosferycznej (zwłaszcza azotu). Pozostałe 132 artykuły miały charakter typowo fitosocjologiczny, zaś ewentualne dodatkowe informacje dotyczyły zazwyczaj charakterystyk związanych z budową morfologiczną czy innymi cechami funkcjonalnymi gatunków roślin.

Pod względem zasięgu przestrzennego artykuły można podzielić na cztery grupy. Zdecydowanie dominują badania o charakterze lokalnym i regionalnym realizowane w danym kraju (241 artykułów). Wyniki badań transgranicznych opublikowane zostały w 47 artykułach, przy czym w większości „osią przewodnią" były łańcuchy górskie. W pracach z tych dwóch grup wykorzystano łącznie 554 zestawy zdjęć fitosocjologicznych (autorskich lub z baz danych) pochodzące ze 106 krajów, przy czym absolutny prym w tym względzie wiodą Czechy, a w następnej kolejności Stany Zjednoczone, Niemcy, Polska, Francja i Włochy (ryc. 1). W 19 opracowaniach badaniami objęto kontynent – niemal bez wyjątku europejski (ewentualnie z dodatkowymi krajami azjatyckimi), bowiem tylko jedna praca z tej grupy dotyczyła Ameryki Północnej. Należy jednak zaznaczyć, że opracowania o zasięgu



Ryc. 1. Liczba badań prowadzonych z wykorzystaniem zestawów zdjęć fitosocjologicznych w poszczególnych krajach (na podstawie 288 z 321 analizowanych artykułów)
The number of studies using sets of phytosociological relevés carried out in different countries (based on 288 of 321 articles analysed)

kontynentalnym w niektórych przypadkach obejmowały tylko wybrane państwa, a tym samym oddzielenie ich od badań transgranicznych bazowało bardziej na założeniach i celach danej pracy niż rzeczywistej liczbie krajów, z których pozyskano zdjęcia fitosocjologiczne. Wyzwań o charakterze globalnym podjęli się autorzy tylko 7 artykułów z 321.

Po wnikliwym przeglądzie celów i założeń analizowanych publikacji podzielono je na 10 grup tematycznych. Najliczniejszą grupę stanowią prace, w których zdjęcia fitosocjologiczne, w zestawieniu z innymi danymi, były wykorzystywane do określenia warunków siedliskowych oraz ich zmian wpływających na rozmieszczenie i różnorodność gatunków roślin oraz tworzonych przez nie zbiorowisk (3)[6]. Oddzielną grupę reprezentują badania dotyczące uwarunkowań występowania gatunków inwazyjnych (4). Wśród analizowanych publikacji znalazły się też badania poświęcone roślinności traktowanej jako wskaźnik specyficznych warunków siedliskowych lub procesów zachodzących w środowisku (5). Dużą część stanowią opracowania odnoszące się do metodyki badań nad roślinnością (2) oraz długoterminowych zmian roślinności (8). Mniej liczne były natomiast badania, w których zdjęcia fitosocjologiczne były podstawą klasyfikacji zbiorowisk (1), określenia wpływu różnych działań człowieka na roślinność (7) i przydatności zbiorowisk jako siedlisk dla zwierząt (6) czy porównań z metodami teledetekcyjnymi (9). Najmniej liczną grupę stanowią opracowania łączące badania przyrodnicze i społeczne (10) – tab. 1.

Należy przy tym podkreślić, że wiele artykułów poruszało kwestie związane z kilkoma grupami tematycznymi. W takim przypadku, posiłkując się metodą ekspercką, przypisywano daną pracę do grupy najmocniej powiązanej z zasadniczym celem badań.

Tabela 1. Liczba i udział procentowy opracowań z poszczególnych grup tematycznych
The number and percentage of studies from different thematic groups

Lp.	Grupa tematyczna	Publikacje	
		liczba	%
1	Klasyfikacja zbiorowisk roślinnych	29	9
2	Badania metodyczne	48	15
3	Badania zależności między roślinnością i innymi elementami środowiska	84	26
4	Badania uwarunkowań występowania gatunków inwazyjnych	26	8
5	Badania wskaźnikowej roli roślinności	10	3
6	Badania dotyczące przydatności zbiorowisk roślinnych jako siedlisk dla zwierząt	25	8
7	Badania wpływu działań antropogenicznych na roślinność	28	9
8	Badania długoterminowych zmian roślinności	44	14
9	Badania łączące metody fitosocjologiczne z metodami teledetekcyjnymi	22	7
10	Badania społeczne	5	1

Grupa 1. Klasyfikacja zbiorowisk roślinnych

Klasyfikacja roślinności to podstawowe i pierwotne zastosowanie zdjęć fitosocjologicznych, choć współcześnie nie jest to już dominujący nurt badań wykorzystujących tego typu

[6] Numery w nawiasach odpowiadają numeracji grup z tab. 1.

dane. Największymi propagatorami tego nurtu w skali światowej są z pewnością Czesi, na czele z takimi autorytetami w tej dziedzinie jak Milan Chytrý czy Lubomír Tichý. Wiodącym czasopismem publikującym prace dotyczące klasyfikacji roślinności jest *Applied Vegetation Science*. Powtarzające się w większości prac standardowe procedury przetwarzania danych, metody statystyczne i wykorzystywane narzędzia komputerowe (*Turboveg*, *Juice*, pakiet *R vegan*) wskazują z jednej strony na wysoki stopień zaawansowania aparatu naukowego w tej dziedzinie, a z drugiej na monopol podejścia propagowanego i rozwijanego głównie przez Czechów. Wskazuje to także na dość wąską i hermetyczną grupę badaczy zajmujących się tą tematyką. Największym zainteresowaniem cieszy się problematyka klasyfikacji roślinności na poziomie kontynentalnym (prawie zawsze chodzi o Europę). Stały się one możliwe dzięki integracji zasobów zdjęć fitosocjologicznych najpierw na poziomie krajowym, a następnie na poziomie europejskim. Rozwijana od 2012 r. baza *European Vegetation Archive* (*EVA*) zawiera aktualnie (stan na kwiecień 2021) 1 804 985 zdjęć z 99 baz (http://euroveg.org/eva-database-eva-reports) i jest unikalnym źródłem danych do wielkoskalowych analiz roślinności europejskiej (Chytrý et al., 2016)[7].

Choć zdarzają się prace mające na celu klasyfikację i charakterystykę biogeograficzną wszystkich europejskich zbiorowisk roślinnych (Chytrý et al., 2020), to jednak przeważnie badania koncentrują się na wybranym typie zbiorowiska. Na przykład w ostatnim dziesięcioleciu przeprowadzono klasyfikację do poziomu zespołu lub związku m.in. europejskich lasów łęgowych i olsów (Douda et al., 2016), lasów bukowych (Willner et al., 2017), torfowisk (Peterka et al., 2017), roślinności bagiennej (Landucci et al., 2020), roślinności stepowej (Willner et al., 2017) czy specyficznych zbiorowisk występujących na żwirowych łachach rzek górskich (Kalníková et al., 2021). Coraz częściej pojawiają się również prace dotyczące klasyfikacji roślinności z bardziej egzotycznych rejonów świata, np. zbiorowisk leśnych na Tajwanie (Li et al., 2013) czy w Iranie (Gholizadeh et al., 2020); jednak, co ciekawe, niemalże zasadą jest, że co najmniej jeden współautor w takich pracach jest Czechem.

Grupa 2. Badania metodyczne

Zakres tematyczny opracowań dotyczących kwestii metodycznych jest bardzo szeroki. Pierwszą grupę stanowią prace odnoszące się do metodyki wykonywania zdjęć fitosocjologicznych. Na przykład Michalcová et al. (2011) analizowali wpływ wyboru miejsca wykonania zdjęcia na różne parametry różnorodności roślinności we wschodnich Czechach. Z kolei Güler et al. (2016), a także Meier i Hofer (2016) badali zależności między wskaźnikami różnorodności gatunkowej a kształtem i wielkością pól testowych na łąkach południowej i zachodniej Europy. Rozmiarem pola testowego w badaniach torfowisk w Skandynawii i centralnej Europie zajmowali się natomiast Peterka et al. (2020). Inni badacze próbowali ocenić, jaki wpływ na skład gatunkowy i inne charakterystyki roślinności ma termin wykonywania zdjęć (na mokradłach Półwyspu Bałkańskiego – Jenačković et al., 2018; na murawach i w lasach na Morawach – Vymazalová et al., 2014). Większość tych analiz wymagała przeprowadzenia własnych badań w terenie lub łączenia ich z danymi z baz fitosocjologicznych.

[7] Jedną z większych baz wchodzących w skład *EVA* jest polska baza danych o roślinności (*The Polish Vegetation Database*) (Kącki i Śliwiński, 2012), która obecnie (kwiecień 2021) gromadzi ponad 85 000 zdjęć (https://www.ogrodbotaniczny.wroclaw.pl/polishvegetationdatabasezasoby.html).

Zdjęcia zgromadzone w dużych bazach stanowiły podstawę badań, których zamierzeniem było stworzenie algorytmów klasyfikacyjnych zbiorowisk, zastępujących ocenę ekspertów. Gégout i Coudun (2012) wykorzystali do tego celu zdjęcia lasów zebrane w bazach *EcoPlant* i *Sophy* (Francja), Tichý et al. (2014) zdjęcia z lasów i wilgotnych łąk wykonanych na Słowacji, Węgrzech i w Czechach, a de Cáreces et al. (2010) zdjęcia górskich pastwisk z Katalonii (Hiszpania). Duże zestawy zdjęć ze Szwajcarii, Szkocji i Czech (Lewis et al., 2016; de Bello et al., 2016) były wykorzystywane również przy szacowaniu puli gatunków nieobecnych w zbiorowiskach, ale potencjalnie możliwych do pojawienia się na danym miejscu i siedlisku (tzw. *dark diversity*).

Kilka prac poświęconych było samym bazom fitosocjologicznym. El-Sheikh et al. (2017) opisali proces powstawania i strukturę bazy roślinności Arabii Saudyjskiej, natomiast w pracy Bruelheide et al. (2019) opisano bazę *sPlot*, zawierającą ponad 1120 tys. zdjęć fitosocjologicznych z całego świata uzupełnionych o dane klimatyczne, glebowe i biogeograficzne. W opracowaniu Dengler et al. (2011) przedstawiono metabazę – *Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD)*, w której zgromadzono informacje o 311 bazach fitosocjologicznych na świecie. Natomiast Wiser et al. (2011) zajmowali się problemem standaryzacji danych fitosocjologicznych, istotnej przy tworzeniu i integracji baz. Z kolei McNeillie et al. (2015) badali błędy georeferencyjne w bazach rzutujące na interpretację wyników analiz przestrzennych.

Ciekawym przykładem badań metodycznych są także prace porównujące efektywność różnych metod identyfikacji gatunków. Wyniki Thompson i Newmaster (2014) oraz de Mattia et al. (2012) pokazują, że bardziej wydajne i opłacalne jest zastosowanie metody identyfikacji bazującej na charakterystycznej sekwencji DNA genomu gatunków niż na podstawie cech morfologicznych. Z kolei rezultaty pracy Zhao et al. (2016) w Chinach wskazują, że do monitoringu bioróżnorodności lasów polegającego m.in. na identyfikacji gatunków drzew, można z powodzeniem zaangażować członków lokalnej społeczności, bowiem ich znajomość tradycyjnych nazw gatunków jest porównywalna z wiedzą ekspertów.

Jeszcze inne zastosowanie zdjęć fitosocjologicznych zaprezentowali Axmanová et al. (2012), testując nieinwazyjną metodę szacowania biomasy roślinności zielnej wykorzystującą medianę wysokości odnotowanych gatunków i całkowite pokrycie warstwy zielnej. Z kolei Avon et al. (2015), analizując kontekst krajobrazowy 1902 leśnych powierzchni badawczych w północnej Francji, wskazali optymalną wielkość zasięgu powierzchniowego dla badań wpływu struktury krajobrazu na wzorce różnorodności gatunkowej zbiorowisk leśnych.

Grupa 3. Badania zależności między roślinnością i innymi elementami środowiska

W pracach z tej grupy poszukiwano głównych czynników środowiskowych stymulujących bogactwo i skład gatunkowy zbiorowisk w różnych skalach przestrzennych. Nieliczne badania w skali globalnej dotyczyły przede wszystkim zróżnicowania funkcjonalnego gatunków i zbiorowisk. Przykładem jest artykuł Sandel et al. (2016), którego celem było określenie zależności między różnymi cechami funkcjonalnymi gatunków traw i czynnikami klimatycznymi. Źródłem zdjęć fitosocjologicznych była baza *VegBank*, informacje o cechach funkcjonalnych roślin zaczerpnięto m.in. z baz *GrassBase* i *TRY*, a dane klimatyczne o opadach i temperaturze powietrza z bazy *PRISM*. Analizy wykazały silne zróżnicowanie kompozycji funkcjonalnych cech gatunków traw wzdłuż gradientów środowiskowych.

Z kolei rezultaty badań Bruelheide et al. (2018), obejmujących 26 632 gatunki roślin, pokazały wbrew oczekiwaniom, że na kombinację cech funkcjonalnych w zbiorowiskach dominujący wpływ mają czynniki lokalne (np. właściwości glebowe, wykorzystanie nisz czy zależności biotyczne), a nie makro-środowiskowe.

Przykładem badań transgranicznych jest praca Hrivnáka et al. (2015) dotycząca zróżnicowania bogactwa gatunkowego rodzimych i obcych roślin naczyniowych w lasach olszowych w Karpatach Zachodnich, wyjaśnianego zmiennymi glebowymi. Podstawą badań było 240 zdjęć fitosocjologicznych i próby glebowe poddane analizom na zawartość węgla, azotu i fosforu. Wykazano negatywny związek między bogactwem gatunków a zawartością związków biogennych. Z kolei w badaniach Riibak et al. (2015) 1223 zdjęcia fitosocjologiczne cennych przyrodniczo muraw nawapiennych z regionu Morza Bałtyckiego (Estonia, Rosja, Szwecja) były podstawą analiz mających odpowiedzieć na pytania: jaka część puli gatunków charakterystycznych dla tych siedlisk jest spotykana na poziomie stanowiska i jakie mechanizmy odpowiadają za ich rzeczywistą i potencjalną różnorodność. Stwierdzono wysokie, potencjalne bogactwo gatunków charakterystycznych dla muraw, uwarunkowane regionalną pulą gatunków i jednocześnie nieobecność wielu z nich na badanych stanowiskach, spowodowaną prawdopodobnie ograniczoną zdolnością do rozsiewania i niską tolerancją na stres.

Wiele opracowań w różnych skalach dotyczyło kwestii wpływu zróżnicowania krajobrazowego na różnorodność gatunkową zbiorowisk. Jednym z przykładów prac w skali kontynentalnej są europejskie badania Vanneste et al. (2020), w których oceniano wzorce różnorodności roślin na 336 stanowiskach zlokalizowanych w żywopłotach i na poboczach dróg wzdłuż gradientu makro-środowiskowego. Porównywano bogactwo i skład gatunkowy tych liniowych zbiorowisk z sąsiadującymi siedliskami łąkowymi i leśnymi stanowiącymi dla nich źródło propagul, uwzględniając przy tym wpływ czynników edaficznych i mikroklimatycznych oraz struktury krajobrazu. Wykazano, że badane zbiorowiska zapewniają potencjalne siedlisko wielu gatunkom roślin w całej Europie (w tym „gatunkom specjalistom") oraz wskazano na możliwość zwiększenia sukcesu kolonizacyjnego przez modyfikację lokalnych cech siedliska i sposobu gospodarowania (np. struktury koron, mikroklimatu podszytu, właściwości gleby, częstotliwości koszenia). Z kolei Zelený et al. (2010), analizując zdjęcia fitosocjologiczne z czeskiej bazy fitosocjologicznej (*Czech National Phytosociological Database*), stwierdzili, że wraz ze wzrostem różnorodności krajobrazowej wzrasta różnorodność gatunkowa zbiorowisk siedlisk ubogich, ale spada tych na siedliskach żyznych. Natomiast w słowackich badaniach Janišovej et al. (2013) różnorodność gatunkowa łąk rosła wraz ze wzrostem udziału/zróżnicowania sąsiadujących zbiorowisk naturalnych i półnaturalnych, a malała przy wzroście udziału zbiorowisk synantropijnych.

Kolejna grupa opracowań akcentowała determinującą rolę uwarunkowań historycznych. Jiménez-Alfaro et al. (2018), badając europejskie buczyny (42 173 zdjęcia fitosocjologiczne), wykazali, że w skali regionalnej obecne bogactwo gatunków i skład zbiorowisk są związane z polodowcowymi szlakami dyspersji. Wpływ holoceńskiego zasięgu gatunków na różnorodność zbiorowisk leśnych i łąkowych w Karpatach Zachodnich, w połączeniu z aktualnymi warunkami środowiska i presją człowieka, wykazali Divíšek et al. (2020). Podobne rezultaty uzyskali Lenoir et al. (2010) w badaniach różnorodności gatunkowej w dwóch pasmach górskich różniących się historią zlodowaceń – w Alpach i Górach Skandynawskich.

Duże zbiory zdjęć ze stałych powierzchni badawczych lub stanowisk monitoringowych były często wykorzystywane do oceny zmian w zbiorowiskach wywołanych różnymi czynnikami. Przykładem może być opracowanie Verheyena et al. (2012), w którym oceniano wpływ depozycji azotu atmosferycznego na zmiany różnorodności gatunkowej i składu runa lasów liściastych strefy umiarkowanej w Europie. Wyniki z 23 lokalizacji (8 państw, 1205 stanowisk) nie potwierdzają, że bezpośrednią przyczyną obserwowanej eutrofizacji zbiorowisk była zwiększona depozycja azotu. Odnotowane przekształcenia (większa liczba gatunków tolerujących zacienienie i preferujących żyźniejsze siedliska) powiązano ze zmianami gęstości koron drzew i składu drzewostanu (większym udziałem gatunków z łatwiej rozkładającą się ściółką). Podobną problematyką zajmowali się także Dirnböck et al. (2014). Badania tych autorów z 28 kompleksów leśnych i 1335 stałych powierzchni badawczych zlokalizowanych w transekcie Półwysep Skandynawski – południowe Włochy, pokazały spadek udziału powierzchniowego gatunków oligotroficznych i nieznaczny wzrost udziału gatunków preferujących żyźniejsze siedliska; nie obserwowano natomiast zmian różnorodności runa badanych lasów. Spadek różnorodności zbiorowisk powiązany ze zwiększoną depozycją azotu obserwowano natomiast na monitorowanych stanowiskach ubogich łąk i wrzosowisk w Wielkiej Brytanii (Maskell et al., 2010). Innym przykładem wieloletnich obserwacji na stałych powierzchniach są badania Stevensa et al. (2019) prowadzone w lasach iglastych w Kolorado (USA). Autorzy zajmowali się kwestią tempa i długotrwałości zmian składu gatunkowego tych zbiorowisk po pożarach o różnej intensywności.

Dane ze zdjęć fitosocjologicznych w połączeniu ze szczegółowymi informacjami o warunkach siedliskowych służyły również do opracowania modeli predykcyjnych przyszłych zmian roślinności. Na przykład Schoolmaster et al. (2018) wykorzystali kilkuletnie obserwacje roślinności bagien przybrzeżnych w Luizjanie (USA) wraz z danymi topograficznymi i amplitudami pływów do wskazania potencjalnych obszarów zagrożonych utratą tych wrażliwych ekosystemów. Natomiast Stewart et al. (2018) wykorzystali dane z 200 zdjęć fitosocjologicznych wykonanych na Grenlandii oraz informacje o wilgotności i temperaturze gleby, temperaturze powietrza, pokrywie śnieżnej i promieniowaniu słonecznym do modelowania przekształceń roślinności tundry pod wpływem zmiany klimatu. Większość testowanych scenariuszy wskazywała na homogenizację obecnie bardzo różnorodnych zbiorowisk arktycznych, a w konsekwencji na zmiany w funkcjonowaniu całych ekosystemów.

Grupa 4. Badania uwarunkowań występowania gatunków inwazyjnych

Wśród badań dotyczących związków między gatunkami roślin/zbiorowiskami i różnymi czynnikami środowiskowymi szczególną grupę stanowią opracowania odnoszące się do uwarunkowań występowania gatunków inwazyjnych. Ten istotny i wciąż narastający problem był rozpatrywany w różnych skalach i strefach roślinno-klimatycznych oraz zbiorowiskach. Najwięcej prac dotyczyło ekosystemów szczególnie wrażliwych na inwazje gatunków obcych – np. związanych z dolinami rzecznymi (Meek et al., 2010; Liendo et al., 2021) lub pasami nadmorskimi (Carboni et al., 2010). Zróżnicowanie zbiorowisk pod kątem podatności na inwazję badali na większą skalę Kalusová et al. (2015) porównując 12 podobnych typów siedlisk występujących w Europie i Ameryce Północnej. Również Dyderski i Jagodziński (2019), badając lasy miejskie w Poznaniu, wykazali zależność między wzorcami inwazji gatunków obcych a typem zbiorowiska, uwarunkowaną siedliskotwórczą

rolą dominujących gatunków drzew oraz różną dostępnością zasobów i poziomem zakłóceń, a także różnymi zestawami gatunków rodzimych.

Wśród opracowań opisujących zjawisko inwazji przeważają badania o zasięgu lokalnym, w których wykorzystywano autorskie zdjęcia fitosocjologiczne lub dane z dużych baz fitosocjologicznych. W nielicznych pracach o szerszym zasięgu terytorialnym (kontynentalnym, globalnym) analizowano wyłącznie zdjęcia zgromadzone w bazach. Takim przykładem jest opracowanie Tordoni et al. (2021), w którym wykorzystano 14 841 zdjęć fitosocjologicznych, wykonanych na różnych kontynentach w zbiorowiskach nadmorskich wydm, do określenia globalnych wzorców różnorodności gatunków rodzimych i obcych oraz czynników naturalnych (np. klimatycznych) i antropogenicznych determinujących ich występowanie. Także ekosystemów wydmowych, ale w mniejszej skali, dotyczyły prace Carboni et al. (2011) oraz Malavasi et al. (2014), w których analizowano wzorce występowania i rozprzestrzeniania się gatunków obcych na wybrzeżu Włoch. W pierwszej stwierdzono silne zależności między czynnikami abiotycznymi (warunkami glebowymi, geomorfologicznymi i wietrznymi) i podatnością zbiorowisk na inwazje, których identyfikacja może być przydatna do prognozowania zmian roślinności. Druga praca pokazała, że inwazja obcych gatunków jest silnie związana z historycznym użytkowaniem danego miejsca, a na ich bogactwo wpływa fragmentacja krajobrazu i dostawa propagul związana z presją człowieka.

W wielu opracowaniach koncentrowano się na znalezieniu cech funkcjonalnych gatunków obcych i rodzimych (np. osobniczych cech morfologicznych, fenologicznych, fizjologicznych), które decydują o sukcesie gatunków inwazyjnych i podatności na inwazję całych zbiorowisk. Na przykład Moravcová et al. (2015), wykorzystując dane o 20 cechach związanych z rozmnażaniem i dyspersją dla 93 obcych gatunków roślin naczyniowych występujących w Czechach, pokazali, że cechy funkcjonalne znacząco wpływają na sukces inwazji i odgrywają ważną rolę na wszystkich etapach życia roślin – zaczynając od rozmnażania (produkcja nasion), przez dyspersję (cechy propagul), do konkurowania z gatunkami rodzimymi (wzrost). Z kolei Giorgis et al. (2016) badając różne ekosystemy górskie w Argentynie stwierdzili, że podatność zbiorowisk na inwazję zależy w dużej mierze od form wzrostu roślin dominujących wśród gatunków inwazyjnych i zbiorowisk, do których wkraczają.

Do wyjaśnienia mechanizmów inwazji i inwazyjności zbiorowisk wykorzystywano także badania filogenetycznego powinowactwa między gatunkami rodzimymi i obcymi (nowoprzybyłymi i już osiadłymi) (Sheppard et al., 2015; Kusumoto et al., 2019), a także preferencji siedliskowych analizowanych przy pomocy ekologicznych liczb wskaźnikowych Ellenberga (Ellenberg et al., 1992) i typów strategii życiowych (Jansen et al., 2011).

Ciekawym przykładem praktycznego zastosowania badań fitosocjologicznych jest opracowanie Chytrego et al. (2012), w którym wykorzystano notowania gatunków obcych ze zdjęć wykonanych na obszarze prawie całej Europy do opracowania map przyszłych inwazji różnych typów zbiorowisk, zapoczątkowanych zmianami użytkowania w ramach trzech możliwych scenariuszy społeczno-ekonomicznych.

Grupa 5. Badania wskaźnikowej roli roślinności

Badania, w których roślinność jest wykorzystywana jako wskaźnik specyficznych warunków siedliska lub procesów zachodzących w środowisku, mają przede wszystkim zasięg lokalny i regionalny. W obu skalach większość badań bazuje na autorskich zdjęciach fito-

socjologicznych wykonanych w terenie i koncentruje się na wykorzystaniu pojedynczych gatunków roślin lub całych zbiorowisk do indykacji właściwości gleb i zawartości składników odżywczych. Na przykład Cano-Ortiz et al. (2021), łącząc badania fitosocjologiczne z analizami glebowymi, wykazali, że znajomość składu i udziału powierzchniowego gatunków w zbiorowiskach łąk i pastwisk (Jaén, Hiszpania i Évora, Portugalia) umożliwia szybkie oszacowanie zawartości składników odżywczych w glebie, przydatne przy planowaniu zabiegów rolniczych, np. nawożenia. Z kolei Olleck et al. (2020) wykorzystali zdjęcia fitosocjologiczne do określenia charakterystycznej kompozycji gatunków umożliwiającej lokalizację gleb ściółkowych w górskich borach mieszanych (Bawaria, Niemcy), a cechy funkcjonalne gatunków wskaźnikowych do oceny właściwości ekologicznych tych gleb. Innym ciekawym przykładem badań z tej grupy tematycznej jest opracowanie Rozbrojovej i Hájka (2010) ukazujące związki między stężeniem makroelementów w tkankach wybranych gatunków roślin i czynnikami środowiskowymi determinującymi gradienty roślinności na siedliskach hydrogenicznych w Karpatach Zachodnich, na pograniczu czesko-słowackim.

Wskaźnikowa rola roślinności była również badana na podstawie danych z dużych baz fitosocjologicznych. Na przykład Wamelink et al. (2019) korzystali z ogólnokrajowej bazy zdjęć fitosocjologicznych (*NDV – National Dutch Vegetation database*) do określenia średniej wartości pH (na podstawie liczb wskaźnikowych) przy opracowaniu mapy zakwaszenia gleb w Niderlandach. Ten zbiór zdjęć wykorzystali także Sterk et al. (2013) do wyselekcjonowania funkcjonalnych cech gatunków odzwierciedlających odporność ekosystemów wodno-błotnych na zmiany środowiskowe.

Należy ponadto zaznaczyć, że w wielu badaniach, w których wskaźnikowa funkcja roślinności nie była priorytetem, dane ze zdjęć fitosocjologicznych dotyczące składu i pokrycia powierzchniowego gatunków służyły do obliczenia wartości ekologicznych liczb wskaźnikowych Ellenberga, które są pośrednimi indykatorami warunków siedliskowych (por. Lenoir et al., 2010; Zelený et al., 2010; Timmermann et al., 2015; Jiménez-Alfaro et al., 2018).

Grupa 6. Badania dotyczące przydatności zbiorowisk roślinnych jako siedlisk dla zwierząt

Badania, w których określano przydatność zbiorowisk roślinnych jako siedlisk dla zwierząt, mają przeważnie zasięg lokalny i regionalny, a tylko nieliczne charakter transgraniczny. Na podstawie zdjęć fitosocjologicznych określano głównie zmiany w zbiorowiskach zachodzące w wyniku działalności zwierząt lub szukano potencjalnych mechanizmów środowiskowych wpływających na rozmieszczenie ich populacji. Badano także pojedyncze gatunki roślin istotne dla funkcjonowania różnych gatunków zwierząt. Większa część analiz wymagała przeprowadzenia autorskich badań w terenie, rzadziej łączenia ich z danymi z baz fitosocjologicznych czy korzystania tylko z baz. Najliczniej analizowane były zbiorowiska leśne, rzadziej zbiorowiska użytków zielonych, wrzosowisk, wydm, pól ornych czy ekosystemów miejskich.

Większość prac dotyczyła ssaków, głównie parzystokopytnych, zarówno wolno żyjących (dzikich), jak i hodowlanych. Na przykład Macander et al. (2020) zestawili dane ze zdjęć fitosocjologicznych z obrazami satelitarnymi części Alaski, Jukonu i Kolumbii Brytyjskiej w celu oszacowania aktualnego pokrycia porostami i stworzenia mapy predykcyjnej zasobów pokarmowych dla karibu. Natomiast Chollet et al. (2014) skupili się na zależności między występowaniem obcego gatunku jelenia i znacznym uproszczeniem

struktury i różnorodności gatunkowej podszytu, a w konsekwencji spadkiem różnorodności owadów i ptaków śpiewających (Archipelag Haida Gwaii, Kolumbia Brytyjska). Inni badacze analizowali zmiany siedliskowe wywołane nadmiernym zagęszczeniem ssaków (w starych dąbrowach w Czechach – Vild et al., 2017), zgryzaniem roślinności (w górskich borach świerkowych i mieszanych w Parku Narodowym Lasu Bawarskiego – Möst et al., 2015) czy wydeptywaniem (na Wydmie Synaj – Kidron, 2016) lub przeciwnie – zanikiem ich aktywności (w starych lasach brzozowo-dębowych w Wielkiej Brytanii – Vild et al., 2021; na stepach płaskowyżu Qinghai-Tybet w Chinach – Harris et al., 2015).

Innym interesującym przykładem artykułu o tej tematyce jest opracowanie Karlsen et al. (2013), w którym ukazano związek między pojawem inwazyjnych gatunków motyli nocnych (*Geometridae*) w ekotonach północnych lasów borealnych (Varanger Peninsula, Norwegia) z masową defoliacją koron, zubożeniem biomasy roślinności i znaczną zmianą w składzie gatunkowym runa. Z kolei Pielech et al. (2017) testowali możliwość wykorzystania ekologicznych liczb wskaźnikowych Ellenberga jako miar zastępczych różnych zmiennych związanych ze strukturą i dynamiką roślinności, umożliwiających prognozowanie rozmieszczenia zagrożonego gatunku motyla (*Euphydryas aurinia*) i oceny jakości siedliska. Na uwagę zasługuje również praca Hemp i Hemp (2018), w której na podstawie charakterystyk zgrupowania owadów prostoskrzydłych (*Orthoptera*) przeanalizowano skutki przekształcenia naturalnych ekosystemów podgórskich w pola uprawne oraz postępujące za tym zniszczenie naturalnych korytarzy migracyjnych zwierząt i coraz wyraźniejszą izolację „odciętych" ekosystemów (Kilimandżaro i Mt. Meru, Tanzania).

Ciekawym przykładem badań z wykorzystaniem danych z baz fitosocjologicznych jest opracowanie Höft et al. (2010), w którym dzięki zastosowaniu regionalnej bazy (*Floristic Databases of Mecklenburg-Pomerania – Higher Plants*) zidentyfikowano gatunki roślin wskazujące na wypasanie zbiorowisk łąkowych. Znajomość tych gatunków daje możliwość powiązania płatności z programów rolno-środowiskowych z kryteriami florystycznymi wskazującymi na ekstensywne wypasanie, bez potrzeby kontrolowania faktycznej obecności wypasanych zwierząt czy księgowania dni wypasu. Z kolei van Raamsdonk et al. (2015) na podstawie ogólnokrajowej bazy danych (*The Dutch National Vegetation Database*) wyodrębnili i uszeregowali gatunki roślin pod względem produkcji związków biologicznie aktywnych stanowiących potencjalne ryzyko dla zwierząt hodowlanych i konsumentów produktów odzwierzęcych.

Grupa 7. Badania wpływu działań antropogenicznych na roślinność

Badania wpływu działań antropogenicznych na roślinność mają niemal wyłącznie zasięg lokalny i ograniczają się do poszczególnych regionów fizycznogeograficznych, obszarów chronionych lub jednostek administracyjnych danego kraju. Do wyjątków należały badania prowadzone wzdłuż gradientu klimatycznego biegnącego z Włoch do Norwegii, których przedmiotem była zależność między bogactwem i składem gatunkowym zbiorowisk roślinnych a odległością od krawędzi płatów lasu o zróżnicowanej gospodarce (Govaert et al., 2020). Jedynym przykładem opracowania o zasięgu globalnym była metaanaliza bazująca na wynikach prac fitosocjologicznych prowadzonych w głównych formacjach roślinnych na świecie, w której autorzy na podstawie danych z ponad 16 tys. stanowisk wykazali brak ogólnej tendencji do zmniejszania się różnorodności gatunków roślin w skali lokalnej w ciągu ostatniego stulecia (Vellend et al., 2013).

W większości prac wykorzystywano wyłącznie autorskie zdjęcia fitosocjologiczne, wykonywane w jednym sezonie wegetacyjnym, ewentualnie dwukrotnie w celu prezentacji stanów z kilkuletnim lub kilkunastoletnim interwałem (Leck, 2013). Rzadko zakładano stałe powierzchnie monitoringowe, jak na przykład podczas badań wpływu rębni częściowej na roślinność runa lasów sosnowych w Estonii (Tullus et al., 2019). W analizach prowadzonych w dłuższych przedziałach czasu posiłkowano się zdjęciami fitosocjologicznymi z baz danych, czego przykładem były badania zmian roślinności sawannowej na skutek zwiększającej się intensywności wypasu w Burkina Faso (Leßmeister et al., 2019), czy długotrwałego wpływu nasadzeń świerkowych na skład i bogactwo gatunkowe roślinności zielnej na siedliskach buczynowych w słowackiej części Karpat (Máliš et al., 2012). Artykuły, w których wykorzystywano wyłącznie bazy danych (np. *Polish Vegetation Database*, *Silene*), były nieliczne. Wśród nich na uwagę zasługują badania wpływu zmian środowiska na bogactwo gatunkowe półnaturalnych muraw na Dolnym Śląsku (Raduła et al., 2020), a także analizy zależności preferencji ekologicznych gatunków runa od historycznego użytkowania gruntów i czasu trwania tzw. starych lasów we Francji (Abadie et al., 2020).

Kontekst historyczny był częstym przedmiotem rozważań w tej grupie tematycznej. Klasycznymi przykładami były badania zmian roślinności użytków zielonych zachodzących na skutek zaprzestania wypasu i koszenia, prowadzone m.in. w Polsce (Swacha et al., 2018), Szwecji (Vandewalle et al., 2014) i Estonii (Metsoja et al., 2012), a także zjawiska sukcesji naturalnej i wspomaganej na porzuconych polach ornych (St-Denis et al., 2018). Kontekst krajobrazowy (struktura granic, mozaika płatów, sąsiedztwo) był natomiast istotnym elementem w badaniach wpływu rolnictwa ekologicznego na roślinność obrzeży pól ornych w Estonii (Aavik i Liira, 2010). Oba te konteksty łączy zjawisko tzw. „długu wymierania", czyli opóźnionego w czasie zmniejszenia bogactwa gatunkowego jako reakcji na dokonane już wcześniej zaburzenia siedlisk, co opisano na przykładzie muraw napiaskowych na Węgrzech (Rédei et al., 2014).

Stosunkowo licznie reprezentowane były prace realizowane na obszarach najsilniej przekształconych przez człowieka, zwłaszcza w ekosystemach zurbanizowanych i na terenach przemysłowych. Czynniki determinujące bogactwo gatunkowe i różnorodność typów roślinności analizowano w podmiejskim krajobrazie poprzemysłowym w centralnej części Czech (Čepelová i Münzbergová, 2012), zaś wpływ lokalizacji trawników i ogródków przydomowych na ich rolę ekologiczną badano w kilku miastach amerykańskich (Locke et al., 2018). Efektywność rekultywacji ekologicznej w powiązaniu z cechami abiotycznymi była z kolei przedmiotem badań w kamieniołomach wapienia w Alpach Lombardzkich (Gilardelli et al., 2015, 2016; Gentili et al., 2020).

Grupa 8. Badania długoterminowych zmian roślinności

Badania długoterminowych zmian roślinności są coraz popularniejszym, choć budzącym wątpliwości metodologiczne sposobem wykorzystania zdjęć fitosocjologicznych. Polegają one na zestawieniu zdjęć historycznych (często sprzed 50 lat i więcej) ze zdjęciami współczesnymi – specjalnie wykonanymi w tym celu (ang. *resurvey*) lub pochodzącymi z istniejących baz danych (Hédl et al., 2017). Zdjęcia fitosocjologiczne były przede wszystkim wykonywane w tych lokalizacjach, w których dane zbiorowisko w danym momencie było najlepiej wykształcone (por. Mccune i Vellend, 2013; Kopecký i Macek, 2015; Becker-Scarpitta et al., 2019). Zasadniczym wyzwaniem w badaniach długoterminowych zmian ro-

ślinności jest więc odpowiednie dobranie próby zdjęć współczesnych (Kapfer et al., 2017; Verheyen et al., 2018). W schemacie badawczym zakładającym powtórzenie zdjęć w tych samych miejscach, już samo precyzyjne zlokalizowanie w terenie zdjęć historycznych bywa trudnością, bo przeważnie pochodzą one jeszcze sprzed ery globalnego systemu pozycjonowania GPS i są jedynie orientacyjnie zaznaczone na mapach. Gdy celem pracy jest określenie dynamiki składu gatunkowego zbiorowisk roślinnych, a nie opisanie zmian roślinności w konkretnych lokalizacjach, stosuje się schematy doboru próby mające zapewnić porównywalność zdjęć, w tym także celową relokację zdjęć (Navrátilová et al., 2017). Relokacja ma szczególne znaczenie w zbiorowiskach leśnych, które charakteryzują się wyraźną cyklicznością rozwoju i naturalnym rytmem zaburzeń. Przy porównaniach należy również zwrócić uwagę na inne różnice metodologiczne (np. odmienne skale ilościowości, wielkość powierzchni zdjęć), które mogą rzutować na wyniki (Kopecký i Macek, 2015). Bywa też, że problemem są różnice między historyczną a współcześnie stosowaną typologią roślinności i nazewnictwem gatunków. Krytycy tego podejścia często zwracają uwagę na bardzo trudny do kontrolowania efekt obserwatora, który ma szczególne znaczenie, gdy porównuje się zdjęcia wykonane przez różnych autorów (Verheyen et al., 2018). Dobrym rozwiązaniem, mającym na celu zniwelowanie tego efektu, jest zaproszenie autora historycznych zdjęć jako konsultanta w bieżących pracach terenowych (Navrátilová et al., 2017). Niestety często nie jest to z oczywistych względów możliwe.

Głównym celem badań długoterminowych jest często określenie wpływu zmiany klimatu na skład gatunkowy zbiorowisk (de Frenne et al., 2013; Becker-Scarpitta et al., 2019; Kuhn i Gégout, 2019), a także ewentualnego przesunięcia występowania zbiorowisk/gatunków w gradiencie środowiskowym, najczęściej wysokościowym (Savage i Vellend, 2015; Koide et al., 2017). Badania związane ze zmianą klimatu obejmują zazwyczaj horyzont czasowy przekraczający 50 lat, a w niektórych przypadkach sięgający nawet 100 lat lub więcej. Analogicznie skonstruowane badania dotyczą także np. wpływu intensyfikacji rolnictwa na zbiorowiska pól ornych (Meyer et al., 2015) czy inwazji roślin obcego pochodzenia na skład gatunkowy zbiorowisk leśnych (Florens et al., 2017).

Duża grupa badań koncentruje się na analizie zmian roślinności w konkretnych lokalizacjach pod wpływem określonych czynników. W tych badaniach horyzont czasowy rzadko przekracza 30 lat. Celem takich prac jest np. określenie kierunku i tempa regeneracji zbiorowisk roślinnych po zaburzeniach o charakterze naturalnym, jak pożar (Slingsby et al., 2017) czy inwazja kornika (Fischer et al., 2015), ale także antropogenicznym, jak mechaniczne zniszczenie pokrywy roślinnej przez pojazdy (Jorgenson et al., 2010), zwiększona depozycja atmosferyczna azotu lub siarki (Mitchell et al., 2018) lub zaprzestanie tradycyjnej gospodarki leśnej z odnowieniem odroślowym (Becker et al., 2017). Część z tych badań ma charakter wieloletniego monitoringu środowiska i jest prowadzona na stałych powierzchniach badawczych (ang. *permanent plots*) (por. Jorgenson et al., 2010; Kirby et al., 2016). Zestawy zdjęć fitosocjologicznych wykonywanych w regularnych odstępach czasu (np. co 5 lat) dają wówczas podstawy do analizy długotrwałych trendów w dynamice zmian roślinności.

W literaturze można również spotkać badania zmian roślinności o charakterze eksploracyjnym, bez wyraźnie określonej hipotezy dotyczącej kierunków zmian czy czynników za nie odpowiadających (Vankat, 2011). Prace takie powstają często przy okazji projektów z innym założonym celem (np. przy okazji tworzenia mapy roślinności rzeczywistej), co niejednokrotnie przekłada się na mniej rygorystyczne podejście do wymogów losowości i reprezentatywności próby.

Grupa 9. Badania łączące metody fitosocjologiczne z metodami teledetekcyjnymi

Badania łączące klasyczne metody fitosocjologiczne z nowoczesnymi metodami analiz obrazowych prowadzone są w bardzo zróżnicowanych ekosystemach i strefach klimatyczno-roślinnych: od torfowisk w płn. Finlandii (Räsänen i Virtanen, 2019) i alaskańskiej tundry (Langford et al., 2016), aż po lasy tropikalne na Borneo (Pfeifer et al., 2016) i tajwańskie lasy mgliste (Schulz et al., 2017). Najrzadziej takie podejście metodyczne wykorzystywane jest w ekosystemach zurbanizowanych – miastach i strefach podmiejskich (Feilhauer et al., 2017). Badania w tej grupie tematycznej mają zazwyczaj zasięg lokalny i regionalny, choć często ich celem jest wypracowanie metod możliwych do stosowania na większych obszarach (Affeld et al., 2018). Nieliczne są próby połączenia zdjęć fitosocjologicznych z analizą obrazową w skali całego kraju (Schulz et al., 2017), a tym bardziej wykraczające poza granice jednego państwa, czego przykładem są transgranicznie położone bagna Okavango (Revermann et al., 2016). Zazwyczaj wykorzystuje się autorskie zdjęcia fitosocjologiczne (często służące jako zbiór testowy lub próba weryfikacyjna), a jedynie nieliczne badania realizowane są wyłącznie na podstawie materiałów pozyskanych z ogólnokrajowych baz danych, jak np. *National Vegetation Database of Taiwan* (Schulz et al., 2017) czy *Swiss Biodiversity Monitoring Network* (Stumpf et al., 2020). Można jednak domniemywać, że wraz z powiększaniem się baz zdjęć fitosocjologicznych, odchodzeniem od szczegółowych studiów przypadków na rzecz interdyscyplinarnych syntez oraz postępującym rozwojem technik zdalnej rejestracji obrazu, obecna tendencja będzie ulegała odwróceniu.

Niniejszy przegląd wykazał, że do analiz obrazowych zdecydowanie najczęściej stosuje się dane teledetekcyjne. Wśród nich prym wiodą obrazy wielospektralne o wysokiej rozdzielczości przestrzennej (30 m) pozyskiwane z sensorów satelitów Landsat (obecnie głównie Landsat-7 ETM+ i Landsat-8 OLI). Na ich podstawie m.in. analizowano sposoby zarządzania użytkami zielonymi w Szwajcarii (Stumpf et al., 2020) oraz ekspansję lasów i krzewów na murawach związaną z wycofywaniem się alpejskiego lodowca w latach 1987-2016 (Alessi et al., 2021), zidentyfikowano pozostałości lasów naturalnych w archipelagu Tanimbar w Indonezji (Laumonier i Nasi, 2018) czy prześledzono zmiany składu roślinności w strefie przejściowej między tundrą a tajgą na Czukotce w latach 2000-2017 (Shevtsova et al., 2020). Nie mniej popularne w badaniach roślinności, choć ze względu na komercyjny charakter trudniej dostępne (odpłatność), są obrazowania pochodzące z sensorów o najwyższej rozdzielczości przestrzennej (poniżej 5 m) zainstalowanych na pokładach satelitów SPOT-5, RapidEye, PlanetScope, QuickBird czy WorldView-2/3. Liczne prace wykazały ich przydatność w monitorowaniu jakości siedlisk lasów dębowych w Portugalii (Vaz et al., 2015), modelowaniu niejednorodnej roślinności arktycznej tundry (Langford et al., 2016) czy mapowaniu pokrywy śnieżnej w Alpach Francuskich (Dedieu et al., 2016). Często wykorzystywane w badaniach roślinności o znacznie większym zasięgu terytorialnym są także obrazy pozyskiwane z sensora MODIS (rozdzielczość przestrzenna 250 m), zainstalowanego na pokładach dwóch satelitów środowiskowych Terra i Aqua, działających w ramach programu NASA System Obserwacji Ziemi (Revermann et al., 2016; Schulz et al., 2017). Nie bez znaczenia dla wciąż rosnącej popularności obrazów satelitarnych jest także dostępność niektórych z nich w serwisie Google Earth (Das et al., 2017; Song et al., 2018).

Do drugiej grupy metod teledetekcyjnych wykorzystywanych w badaniach roślinności należy skanowanie laserowe (LiDAR) – zarówno jako źródło informacji pierwotnej (chmura

punktów), jak i baza dla produktów pochodnych, w tym przede wszystkim numerycznych modeli terenu i powierzchni terenu (NMT, NMPT). Do typowych przykładów zastosowania lotniczego LiDAR-u należy analiza korelacji zwartości koron drzew ze wskaźnikiem Ellenberga dla światła, którą wykonano w obszarach Natura 2000 w Danii (Alexander et al., 2013), czy badanie związków między siedliskami przybrzeżnymi a morfologią wydm nad Morzem Śródziemnym (Bazzichetto et al., 2016).

Do trzeciej grupy należą klasyczne produkty fotogrametryczne, czyli zdjęcia lotnicze, które obecnie wykorzystywane są niemal wyłącznie razem z innymi technikami pasywnej lub aktywnej rejestracji obrazu (Campbell i Wang, 2019). Ich niezmiennie duża wartość poznawcza polega przede wszystkim na tym, że umożliwiają szczegółowe analizy zmian roślinności sięgające czasów, gdy na orbitach nie było jeszcze satelitów rejestrujących powierzchnię naszej planety lub rozdzielczość przestrzenna sensorów była bardzo niska. Szczegółowe mapowanie heterogenicznych torfowisk w północnej Finlandii wykazało, że najefektywniejszym podejściem we współczesnych badaniach roślinności jest wykorzystywanie całego zestawu danych fotogrametrycznych i teledetekcyjnych (Räsänen et al., 2020), zaś klasyczne ortofotografie z bezzałogowych statków powietrznych (dronów) są niezastąpione jako dane szkoleniowe na potrzeby klasyfikacji obrazowej (Räsänen i Virtanen, 2019). Bardzo rzadko natomiast znajduje zastosowanie naziemna fotografia hemisferyczna. Przykładem wykorzystania tego typu zdjęć są badania zależności między wskaźnikiem pokrycia liściowego a ilością nadziemnej biomasy zielnej w gradientach środowiskowych w lasach deszczowych i formacjach miombo w Tanzanii (Shirima et al., 2015).

Grupa 10. Badania społeczne

Problematyka społeczno-ekologiczna w badaniach roślinności poruszana jest bardzo rzadko. Wszystkie prace w tej grupie tematycznej zrealizowano w krajach i regionach strefy tropikalnej (Tajlandia, Mozambik, Amazonia, Chile). W ich ramach wykonywano autorskie zdjęcia fitosocjologiczne lub spisy gatunków (nie wykorzystywano baz danych), których cennym uzupełnieniem były wywiady z przedstawicielami lokalnych społeczności. Ze względu na dużą czasochłonność takiego podejścia metodycznego zasięg terytorialny badań był niewielki (wieś/miasto, zlewnia). Na uwagę zasługują prace, rzadkie w europocentrycznych dyskursach naukowych, z zakresu etnobotaniki (Bruschi et al., 2014) i etnofarmakologii (Junsongduang et al., 2013), czyli ujmujące roślinność jako element kultury ludowej. W znacznie popularniejszy nurt wpisuje się tematyka bioróżnorodności (Baraloto et al., 2014) i zieleni wysokiej w miastach (Hernández i Villaseñor, 2018), analizowana w kontekście świadczeń ekosystemowych i dobrostanu człowieka.

Podsumowanie

Przeprowadzony systematyczny przegląd najnowszych opracowań naukowych wykorzystujących zdjęcia fitosocjologiczne w badaniach środowiska przyrodniczego pokazał, że ta metoda badań, opracowana w pierwszych dekadach XX w., jest nadal powszechnie stosowana w wielu regionach świata. Analizowane badania były prowadzone w ponad 100 krajach, przy czym zdecydowanie dominują prace pochodzące z Europy (ponad 60%), a w opracowaniach, które powstały na innych kontynentach, często współautorami są Eu-

ropejczycy. Jest to dość zrozumiałe, ponieważ omawiana metoda została wypracowana i jest najbardziej znana właśnie w Europie (francusko-szwajcarska szkoła fitosocjologiczna), zaś rozpowszechnienie na cały świat jest świadectwem jej uniwersalności i skuteczności. Warto także zaznaczyć, że cały czas jest ona rozwijana i udoskonalana, czego przykładem są prace cytowane w części dotyczącej badań metodycznych. Z kolei istniejąca luka w inwentaryzacyjno-klasyfikacyjnych opracowaniach fitosocjologicznych dotyczących zbiorowisk obszarów północnych i antarktycznych, a także roślinności tropikalnej, wynika zapewne z podstawowych ograniczeń metodycznych: w pierwszym przypadku trudno jest znaleźć gatunki charakterystyczne dla tych ubogich zbiorowisk, różniących się przede wszystkim gatunkami dominującymi, a w drugim przeciwnie – bogactwo gatunkowe utrudnia wyróżnianie typów zbiorowisk na podstawie kryteriów florystycznych i stosuje się tam głównie kryteria fizjonomiczne (por. Westhoff i van der Maarel, 1978).

Zdecydowana większość badań poświęcona była problemom ekologicznym, choć znalazły się wśród nich także zagadnienia społeczne czy gospodarcze. Były to zarówno prace o charakterze teoretycznym czy metodycznym, jak i szczegółowe badania, w wyniku których przygotowano rekomendacje i praktyczne wskazówki dla ochrony danego zbiorowiska czy zagospodarowania przestrzennego terenu. Zakres tematyczny opisywanych badań był bardzo szeroki, czego rezultatem jest podział na 10 grup tematycznych.

Dość rzadko wykorzystywano zdjęcia tylko do wyróżniania i opisu zbiorowisk roślinnych, co było pierwotnym i podstawowym zastosowaniem tej metody, chociaż dzięki nowoczesnym narzędziom statystycznym i komputerowym coraz częstsze są próby tworzenia klasyfikacji automatycznych z wykorzystaniem elementów sztucznej inteligencji.

Większość analizowanych prac dotyczyła zależności między roślinnością a innymi czynnikami środowiskowymi, opisywanymi za pomocą dodatkowych danych o charakterze ilościowym i jakościowym. Roślinność, jako najłatwiej dostępny dla bezpośrednich badań element środowiska przyrodniczego, a zarazem główny czynnik kształtujący środowisko abiotyczne, może być dobrym wskaźnikiem stanu i zmian zachodzących w środowisku. Wśród rozpatrywanych badań znalazły się zarówno prace analizujące wpływ zdarzeń z przeszłości, jak i wielowariantowe analizy predykcyjne, zwłaszcza dotyczące czynników klimatycznych i użytkowania ziemi. Wyniki tych prac mają istotne praktyczne znaczenie m.in. dla leśnictwa, rolnictwa, ochrony przyrody i środowiska czy gospodarki przestrzennej.

Dzięki lepszemu dostępowi do dużych baz zdjęć fitosocjologicznych oraz charakterystyk gatunków czy zbiorowisk roślinnych, a także innych danych środowiskowych możliwe stały się badania o szerszym zasięgu przestrzennym, choć nadal dominują badania lokalne i regionalne. Zwiększenie zakresu przestrzennego analiz umożliwia także zastosowanie danych teledetekcyjnych zestawianych ze zdjęciami fitosocjologicznymi, służącymi często jako zbiór testowy lub próba weryfikacyjna przy identyfikacji i charakterystyce zróżnicowania zbiorowisk roślinnych.

Rycina i tabela są opracowaniami własnymi autorów artykułu.

Piśmiennictwo

Aavik, T., & Liira, J. (2010). Quantifying the effect of organic farming, field boundary type and landscape structure on the vegetation of field boundaries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *135*(3), 178-186. https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.09.005

Abadie, J., Dupouey, J.L., Salvaudon, A., Gachet, S., Videau, N., Avon, C., Dumont, J., Tatoni, T., & Bergès, L. (2021). Historical ecology of Mediterranean forests: Land use legacies on current understorey plants differ with time since abandonment and former agricultural use. *Journal of Vegetation Science*, *32*, e12860. https://doi.org/10.1111/jvs.12860

Affeld, K., Wiser, S.K., Payton, I.J., & de Cáceres, M. (2018). Using classification assignment rules to assess land-use change impacts on forest biodiversity at local-to-national scales. *Forest Ecosystems*, *5*(13). https://doi.org/10.1186/s40663-017-0121-z

Alessi, N., Wellstein, C., Rocchini, D., Midolo, G., Oeggl, K., & Zerbe, S. (2021). Surface tradeoffs and elevational shifts at the largest italian glacier: A thirty-years time series of remotely-sensed images. *Remote Sensing*, *13*(1), 1-14. https://doi.org/10.3390/rs13010134

Alexander, C., Moeslund, J.E., Bøcher, P.K., Arge, L., & Svenning, J.C. (2013). Airborne laser scanner (LiDAR) proxies for understory light conditions. *Remote Sensing of Environment*, *134*, 152-161. https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.02.028

Avon, C., Bergès, L., & Dupouey, J.-L. (2015). Landscape effects on plants in forests: Large-scale context determines local plant response. *Landscape and Urban Planning, 144*, 65-73. https://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.07.016

Axmanová, I., Tichý, L., Fajmonová, Z., Hájková, P., Hettenbergerová, E., Li, C.-F., Merunková, K., Nejezchlebová, M., Otýpková, Z., Vymazalová, M., & Zelený, D. (2012). Estimation of herbaceous biomass from species composition and cover. *Applied Vegetation Science*, *15*(4), 580-589. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2012.01191.x

Baraloto, C., Alverga, P., Baéz Quispe, S., Barnes, G., Bejar Chura, N., Brasil da Silva, I., Castro, W., da Souza, H., de Souza Moll, I., del Alcazar Chilo, J., Duenas Linares, H., Garate Quispe, J., Kenji, D., Medeiros, H., Murphy, S., Rockwell, C.A., Shenkin, A., Silveira, M., Southworth, J., … & Perz, S. (2014). Trade-offs among forest value components in community forests of southwestern Amazonia. *Ecology and Society*, *19*(4), 56. https://doi.org/10.5751/ES-06911-190456

Bazzichetto, M., Malavasi, M., Acosta, A.T.R., & Carranza, M.L. (2016). How does dune morphology shape coastal EC habitats occurrence? A remote sensing approach using airborne LiDAR on the Mediterranean coast. *Ecological Indicators*, *71*, 618-626. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.044

Becker-Scarpitta, A., Vissault, S., & Vellend, M. (2019). Four decades of plant community change along a continental gradient of warming. *Global Change Biology*, *25*(5), 1629-1641. https://doi.org/10.1111/gcb.14568

Becker, T., Spanka, J., Schröder, L., & Leuschner, C. (2017). Forty years of vegetation change in former coppice-with-standards woodlands as a result of management change and N deposition. *Applied Vegetation Science*, *20*(2), 304-313. https://doi.org/10.1111/avsc.12282

de Bello, F., Fibich, P., Zelený, D., Kopecký, M., Mudrák, O., Chytrý, M., Pyšek, P., Wild, J., Michalcová, D., Sádlo, J., Šmilauer, P., Lepš, J., & Päertel, M. (2016). Measuring size and composition of species pools: a comparison of dark diversity estimates. *Ecology and Evolution, 6*(12), 4088-4101. https://doi.org/10.1002/ece3.2169

Braun-Blanquet, J. (1921). Prinzipien einer Systematik der Pflanzengesellschaften auf floristischen Grundlage. *Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft, 57*, 305-351.

Braun-Blanquet, J. (1964). *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Wien-New York: Springer-Verlag.

Bruelheide, H., Dengler, J., Purschke, O., Lenoir, J., Jiménez-Alfaro, B., Hennekens, S.M., … & Jandt, U. (2018). Global trait-environment relationships of plant communities. *Nature Ecology & Evolution, 12*(2), 1906-1917. https://doi.org/10.1038/s41559-018-0699-8

Bruelheide, H., Dengler, J., Jiménez-Alfaro, B., Purschke, O., Hennekens, S.M., Chytrý, M., … & Zverev, A. (2019). sPlot – A new tool for global vegetation analyses. *Journal of Vegetation Science, 30*(2), 161-186. https://doi.org/10.1111/jvs.12710

Bruschi, P., Mancini, M., Mattioli, E., Morganti, M., & Signorini, M.A. (2014). Traditional uses of plants in a rural community of Mozambique and possible links with Miombo degradation and harvesting sustainability. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, *10*(1), 59. https://doi.org/10.1186/1746-4269-10-59

de Cáceres, M., Font, X., & Oliva, F. (2010). The management of vegetation classifications with fuzzy clustering. *Journal of Vegetation Science, 21*(6), 1138-1151. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01211.x

Campbell, A., & Wang, Y. (2019). High spatial resolution remote sensing for salt marsh mapping and change analysis at fire Island national seashore. *Remote Sensing*, *11*(9), 1107. https://doi.org/10.3390/rs11091107

Cano-Ortiz, A., Musarella, C.M., Piñar Fuentes, J.C., Pinto Gomes, C.J., Quinto-Canas, R., del Río, S., & Cano, E. (2021). Indicative Value of the Dominant Plant Species for a Rapid Evaluation of the Nutritional Value of Soils. *Agronomy*, *11*(1), 1. https://dx.doi.org/10.3390/agronomy11010001

Carboni, M., Santoro, R., & Acosta, A.T.R. (2010). Are some communities of the coastal dune zonation more susceptible to alien plant invasion? *Journal of Plant Ecology*, *3*(2), 139-147. https://doi.org/10.1093/jpe/rtp037

Carboni, M., Santoro, R., & Acosta, A.T.R. (2011). Dealing with scarce data to understand how environmental gradients and propagule pressure shape fine-scale alien distribution patterns on coastal dunes. *Journal of Vegetation Science*, *22*(5), 751-765. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01303.x

Čepelová, B., & Münzbergová, Z. (2012). Factors determining the plant species diversity and species composition in a suburban landscape. *Landscape and Urban Planning*, *106*(4), 336-346. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.04.008

Chollet, S., Bergman, C., Gaston, A.J., & Martin, J.-L. (2014). Long-term consequences of invasive deer on songbird communities: Going from bad to worse? *Biological Invasions*, *17*(2), 777-790. https://doi.org/10.1007/s10530-014-0768-0

Chytrý, M., Wild, J., Pyšek, P., Jarošik, V., Dendoncker, N., Reginster, I., Pino, J., Maskell, L.C., Vilà, M., Pergl, J., Kühn, I., Spangenberg, J.H., & Settele, J. (2012). Projecting trends in plant invasions in Europe under different scenarios of future land-use change. *Global Ecology and Biogeography*, *21*(1), 75-87. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00573.x

Chytrý, M., Hennekens, S.M., Jiménez-Alfaro, B., Knollová, I., Dengler, J., Jansen, F., … & Yamalov, S. (2016). European Vegetation Archive (EVA): An integrated database of European vegetation plots. *Applied Vegetation Science*, *19*(1), 173-180. https://doi.org/10.1111/avsc.12191

Chytrý, M., Tichý, L., Hennekens, S.M., Knollová, I., Janssen, J.A.M., Rodwell, J.S., … & Schaminée, J.H.J. (2020). EUNIS Habitat Classification: Expert system, characteristic species combinations and distribution maps of European habitats. *Applied Vegetation Science*, *23*(4), 648-675. https://doi.org/10.1111/avsc.12519

Das, A.A., John, R., & Anand, M. (2017). Does structural connectivity influence tree species distributions and abundance in a naturally discontinuous tropical forest formation? *Journal of Vegetation Science*, *28*(1), 7-18. https://doi.org/10.1111/jvs.12474

Dedieu, J.P., Carlson, B.Z., Bigot, S., Sirguey, P., Vionnet, V., & Choler, P. (2016). On the importance of high-resolution time series of optical imagery for quantifying the effects of snow cover duration on alpine plant habitat. *Remote Sensing*, *8*(6), 481. https://doi.org/10.3390/rs8060481

de Frenne, P., Rodríguez-Sánchez, F., Coomes, D.A., Baeten, L., Verstraeten, G., Vellen, M., … & Verheyen, K. (2013). Microclimate moderates plant responses to macroclimate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *110*(46), 18561-18565. https://doi.org/10.1073/pnas.1311190110

Dengler, J., Jansen, F., Glöeckler, F., Peet, R.K., de Cáceres, M., Chytrý, M., Ewald, J., Oldeland, J., Lopez-Gonzalez, G., Finckh, M., Mucina, L., Rodwell, J.S., Schaminée, J.H.J., & Spencer, N. (2011). The Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD): a new resource for vegetation science. *Journal of Vegetation Science*, *22*(4), 582-597. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01265.x

Dirnböck, T., Grandin, U., Bernhardt-Römermann, M., Beudert, B., Canullo, R., Forsius, M., Grabner, M.T., Holmberg, M., Kleemola, S., Lundin, L., Mirtl, M., Neumann, M., Pompei, E., Salemaa, M., Starlinger, F., Staszewski, T., & Uziębło, A.K. (2014). Forest floor vegetation response to nitrogen deposition in Europe. *Global Change Biology*, *20*(2), 429-440. https://doi.org/10.1111/gcb.12440

Divíšek, J., Hájek, M., Jamrichová, E., Petr, L., Večeřa, M., Tichý, L., Willner, W., & Horsák, M. (2020). Holocene matters: Landscape history accounts for current species richness of vascular plants in forests and grasslands of eastern Central Europe. *Journal of Biogeography*, *47*(3), 721-735. https://doi.org/10.1111/jbi.13787

Douda, J., Boublík, K., Slezák, M., Biurrun, I., Nociar, J., Havrdová, A., … & Zimmermann, N.E. (2016). Vegetation classification and biogeography of European floodplain forests and alder carrs. *Applied Vegetation Science*, *19*(1), 147-163. https://doi.org/10.1111/avsc.12201

Dyderski, M.K., & Jagodziński, A.M. (2019). Context-Dependence of Urban Forest Vegetation Invasion Level and Alien Species' Ecological Success. *Forests*, *10*(1), 26. https://doi.org/10.3390/f10010026

Dzwonko, Z. (2007). *Przewodnik do badań fitosocjologicznych*. Vademecum Geobotanicum. Poznań-Kraków: Wydawnictwo Sorus.

Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., & Paulißen, D. (1992). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*, *18*. Göttingen.

El-Sheikh, M.A., Thomas, J., Alfarhan, A.H., Alatar, A.A., Mayandy, S., Hennekens, S.M., Schaminee, J.H.J., Mucina, L., & Alansari, A.M. (2016). SaudiVeg ecoinformatics: Aims, current status and perspectives. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *24*(2), 389-398. https://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.02.012

Feilhauer, H., Somers, B., & van der Linden, S. (2017). Optical trait indicators for remote sensing of plant species composition: Predictive power and seasonal variability. *Ecological Indicators*, *73*, 825-833. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.003

Fischer, A., Fischer, H.S., Kopecký, M., Macek, M., & Wild, J. (2015). Small changes in species composition despite stand-replacing bark beetle outbreak in Picea abies mountain forests. *Canadian Journal of Forest Research*, *45*(9), 1164-1171. https://doi.org/10.1139/cjfr-2014-0474

Florens, F.B.V., Baider, C., Seegoolam, N.B., Zmanay, Z., & Strasberg, D. (2017). Long-term declines of native trees in an oceanic island's tropical forests invaded by alien plants. *Applied Vegetation Science*, *20*(1), 94-105. https://doi.org/10.1111/avsc.12273

Gégout, J.-C., & Coudun, Ch. (2012). The right relevé in the right vegetation unit: a new typicality index to reproduce expert judgement with an automatic classification programme. *Journal of Vegetation Science*, *23*(1), 24-32. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01337.x

Gentili, R., Casati, E., Ferrario, A., Monti, A., Montagnani, C., Caronni, S., & Citterio, S. (2020). Vegetation cover and biodiversity levels are driven by backfilling material in quarry restoration. *Catena*, *195*, 104839. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104839

Gholizadeh, H., Naqinezhad, A., & Chytrý, M. (2020). Classification of the Hyrcanian forest vegetation, Northern Iran. *Applied Vegetation Science*, *23*(1), 107-126. https://doi.org/10.1111/avsc.12469

Gilardelli, F., Sgorbati, S., Armiraglio, S., Citterio, S., & Gentili, R. (2015). Ecological Filtering and Plant Traits Variation Across Quarry Geomorphological Surfaces: Implication for Restoration. *Environmental Management*, *55*(5), 1147-1159. https://doi.org/10.1007/s00267-015-0450-z

Gilardelli, F., Sgorbati, S., Citterio, S., & Gentili, R. (2016). Restoring Limestone Quarries: Hayseed, Commercial Seed Mixture or Spontaneous Succession? *Land Degradation and Development*, *27*(2), 316-324. https://doi.org/10.1002/ldr.2244

Giorgis, M.A., Cingolani, A.M., Tecco, P.A., Cabido, M., Poca, M., & von Wehrden, H. (2016). Testing alien plant distribution and habitat invasibility in mountain ecosystems: growth form matters. *Biological Invasions*, *18*(7), 2017-2028. https://doi.org/10.1007/s10530-016-1148-8

Govaert, S., Meeussen, C., Vanneste, T., Bollmann, K., Brunet, J., Cousins, S.A.O., Diekmann, M., Graae, B.J., Hedwall, P.O., Heinken, T., Iacopetti, G., Lenoir, J., Lindmo, S., Orczewska, A., Perring, M.P., Ponette, Q., Plue, J., Selvi, F., Spicher, F., … & de Frenne, P. (2020). Edge influence on understorey plant communities depends on forest management. *Journal of Vegetation Science*, *31*(2), 281-292. https://doi.org/10.1111/jvs.12844

Güler, B., Jentsch, A., Apostolova, I., Bartha, S., Bloor, J.M.G., Campetella, G., Canullo, R., Házi, J., Kreyling, J., Pottier, J., Szabó, G., Terziyska, T., Uğurlu, E., Wellstein, C., Zimmermann, Z., & Dengler, J. (2016). How plot shape and spatial arrangement affect plant species richness counts: implications for sampling design and rarefaction analyses. *Journal of Vegetation Science*, *27*(4), 692-703. https://doi.org/10.1111/jvs.12411

Harris, R.B., Wenying, W., Badinqiuying, Smith, A.T., & Bedunah, D.J. (2015). Herbivory and competition of Tibetan steppe vegetation in winter pasture: Effects of livestock exclosure and plateau pika reduction. *PLoS One, 10*(7), e0132897. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132897

Hédl, R., Bernhardt-Römermann, M., Grytnes, J.A., Jurasinski, G., & Ewald, J. (2017). Resurvey of historical vegetation plots: a tool for understanding long-term dynamics of plant communities. *Applied Vegetation Science*, *20*(2), 161-163. https://doi.org/10.1111/avsc.12307

Hemp, A., & Hemp, C. (2018). Broken bridges: The isolation of Kilimanjaro's ecosystem. *Global Change Biology*, *24*(8), 3499-3507. https://doi.org/10.1111/gcb.14078

Herbich, J. (red.). (2004). *Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny*. Warszawa: Ministerstwo Środowiska.

Hernández, H.J., & Villaseñor, N.R. (2018). Twelve-year change in tree diversity and spatial segregation in the Mediterranean city of Santiago, Chile. *Urban Forestry and Urban Greening*, *29*, 10-18. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.017

Höft, A., Müller, J., & Gerowitt, B. (2010). Vegetation indicators for grazing activities on grassland to be implemented in outcome-oriented agri-environmental payment schemes in North-East Germany. *Ecological Indicators*, *10*(3), 719-726. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.12.001

Hrivnák, R., Slezák, M., Jarčuška, B., Jarolímek, I., & Kochjarová, J. (2015). Native and alien plant species richness response to soil nitrogen and phosphorus in temperate floodplain and swamp forests. *Forests*, *6*(10), 3501-3513. https://doi.org/10.3390/f6103501

Janišová, M., Michalcová, D., Bacaro, G., & Ghisla, A. (2013). Landscape effects on diversity of semi-natural grasslands. *Agriculture Ecosystems & Environment*, *182*, 47-58. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.05.022

Jansen, F., Ewald, J., & Zerbe, S. (2011). Ecological preferences of alien plant species in North-Eastern Germany. *Biological Invasions*, *13*(12), 2691-2701. https://doi.org/10.1007/s10530-011-9939-4

Jiménez-Alfaro, B., Girardello, M., Chytrý, M., Svenning, J.C., Willner, W., Gégout, J.C., Agrillo, E., Campos, J.A., Jandt, U., Kącki, Z., Šilc, U., Slezák, M., Tichý, L., Tsiripidis, I., Turtureanu, P.D., Ujházyová, M., & Wohlgemuth, T. (2018). History and environment shape species pools and community diversity in European beech forests. *Nature Ecology & Evolution*, *2*(3), 483-490. https://doi.org/10.1038/s41559-017-0462-6

Jorgenson, J.C., Ver Hoef, J.M., & Jorgenson, A.M.T. (2010). Long-term recovery patterns of arctic tundra after winter seismic exploration. *Ecological Applications*, *20*(1), 205-221. https://doi.org/10.1890/08-1856.1

Junsongduang, A., Balslev, H., Inta, A., Jampeetong, A., & Wangpakapattanawong, P. (2013). Medicinal plants from swidden fallows and sacred forest of the Karen and the Lawa in Thailand. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, *9*(1), 4. https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-44

Kalníková, V., Chytrý, K., Biţa-Nicolae, C., Bracco, F., Font, X., Iakushenko, D., … & Chytrý, M. (2021). Vegetation of the European mountain river gravel bars: A formalized classification. *Applied Vegetation Science*, *24*(1), e12542. https://doi.org/10.1111/avsc.12542

Kalusová, V., Chytrý, M., Peet, R.K., & Wentworth, T.R. (2015). Intercontinental comparison of habitat levels of invasion between temperate North America and Europe. *Ecology*, *96*(12), 3363-3373. https://doi.org/10.1890/15-0021.1

Kapfer, J., Hédl, R., Jurasinski, G., Kopecký, M., Schei, F.H., & Grytnes, J.A. (2017). Resurveying historical vegetation data – opportunities and challenges. *Applied Vegetation Science*, *20*(2), 164-171. https://doi.org/10.1111/avsc.12269

Karlsen, S.R., Jepsen, J.U., Odland, A., Ims, R.A., & Elvebakk, A. (2013). Outbreaks by canopy-feeding geometrid moth cause state-dependent shifts in understorey plant communities. *Oecologia*, *173*(3), 859-870. https://doi.org/10.1007/s00442-013-2648-1

Kącki, Z., & Śliwiński, M. (2012). The Polish Vegetation Database: Structure, resources and development. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, *81*(2), 75-79. https://doi.org/10.5586/asbp.2012.014

Keim, J.L., DeWitt, P.D., Fitzpatrick, J.J., & Jenni, N.S. (2016). Estimating plant abundance using inflated beta distributions: Applied learnings from a lichen-caribou ecosystem. *Ecology and Evolution*, *7*(2), 486-493. https://doi.org/10.1002/ece3.2625

Kidron, G.J. (2016). Goat trampling affects plant establishment, runoff and sediment yields over crusted dunes. *Hydrological Processes*, *30*(13), 2237-2246. https://doi.org/10.1002/hyp.10794

Kirby, K.J., Goldberg, E.A., Isted, R., Perry, S.C., & Thomas, R.C. (2016). Long-term changes in the tree and shrub layers of a British nature reserve and their relevance for woodland conservation management. *Journal for Nature Conservation*, *31*, 51-60. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2016.03.004

Koide, D., Yoshida, K., Daehler, C.C., & Mueller-Dombois, D. (2017). An upward elevation shift of native and non-native vascular plants over 40 years on the island of Hawai'i. *Journal of Vegetation Science*, *28*(5), 939-950. https://doi.org/10.1111/jvs.12549

Kopecký, M., & Macek, M. (2015). Vegetation resurvey is robust to plot location uncertainty. *Diversity and Distributions*, *21*(3), 322-330. https://doi.org/10.1111/ddi.12299

Kuhn, E., & Gégout, J.C. (2019). Highlighting declines of cold-demanding plant species in lowlands under climate warming. *Ecography*, *42*(1), 36-44. https://doi.org/10.1111/ecog.03469

Kusumoto, B., Villalobos, F., Shiono, T., & Kubota, Y. (2019). Reconciling Darwin's naturalization and pre-adaptation hypotheses: An inference from phylogenetic fields of exotic plants in Japan. *Journal of Biogeography*, *46*(11), 2597-2608. https://doi.org/10.1111/jbi.13683

Landucci, F., Šumberová, K., Tichý, L., Hennekens, S., Aunina, L., Biță-Nicolae, C., … & Chytrý, M. (2020). Classification of the European marsh vegetation (*Phragmito-Magnocaricetea*) to the association level. *Applied Vegetation Science*, *23*(2), 297-316. https://doi.org/10.1111/avsc.12484

Langford, Z., Kumar, J., Hoffman, F.M., Norby, R.J., Wullschleger, S.D., Sloan, V.L., & Iversen, C.M. (2016). Mapping Arctic plant functional type distributions in the Barrow environmental observatory using World View-2 and LiDAR datasets. *Remote Sensing*, *8*(9), 733. https://doi.org/10.3390/rs8090733

Laumonier, Y., & Nasi, R. (2018). The last natural seasonal forests of Indonesia: Implications for forest management and conservation. *Applied Vegetation Science*, *21*(3), 461-476. https://doi.org/10.1111/avsc.12377

Leck, M.A. (2013). Dispersal potential of a tidal river and colonization of a created tidal freshwater marsh. *AoB PLANTS*, *5*, pls050. https://doi.org/10.1093/aobpla/pls050

Lenoir, J., Gégout, J.C., Guisan, A., Vittoz, P., Wohlgemuth, T., Zimmermann, N.E., Dullinger, S., Pauli, H., Willner, W., Grytnes, J.A., Virtanen, R., & Svenning, J.C. (2010). Cross-Scale Analysis of the Region Effect on Vascular Plant Species Diversity in Southern and Northern European Mountain Ranges. *PLoS One*, *5*(12), e15734. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015734

Leßmeister, A., Bernhardt-Römermann, M., Schumann, K., Thiombiano, A., Wittig, R., & Hahn, K. (2019). Vegetation changes over the past two decades in a West African savanna ecosystem. *Applied Vegetation Science*, *22*(2), 230-242. https://doi.org/10.1111/avsc.12428

Lewis, R.J., Szava-Kovats, R., & Päertel, M. (2016). Estimating dark diversity and species pools: an empirical assessment of two methods. *Methods in Ecology and Evolution*, *7*(1), 104-113. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12443

Li, C.F., Chytrý, M., Zelený, D., Chen, M.Y., Chen, T.Y., Chiou, C.R., … & Hsieh, C.F. (2013). Classification of Taiwan forest vegetation. *Applied Vegetation Science*, *16*(4), 698-719. https://doi.org/10.1111/avsc.12025

Liendo, D., Biurrun, I., Campos, J.A., García-Mijangos, I., & Pearman, P.B. (2021). Effects of disturbance and alien plants on the phylogenetic structure of riverine communities. *Journal of Vegetation Science*, *32*(1), 1-11. https://doi.org/10.1111/jvs.12933

Locke, D.H., Avolio, M., Trammel, T., Roy Chowdhury, R., Morgan Grove, J., Rogan, J., Martin, D.G., Bettez, N., Cavender-Bares, J., Groffman, P.M., Hall, S.J., Heffernan, J.B., Hobbie, S.E., Larson, K.L., Morse, J.L., Neill, C., Ogden, L.A., O'Neil-Dunne, J.P.M., Pataki, D., … & Wheeler, M.M. (2018). A multi-city comparison of front and backyard differences in plant species diversity and nitrogen cycling in residential landscapes. *Landscape and Urban Planning*, *178*, 102-111. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.030

Macander, M.J., Palm, E.C., Frost, G.V., Herriges, J.D., Nelson, P.R., Roland, C., Russell, K.L.M., Suitor, M.J., Bentzen, T.W., Joly, K.S., Goetz, J., & Hebblewhite, M. (2020). Lichen cover mapping for caribou ranges in interior Alaska and Yukon. *Environmental Research Letters*, *15*(5), e055001. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d38

Malavasi, M., Carboni, M., Cutini, M., Carranza, M.L., & Acosta, A.T.R. (2014). Landscape fragmentation, land-use legacy and propagule pressure promote plant invasion on coastal dunes: a patch-based approach. *Landscape Ecology*, *29*(9), 1541-1550. https://doi.org/10.1007/s10980-014-0074-3

Máliš, F., Ujházy, K., Vodálová, A., Barka, I., Čaboun, V., & Sitková, Z. (2012). The impact of Norway spruce planting on herb vegetation in the mountain beech forests on two bedrock types. *European Journal of Forest Research*, *131*(5), 1551-1569. https://doi.org/10.1007/s10342-012-0624-7

Maskell, L.C., Smart, S.M., Bullock, J.M., Thompson, K., & Stevens, C.J. (2010). Nitrogen deposition causes widespread loss of species richness in British habitats. *Global Change Biology*, *16*(2), 671-679. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02022.x

de Mattia, F., Gentili, R., Bruni, I., Galimberti, A., Sgorbati, S., Casiraghi, M., & Labra, M. (2012). A multi-marker DNA barcoding approach to save time and resources in vegetation surveys. *Botanical Journal of the Linnean Society*, *169*(3), 518-529. https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2012.01251.x

Matuszkiewicz, W., Faliński, J.B., Kostrowicki, A.S., Matuszkiewicz, J.M., Olaczek, R., & Wojterski, T. (red.). (1995). Potencjalna roślinność naturalna Polski. Mapa przeglądowa 1: 300 000. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. Pobrane z: https://www.igipz.pan.pl/Roslinnosc-potencjalna-zgik.html (10.05.2021).

Mccune, J.L., & Vellend, M. (2013). Gains in native species promote biotic homogenization over four decades in a human-dominated landscape. *Journal of Ecology*, *101*(6), 1542-1551. https://doi.org/10.1111/1365-2745.12156

McNellie, M.J., Oliver, I., & Gibbons, P. (2015). Pitfalls and possible solutions for using geo-referenced site data to inform vegetation models. *Ecological Informatics*, *30*, 230-234. https://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.05.012

Meek, C.S., Richardson, D.M., & Mucina, L. (2010). A river runs through it: Land-use and the composition of vegetation along a riparian corridor in the Cape Floristic Region, South Africa. *Biological Conservation*, *143*(1), 156-164. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.021

Meier, E.S., & Hofer, G. (2016). Effects of plot size and their spatial arrangement on estimates of alpha, beta and gamma diversity of plants in alpine grassland. *Alpine Botany*, *126*(2), 167-176. https://doi.org/10.1007/s00035-016-0171-9

Metsoja, J.A., Neuenkamp, L., Pihu, S., Vellak, K., Kalwij, J.M., & Zobel, M. (2012). Restoration of flooded meadows in Estonia – vegetation changes and management indicators. *Applied Vegetation Science*, *15*(2), 231-244. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2011.01171.x

Meyer, S., Bergmeier, E., Becker, T., Wesche, K., Krause, B., & Leuschner, C. (2015). Detecting long-term losses at the plant community level – arable fields in Germany revisited. *Applied Vegetation Science*, *18*(3), 432-442. https://doi.org/10.1111/avsc.12168

Michalcová, D., Lvončik, S., Chytrý, M., & Hajek, O. (2011). Bias in vegetation databases? A comparison of stratified-random and preferential sampling. *Journal of Vegetation Science*, *22*(2), 281-291. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01249.x

Mitchell, R.J., Hewison, R.L., Fielding, D.A., Fisher, J.M., Gilbert, D.J., Hurskainen, S., … & Riach, D. (2018). Decline in atmospheric sulphur deposition and changes in climate are the major drivers of long-term change in grassland plant communities in Scotland. *Environmental Pollution*, *235*, 956-964. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.086

Moravcová, L., Pyšek, P., Jarošík, V., & Pergl, J. (2015). Getting the Right Traits: Reproductive and Dispersal Characteristics Predict the Invasiveness of Herbaceous Plant Species. *PLoS One*, *10*(4), e0123634. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123634

Möst, L., Hothorn, T., Müller, J., & Heurich, M. (2015). Creating a landscape of management: Unintended effects on the variation of browsing pressure in a national park. *Forest Ecology and Management*, *338*, 46-56. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.015

Navrátilová, J., Hájek, M., Navrátil, J., Hájková, P., & Frazier, R.J. (2017). Convergence and impoverishment of fen communities in a eutrophicated agricultural landscape of the Czech Republic. *Applied Vegetation Science*, *20*(2), 225-235. https://doi.org/10.1111/avsc.12298

Olleck, M., Reger, B., & Ewald, J. (2020). Plant indicators for Folic Histosols in mountain forests of the Calcareous Alps. *Applied Vegetation Science, 23*(2), 285-296. https://doi.org/10.1111/avsc.12470

Paczoski, J. (1896). Życie gromadne roślin. *Wszechświat*, *28*, 443-446.

Peterka, T., Hájek, M., Jiroušek, M., Jiménez-Alfaro, B., Aunina, L., Bergamini, A., … & Chytrý, M. (2017). Formalized classification of European fen vegetation at the alliance level. *Applied Vegetation Science*, *20*(1), 124-142. https://doi.org/10.1111/avsc.12271

Peterka, T., Syrovátka, V., Dítě, D., Hájková, P., Hrubanová, M., Jiroušek, M., Plesková, Z., Singh, P., Šímová, A., Šmerdová, E., & Hájek, M. (2020). Is variable plot size a serious constraint in broad-scale vegetation studies? A case study on fens. *Journal of Vegetation Science*, *31*(4), 594-605. https://doi.org/10.1111/jvs.12885

Pfeifer, M., Kor, L., Nilus, R., Turner, E., Cusack, J., Lysenko, I., Khoo, M., Chey, V.K., Chung, A.C., & Ewers, R.M. (2016). Mapping the structure of Borneo's tropical forests across a degradation gradient. *Remote Sensing of Environment*, *176*, 84-97. https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.01.014

Pielech, R., Zając, K., Kadej, M., Malicki, M., Malkiewicz, A., & Tarnawski, D. (2017). Ellenberg's indicator values support prediction of suitable habitat for pre-diapause larvae of endangered butterfly *Euphydryas aurinia*. *PLoS One*, *12*(6), e0179026. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179026

van Raamsdonk, L.W.D., Ozinga, W.A., Hoogenboom, L.A.P., Mulder, P.P.J., Mol, J.G.J., Groot, M.J., van der Fels-Klerxde, H.J., & Nijs, M. (2015). Exposure assessment of cattle via roughages to plants producing compounds of concern. *Food Chemistry*, *189*, 27-37. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.050

Raduła, M.W., Szymura, T.H., Szymura, M., Swacha, G., & Kącki, Z. (2020). Effect of environmental gradients, habitat continuity and spatial structure on vascular plant species richness in semi-natural grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *300*, 106974. https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106974

Räsänen, A., Aurela, M., Juutinen, S., Kumpula, T., Lohila, A., Penttilä, T., & Virtanen, T. (2020). Detecting northern peatland vegetation patterns at ultra-high spatial resolution. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, *6*(4), 457-471. https://doi.org/10.1002/rse2.140

Räsänen, A., & Virtanen, T. (2019). Data and resolution requirements in mapping vegetation in spatially heterogeneous landscapes. *Remote Sensing of Environment*, *230*, 111207. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.05.026

Rédei, T., Szitár, K., Czúcz, B., Barabás, S., Lellei-Kovács, E., Pándi, I., Somay, L., & Csecserits, A. (2014). Weak evidence of long-term extinction debt in Pannonian dry sand grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *182*, 137-143. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.07.016

Revermann, R., Finckh, M., Stellmes, M., Strohbach, B.J., Frantz, D., & Oldeland, J. (2016). Linking land surface phenology and vegetation-plot databases to model terrestrial plant α-diversity of the okavango basin. *Remote Sensing*, *8*(5), 370. https://doi.org/10.3390/rs8050370

Riibak, K., Reitalu, T., Tamme, R., Helm, A., Gerhold, P., Znamenskiy, S., Bengtsson, K., Rosén, E., Prentice, H.C., & Pärtel, M. (2015). Dark diversity in dry calcareous grasslands is determined by dispersal ability and stress-tolerance. *Ecography*, *38*(7), 713-721. https://doi.org/10.1111/ecog.01312

Roo-Zielińska, E. (2014). *Wskaźniki ekologiczne zespołów roślinnych Polski*. Warszawa: Wydawnictwo Akademickie Sedno.

Rozbrojová, Z., & Hájek, M. (2010). Can tissue element concentration patterns at the individual species level indicate the factors underlying vegetation gradients in wetlands? *Journal of Vegetation Science*, *21*(2), 355-363. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01149.x

Sandel, B., Monnet, A.-C., & Vorontsova, M. (2016). Multidimensional structure of grass functional traits among species and assemblages. *Journal of Vegetation Science*, *27*(5), 1047-1060. https://doi.org/10.1111/jvs.12422

Savage, J., & Vellend, M. (2015). Elevational shifts, biotic homogenization and time lags in vegetation change during 40 years of climate warming. *Ecography*, *38*(6), 546-555. https://doi.org/10.1111/ecog.01131

Schoolmaster, D.R., Stagg, C.L., Sharp, L.A., McGinnis, T.E., Wood, B., & Piazza, S.C. (2018). Vegetation cover, tidal amplitude and land area predict short-term marsh vulnerability in Coastal Louisiana. *Ecosystems*, *21*(7), 1335-1347. https://doi.org/10.1007/s10021-018-0223-7

Schulz, H.M., Li, C.F., Thies, B., Chang, S.C., & Bendix, J. (2017). Mapping the montane cloud forest of Taiwan using 12 year MODIS-derived ground fog frequency data. *PLoS One*, *12*(2), e0172663. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172663

Sheppard, C.S., Carboni, M., Essl, F., Seebens, H., & Thuiller, W. (2018). It takes one to know one: Similarity to resident alien species increases establishment success of new invaders. *Diversity and Distributions*, *24*(5), 680-691. https://doi.org/10.1111/ddi.12708

Shevtsova, I., Heim, B., Kruse, S., Schröder, J., Troeva, E.I., Pestryakova, L.A., Zakharov, E.S., & Herzschuh, U. (2020). Strong shrub expansion in tundra-taiga, tree infilling in taiga and stable tundra in central Chukotka (north-eastern Siberia) between 2000 and 2017. *Environmental Research Letters*, *15*(8), 85006. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9059

Shirima, D.D., Pfeifer, M., Platts, P.J., Totland, Ø., & Moe, S.R. (2015). Interactions between canopy structure and herbaceous biomass along environmental gradients in moist forest and dry miombo woodland of Tanzania. *PLoS One*, *10*(11), e0142784. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142784

Slingsby, J.A., Merow, C., Aiello-Lammens, M., Allsopp, N., Hall, S., Mollmann, H.K., … & Franklin, J. (2017). Intensifying postfire weather and biological invasion drive species loss in a Mediterranean-type biodiversity hotspot. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *114*(18), 4697-4702. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.4737358

Song, C., Nigatu, L., Beneye, Y., Abdulahi, A., Zhang, L., & Wu, D. (2018). Mapping the vegetation of the Lake Tana basin, Ethiopia, using Google Earth images. *Earth System Science Data*, *10*(4), 2033-2041. https://doi.org/10.5194/essd-10-2033-2018

St-Denis, A., Kneeshaw, D., & Messier, C. (2018). Effect of predation, competition, and facilitation on tree survival and growth in abandoned fields: Towards precision restoration. *Forests*, *9*(11), 692. https://doi.org/10.3390/f9110692

Sterk, M., Gort, G., Klimkowska, A., van Ruijven, J., van Teeffelen, A.J.A., & Wamelink, G.W.W. (2013). Assess ecosystem resilience: Linking response and effect traits to environmental variability. *Ecological Indicators*, *30*, 21-27. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.02.001

Stevens, J.T., Miller, J.E.D., & Fornwalt, P.J. (2019). Fire severity and changing composition of forest understory plant communities. *Journal of Vegetation Science*, *30*(6), 1099-1109. https://doi.org/10.1111/jvs.12796

Stewart, L., Alsos, I.G., Bay, C., Breen, A.L., Brochmann, C., Boulanger-Lapointe, N., Broennimann, O., Bültmann, H., Bøcher, P.K., Damgaard, C., Daniëls, F.J.A., Ehrich, D., Eidesen, P.B., Guisan, A., Jónsdóttir, I.S., Lenoir, J., le Roux, P.C., Lévesque, E., Luoto, M., Nabe-Nielsen, J., Schönswetter, P., Tribsch, A., Tveraabak, L.U., Virtanen, R., Walker, D.A., Westergaard, K.B., Yoccoz, N.G., Svenning, J.C., Wisz, M., Schmidt, N.M., & Pellissier, L. (2018). The regional species richness and genetic diversity of Arctic vegetation reflect both past glaciations and current climate. *Global Ecology and Biogeography*, *25*(4), 430-442. https://doi.org/10.1111/geb.12424

Stumpf, F., Schneider, M.K., Keller, A., Mayr, A., Rentschler, T., Meuli, R.G., Schaepman, M., & Liebisch, F. (2020). Spatial monitoring of grassland management using multi-temporal satellite imagery. *Ecological Indicators*, *113*, 106201. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106201

Swacha, G., Botta-Dukát, Z., Kącki, Z., Pruchniewicz, D., & Żołnierz, L. (2018). The effect of abandonment on vegetation composition and soil properties in *Molinion* meadows (SW Poland). *PLoS One*, *13*(5), e0197363. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197363

Thompson, K.A., & Newmaster, S.G. (2014). Molecular taxonomic tools provide more accurate estimates of species richness at less cost than traditional morphology-based taxonomic practices in a vegetation survey. *Biodiversity Conservation*, *23*(6), 1411-1424. https://doi.org/10.1007/s10531-014-0672-z

Tichý, L., Chytrý, M., & Botta-Dukát, Z. (2014). Semi-supervised classification of vegetation: preserving the good old units and searching for new ones. *Journal of Vegetation Science*, *25*(6), 1504-1512. https://doi.org/10.1111/jvs.12193

Timmermann, A., Damgaard, C., Strandberg, M.T., & Svenning, J.C. (2015). Pervasive early 21st-century vegetation changes across Danish semi-natural ecosystems: more losers than winners and a shift towards competitive, tall-growing species. *Journal of Applied Ecology*, *52*(1), 21-30. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12374

Tordoni, E., Bacaro, G., Weigelt, P., Cameletti, M., Janssen, J.A.M., Acosta, A.T.R., Bagella, S., Filigheddu, R., Bergmeier, E., Buckley, H.L., Ciccarelli, D., Forey, E., Hennekens, S.M., Lubke, R.A., Mahdavi, P., Peet, R.K., Peinado, M., Sciandrello, S., & Kreft, H. (2021). Disentangling native and alien plant diversity in coastal sand dune ecosystems worldwide. *Journal of Vegetation Science*, *32*(1), e12861. https://doi.org/10.1111/jvs.12961

Tullus, T., Tishler, M., Rosenvald, R., Tullus, A., Lutter, R., & Tullus, H. (2019). Early responses of vascular plant and bryophyte communities to uniform shelterwood cutting in hemiboreal Scots pine forests. *Forest Ecology and Management*, *440*, 70-78. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.009

Vandewalle, M., Purschke, O., de Bello, F., Reitalu, T., Prentice, H.C., Lavorel, S., Johansson, L.J., & Sykes, M.T. (2014). Functional responses of plant communities to management, landscape and historical factors in semi-natural grasslands. *Journal of Vegetation Science*, *25*(3), 750-759. https://doi.org/10.1111/jvs.12126

Vankat, J.L. (2011). Post-1935 changes in forest vegetation of Grand Canyon National Park, Arizona, USA: Part 1 – ponderosa pine forest. *Forest Ecology and Management*, *261*(3), 309-325. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.05.026

Vanneste, T., Govaert, S., de Kesel, W., van den Berge, S., Vangansbeke, P., Meeussen, C., Brunet, J., Cousins, SAO., Decocq, G., Diekmann, M., Graae, B.J., Hedwall, P.O., Heinken, T., Helsen, K., Kapás, R.E., Lenoir, J., Liira, J., Lindmo, S., Litza, K., Naaf, T., Orczewska, A., Plue, J., Wulf, M., Verheyen, K., & de Frenne, P. (2020). Plant diversity in hedgerows and road verges across Europe. *Journal of Applied Ecology*, *57*(7), 1244-1257. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13620

Vaz, A.S., Marcos, B., Goncalves, J., Monteiro, A., Alves, P., Civantos, E., Lucas, R., Mairota, P., Garcia-Robles, J., Alonso, J., Blonda, P., Lomba, A., & Honrado, J.P. (2015). Can we predict habitat quality from space? A multi-indicator assessment based on an automated knowledge-driven system. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *37*, 106-113. https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.10.014

Vellend, M., Baeten, L., Myers-Smith, I.H., Elmendorf, S.C., Beauséjour, R., Brown, C.D., de Frenne, P., Verheyen, K., & Wipf, S. (2013). Global meta-analysis reveals no net change in local-scale plant biodiversity over time. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *110*(48), 19456-19459. https://doi.org/10.1073/pnas.1312779110

Verheyen, K., Baeten, L., de Frenne, P., Bernhardt-Römermann, M., Brunet, J., Cornelis, J., Decocq, G., Dierschke, H., Eriksson, O., Hédl, R., Heinken, T., Hermy, M., Hommel, P., Kirby, K., Naaf, T., Peterken, G., Petřik, P., Pfadenhauer, J., van Calster, H., Walther, G.R., Wulf, M., & Verstraeten, G. (2012). Driving factors behind the eutrophication signal in understorey plant communities of deciduous temperate forests. *Journal of Ecology*, *100*(2), 352-365. https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01928.x

Verheyen, K., Bažány, M., Chećko, E., Chudomelová, M., Closset-Kopp, D., Czortek, P., … & Baeten, L. (2018). Observer and relocation errors matter in resurveys of historical vegetation plots. *Journal of Vegetation Science*, *29*(5), 812-823. https://doi.org/10.1111/jvs.12673

Vild, O., Hédl, R., Kopecký, M., Szabó, P., Suchánková, S., & Zouhar, V. (2017). The paradox of long-term ungulate impact: increase of plant species richness in a temperate forest. *Applied Vegetation Science*, *20*(2), 282-292. https://doi.org/10.1111/avsc.12289

Vild, O., & Rotherham, I.D. (2021). Long term exclosure of sheep grazing from an ancient wood: Vegetation change after a sixty year experiment. *Applied Vegetation Science*, *24*(1), e12543. https://doi.org/10.1111/avsc.12543

Wamelink, G.W.W., Walvoort, D.J.J., Sanders, M.E., Meeuwsen, H.A.M., Wegman, R.M.A., Pouwels, R., & Knotters, M. (2019). Prediction of soil pH patterns in nature areas on a national scale. *Applied Vegetation Science*, *22*(2), 189-199. https://doi.org/10.1111/avsc.12423

Westhoff, V., & van der Maarel, E. (1978). The Braun-Blanquet approach. W: R.H. Whittaker (red.), *Classification of plant communities* (s. 289-399). The Hague: Junk.

Willner, W., Jiménez-Alfaro, B., Agrillo, E., Biurrun, I., Campos, J.A., Čarni, A., … & Chytrý, M. (2017). Classification of European beech forests: a Gordian Knot? *Applied Vegetation Science*, *20*(3), 494-512. https://doi.org/10.1111/avsc.12299

Willner, W., Kuzemko, A., Dengler, J., Chytrý, M., Bauer, N., Becker, T., … & Janišová, M. (2017). A higher-level classification of the Pannonian and western Pontic steppe grasslands (Central and Eastern Europe). *Applied Vegetation Science*, *20*(1), 143-158. https://doi.org/10.1111/avsc.12265

Wiser, S.K., Spencer, N., de Cáceres, M., Kleikamp, M., Boyle, B., & Peet, R.K. (2011). Veg-X – an exchange standard for plot-based vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, *22*(4), 598-609. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01245.x

Wysocki, Cz., & Sikorski, P. (2009). *Fitosocjologia stosowana w ochronie i kształtowaniu krajobrazu*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.

Zelený, D., Li, C.F., & Chytrý, M. (2010). Pattern of local plant species richness along a gradient of landscape topographical heterogeneity: result of spatial mass effect or environmental shift? *Ecography*, *33*(3), 578-589. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05762.x

Zhao, M.X., Brofeldt, S., Li, Q.H., Xu, J.C., Danielsen, F., Laessoe, S.B.L., Poulsen, M.K., Gottlieb, A., Maxwell, J.F., & Theilade, I. (2016). Can Community Members Identify Tropical Tree Species for REDD plus Carbon and Biodiversity Measurements? *PLoS One*, *11*(11), e0152061. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152061

Summary

The aim of this work was to review the latest literature in terms of the use of phytosociological relevés (vegetation plots) in research on the natural environment. The systematic review included 321 articles published in 2010-2021 in the most renowned journals (indexed in the Web of Science Core Collection with a score ≥100 according to the 2021 list

of journals of the Poland's Ministry of Education and Science). The research questions were: in which fields of science and practice, for what purposes and on what spatial scales the phytosociological relevés are currently used. After initial review, the articles were divided into 10 thematic groups: 1) classification of plant communities, 2) methodological studies, 3) relationship between vegetation and other elements of the environment, 4) occurrence of invasive plant species, 5) indicative role of vegetation, 6) plant communities as habitats for animals, 7) human footprint on vegetation, 8) long-term vegetation changes, 9) combining phytosociological methods with remote sensing methods, 10) social studies.

The results showed that phytosociological relevés, as the method to investigate vegetation developed in the first decades of the 20th century, are still widely used in many regions of the world. The most numerous thematic group comprised articles that show how habitat conditions impact the distribution and diversity of plant species and their communities, while the least numerous – studies combining natural and social research. The vast majority of research was dedicated to environmental problems, although social and economic aspects were also present. These were both theoretical and methodological works, as well as detailed studies, which resulted in the formation of recommendations and practical guidelines for nature protection or spatial planning. Recently, relevés have been rarely used solely to distinguish and characterise plant communities, as originally intended by those who invented this method. However, thanks to modern statistical and computer tools, more and more attempts are being made to create automatic classifications with the use of artificial intelligence, e.g. neural networks.

The geographic scope was usually restricted to one country (local and regional – 241 articles) or to two or more bordering countries (47). Continental (19) and global (7) studies are less common and studies within Europe prevail. It is because the discussed method was developed and is best known in Europe (Franco-Swiss Phytosociological School), and its dissemination throughout the world is only an evidence of its universality and efficiency. The recent larger-scale studies became possible mainly due to the development of transnational vegetation databases, e.g. the widely utilised European Vegetation Database – EVA.

[Wpłynęło: luty; poprawiono: lipiec 2021]

Załącznik 1

Pełna lista 321 artykułów poddanych przeglądowi w pracy pt. Wykorzystanie zdjęć fitosocjologicznych w najnowszych badaniach środowiska przyrodniczego. Przegląd Geograficzny (2021) tom 93, zeszyt 3

Aavik, T., & Liira, J. (2010). Quantifying the effect of organic farming, field boundary type and landscape structure on the vegetation of field boundaries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *135*(3), 178-186. https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.09.005

Abadie, J., Dupouey, J.L., Salvaudon, A., Gachet, S., Videau, N., Avon, C., Dumont, J., Tatoni, T., & Bergès, L. (2021). Historical ecology of Mediterranean forests: Land use legacies on current understorey plants differ with time since abandonment and former agricultural use. *Journal of Vegetation Science*, *32*(1), e12860. https://doi.org/10.1111/jvs.12860

Affeld, K., Wiser, S.K., Payton, I.J., & de Cáceres, M. (2018). Using classification assignment rules to assess land-use change impacts on forest biodiversity at local-to-national scales. *Forest Ecosystems*, *5*, 13. https://doi.org/10.1186/s40663-017-0121-z

Aguirre-Gutiérrez, J., Malhi, Y., Lewis, S.L., Fauset, S., Adu-Bredu, S., Affum-Baffoe, K., Baker, T.R., Gvozdevaite, A., Hubau, W., Moore, S., Peprah, T., Ziemińska, K., Phillips, O.L., & Oliveras, I. (2020). Long-term droughts may drive drier tropical forests towards increased functional, taxonomic and phylogenetic homogeneity. *Nature Communications*, *11*, 3346. https://doi.org/10.1038/s41467-020-16973-4

lbert, S., Flores, O., Rouget, M., Wilding, N., & Strasberg, D. (2018). Why are woody plants fleshy--fruited at low elevations? Evidence from a high-elevation oceanic island. *Journal of Vegetation Science*, *29*(5), 847-858. https://doi.org/10.1111/jvs.12676

Alessi, N., Wellstein, C., Rocchini, D., Midolo, G., Oeggl, K., & Zerbe, S. (2021). Surface tradeoffs and elevational shifts at the largest italian glacier: A thirty-years time series of remotely-sensed images. *Remote Sensing*, *13*(1), 134. https://doi.org/10.3390/rs13010134

Alexander, C., Moeslund, J.E., Bøcher, P.K., Arge, L., & Svenning, J.C. (2013). Airborne laser scanner (LiDAR) proxies for understory light conditions. *Remote Sensing of Environment*, *134*, 152-161. https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.02.028

Andrade, B.O., Bonilha, C.L., Overbeck, G.E., Vélez-Martin, E., Rolim, R.G., Bordignon, SAL., Schneider, A.A., Vogel Ely, C., Lucas, D.B., Garcia, É.N., dos Santos, E.D., Torchelsen, F.P., Vieira, M.S., Silva Filho, P.J.S., Ferreira, P.M.A., Trevisan, R., Hollas, R., Campestrini, S., Pillar, V.D., & Boldrini, I.I. (2019). Classification of South Brazilian grasslands: Implications for conservation. *Applied Vegetation Science*, *22*(1), 168-184. https://doi.org/10.1111/avsc.12413

Angiolini, C., Viciani, D., Bonari, G., Zoccola, A., Bottacci, A., Ciampelli, P., Gonnelli, V., & Lastrucci, L. (2019). Environmental drivers of plant assemblages: Are there differences between palustrine and lacustrine wetlands? A case study from the northern Apennines (Italy). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, *420*, 34. https://doi.org/10.1051/kmae/2019026

Arenas, J.M., Escudero, A., Mola, I., & Casado, M.A. (2017). Roadsides: an opportunity for biodiversity conservation. *Applied Vegetation Science*, *20*(4), 527-537. https://doi.org/10.1111/avsc.12328

Avon, C., Bergès, L., & Dupouey, J.L. (2015). Landscape effects on plants in forests: Large-scale context determines local plant response. *Landscape and Urban Planning*, *144*, 65-73. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.07.016

Axmanová, I., Chytrý, M., Zelený, D., Li, C.F., Vymazalová, M., Danihelka, J., Horsák, M., Kočí, M., Kubešová, S., Lososová, Z., Otýpková, Z., Tichý, L., Martynenko, V.B., Baisheva, E.Z., Schuster, B., & Diekmann, M. (2012).

The species richness-productivity relationship in the herb layer of European deciduous forests. *Global Ecology and Biogeography*, *21*(6), 657-667. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00707.x

Axmanová, I., Robovský, J., Tichý, L., Danihelka, J., Troeva, E., Protopopov, A., & Chytrý, M. (2020). Habitats of Pleistocene megaherbivores reconstructed from the frozen fauna remains. *Ecography*, *43*(5), 703-713. https://doi.org/10.1111/ecog.04940

Axmanová, I., Tichý, L., Fajmonová, Z., Hájková, P., Hettenbergerová, E., Li, C.F., Merunková, K., Nejezchlebová, M., Otýpková, Z., Vymazalová, M., & Zelený, D. (2012). Estimation of herbaceous biomass from species composition and cover. *Applied Vegetation Science*, *15*(4), 580-589. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2012.01191.x

Baeten, L., Hermy, M., Van Daele, S., & Verheyen, K. (2010). Unexpected understorey community development after 30 years in ancient and post-agricultural forests. *Journal of Ecology*, *98*(6), 1447-1453. https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01711.x

Baraloto, C., Alverga, P., Baéz Quispe, S., Barnes, G., Bejar Chura, N., Brasil da Silva, I., Castro, W., da Souza, H., de Souza Moll, I., del Alcazar Chilo, J., Duenas Linares, H., Garate Quispe, J., Kenji, D., Medeiros, H., Murphy, S., Rockwell, C.A., Shenkin, A., Silveira, M., Southworth, J., … & Perz, S. (2014). Trade-offs among forest value components in community forests of southwestern Amazonia. *Ecology and Society*, *19*(4), 56. https://doi.org/10.5751/ES-06911-190456

Bartholomeus, R.P., Witte, J.P.M., & Runhaar, J. (2012). Drought stress and vegetation characteristics on sites with different slopes and orientations. *Ecohydrology*, *5*(6), 808-818. https://doi.org/10.1002/eco.271

Bartholomeus, R.P., Witte, J.P.M., Van Bodegom, P.M., Van Dam, J.C., & Aerts, R. (2011). Climate change threatens endangered plant species by stronger and interacting water-related stresses. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, *116*(G4), G04023. https://doi.org/10.1029/2011JG001693

Bartish, I.V., Ozinga, W.A., Bartish, M.I., Wamelink, G.W.W., Hennekens, S.M., & Prinzing, A. (2016). Different habitats within a region contain evolutionary heritage from different epochs depending on the abiotic environment. *Global Ecology and Biogeography*, *25*(3), 274-285. https://doi.org/10.1111/geb.12408

Baruch, Z., Caddy-Retalic, S., Guerin, G.R., Sparrow, B., Leitch, E., Tokmakoff, A., & Lowe, A.J. (2018). Floristic and structural assessment of Australian rangeland vegetation with standardized plot-based surveys. *PLoS ONE*, *13*(9), e0202073. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202073

Batriu, E., Ninot, J.M., & Pino, J. (2015). Filtering of plant functional traits is determined by environmental gradients and by past land use in a Mediterranean coastal marsh. *Journal of Vegetation Science*, *26*(3), 492-500. https://doi.org/10.1111/jvs.12251

Bauer, T., Bäte, D.A., Kempfer, F., & Schirmel, J. (2021). Differing impacts of two major plant invaders on urban plant-dwelling spiders (Araneae) during flowering season. *Biological Invasions*, *23*(5), 1473-1485. https://doi.org/10.1007/s10530-020-02452-w

Bazzichetto, M., Malavasi, M., Acosta, A.T.R., & Carranza, M.L. (2016). How does dune morphology shape coastal EC habitats occurrence? A remote sensing approach using airborne LiDAR on the Mediterranean coast. *Ecological Indicators*, *71*, 618-626. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.044

Beauregard, F., & De Blois, S. (2014). Beyond a climate-centric view of plant distribution: Edaphic variables add value to distribution models. *PLoS ONE*, *9*(3), e92642. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092642

Becker-Scarpitta, A., Vissault, S., & Vellend, M. (2019). Four decades of plant community change along a continental gradient of warming. *Global Change Biology*, *25*(5), 1629-1641. https://doi.org/10.1111/gcb.14568

Becker, T., Spanka, J., Schröder, L., & Leuschner, C. (2017). Forty years of vegetation change in former coppice-with-standards woodlands as a result of management change and N deposition. *Applied Vegetation Science*, *20*(2), 304-313. https://doi.org/10.1111/avsc.12282

Berg, C., Abdank, A., Isermann, M., Jansen, F., Timmermann, T., & Dengler, J. (2014). Red Lists and conservation prioritization of plant communities – a methodological framework. *Applied Vegetation Science*, *17*(3), 504-515. https://doi.org/10.1111/avsc.12093

Bigirimana, J., Bogaert, J., De Canniere, C., Lejoly, J., & Parmentier, I. (2011). Alien plant species dominate the vegetation in a city of Sub-Saharan Africa. *Landscape and Urban Planning*, *100*(3), 251-267. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.12.012

Bitomský, M., Mládková, P., Pakeman, R.J., & Duchoslav, M. (2020). Clade composition of a plant community indicates its phylogenetic diversity. *Ecology and Evolution*, *10*(8), 3747-3757. https://doi.org/10.1002/ece3.6170

Biurrun, I., Campos, J.A., García-Mijangos, I., Herrera, M., & Loidi, J. (2016). Floodplain forests of the Iberian Peninsula: Vegetation classification and climatic features. *Applied Vegetation Science*, *19*(2), 336-354. https://doi.org/10.1111/avsc.12219

Bonari, G., Fernández-González, F., Çoban, S., Monteiro-Henriques, T., Bergmeier, E., Didukh, Y.P., Xystrakis, F., Angiolini, C., Chytrý, K., Acosta, A.T.R., Agrillo, E., Costa, J.C., Danihelka, J., Hennekens, S.M., Kavgacı, A., Knollová, I., Neto, C.S., Sağlam, C., Škvorc, Ž., … Chytrý, M. (2021). Classification of the Mediterranean lowland to submontane pine forest vegetation. *Applied Vegetation Science*, *24*(1), e12544. https://doi.org/10.1111/avsc.12544

Borgy, B., Violle, C., Choler, P., Garnier, E., Kattge, J., Loranger, J., Amiaud, B., Cellier, P., Debarros, G., Denelle, P., & Diquelou, S. (2017). Sensitivity of community-level trait-environment relationships to data representativeness: a test for functional biogeography. *Global Ecology and Biogeography*, *26*(6), 729-739. https://doi.org/10.1111/geb.12573

Botta-Dukát, Z. (2012). Co-occurrence-based measure of species' habitat specialization: robust, unbiased estimation in saturated communities. *Journal of Vegetation Science*, *23*(2), 201-207. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01347.x

Bouchard, M., & Boudreault, C. (2016). Is metapopulation size important for the conservation of understory plants and epiphytic lichens? *Biological Conservation*, *195*, 187-195. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.12.029

Bretfeld, M., Franklin, S.B., & Peet, R.K. (2016). A multiple-scale assessment of long-term aspen persistance and elevational range shifts in the Colorado Front Range. *Ecological Monographs*, *86*(2), 244-260. https://www.jstor.org/stable/24821162

Bretfeld, M., Franklin, S.B., & Peet, R.K. (2019). Long-term understory vegetation dynamics of mixed aspen forests in Rocky Mountain National Park, USA. *Journal of Vegetation Science*, *30*(1), 121-133. https://doi.org/10.1111/jvs.12712

Bruelheide, H. (2016). Cocktail clustering – a new hierarchical agglomerative algorithm for extracting species groups in vegetation databases. *Journal of Vegetation Science*, *27*(6), 1297-1307. https://doi.org/10.1111/jvs.12454

Bruelheide, H., Dengler, J., Jiménez-Alfaro, B., Purschke, O., Hennekens, S.M., Chytrý, M., Pillar, V.D., Jansen, F., Kattge, J., Sandel, B., Aubin, I., Biurrun, I., Field, R., Haider, S., Jandt, U., Lenoir, J., Peet, R.K., Peyre, G., Sabatini, F.M., … & Zverev, A. (2019). sPlot – A new tool for global vegetation analyses. *Journal of Vegetation Science*, *30*(2), 161-186. https://doi.org/10.1111/jvs.12710

Bruelheide, H., Dengler, J., Purschke, O., Lenoir, J., Jiménez-Alfaro, B., Hennekens, S.M., Botta-Dukát, Z., Chytrý, M., Field, R., Jansen, F., Kattge, J., Pillar, V.D., Schrodt, F., Mahecha, M.D., Peet, R.K., Sandel, B., van Bodegom, P., Altman, J., Alvarez-Dávila, E., … & Jandt, U. (2018). Glob-

al trait-environment relationships of plant communities. *Nature Ecology and Evolution*, *2*(12), 1906-1917. https://doi.org/10.1038/s41559-018-0699-8

Brus, D.J., Slim, P.A., Gort, G., Heidema, A.H., & Van Dobben, H. (2016). Monitoring habitat types by the mixed multinomial logit model using panel data. *Ecological Indicators*, *67*, 108-116. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.043

Bruschi, P., Mancini, M., Mattioli, E., Morganti, M., & Signorini, M.A. (2014). Traditional uses of plants in a rural community of Mozambique and possible links with Miombo degradation and harvesting sustainability. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, *10*, 59. https://doi.org/10.1186/1746-4269-10-59

Bunce, R.G.H., Pungar, D., Villoslada, M., Raet, J., Kaart, T., & Sepp, K. (2020). A survey of habitats on agricultural land in Estonia: I Construction and validation of the database using the botanical field data. *Global Ecology and Conservation*, *22*, e01007. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01007

Bunn, W.A., Jenkins, M.A., Brown, C.B., & Sanders, N.J. (2010). Change within and among forest communities: The influence of historic disturbance, environmental gradients, and community attributes. *Ecography*, *33*(3), 425-434. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06016.x

Burge, O.R., Clarkson, B.R., Bodmin, K.A., Bartlam, S., Robertson, H.A., Sukias, J.P.S., & Tanner, C.C. (2020). Plant responses to nutrient addition and predictive ability of vegetation N: P ratio in an austral fen. *Freshwater Biology*, *65*(4), 646-656. https://doi.org/10.1111/fwb.13452

Calinger, K., Calhoon, E., Chang, H.C., Whitacre, J., Wenzel, J., Comita, L., & Queenborough, S. (2015). Historic mining and agriculture as indicators of occurrence and abundance of widespread invasive plant species. *PLoS ONE*, *10*(6), e0128161. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128161

Campbell, A., & Wang, Y. (2019). High spatial resolution remote sensing for salt marsh mapping and change analysis at Fire Island National Seashore. *Remote Sensing*, *11*(9), 1107. https://doi.org/10.3390/rs11091107

Cano-Ortiz, A., Musarella, C.M., Piñar Fuentes, J.C., Pinto Gomes, C.J., Quinto-Canas, R., del Río, S., & Cano, E. (2021). Indicative Value of the Dominant Plant Species for a Rapid Evaluation of the Nutritional Value of Soils. *Agronomy*, *11*(1), 1. https://doi.org/10.3390/agronomy11010001

Carboni, M., Santoro, R., & Acosta, A.T.R. (2010). Are some communities of the coastal dune zonation more susceptible to alien plant invasion? *Journal of Plant Ecology*, *3*(2), 139-147. https://doi.org/10.1093/jpe/rtp037

Carboni, M., Münkemüller, T., Lavergne, S., Choler, P., Borgy, B., Violle, C., Essl, F., Roquet, C., Munoz, F., & Thuiller, W. (2016). What it takes to invade grassland ecosystems: traits, introduction history and filtering processes. *Ecology Letters*, *19*(3), 219-229. https://doi.org/10.1111/ele.12556

Carboni, Marta, Santoro, R., & Acosta, A.T.R. (2011). Dealing with scarce data to understand how environmental gradients and propagule pressure shape fine-scale alien distribution patterns on coastal dunes. *Journal of Vegetation Science*, *22*(5), 751-765. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01303.x

Carter, D.R., Slesak, R.A., Harrington, T.B., Peter, D.H., & D'Amato, A.W. (2019). Scotch broom (Cytisus scoparius) modifies microenvironment to promote nonnative plant communities. *Biological Invasions*, *21*(4), 1055-1073. https://doi.org/10.1007/s10530-018-1885-y

Čepelová, B., & Münzbergová, Z. (2012). Factors determining the plant species diversity and species composition in a suburban landscape. *Landscape and Urban Planning*, *106*(4), 336-346. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.04.008

Chiarucci, A., Buldrini, F., Cervellini, M., Guarino, R., Caccianiga, M., Foggi, B., Viciani, D., Lazzaro, L., Casella, L., Angelini, P., Cerabolini, B.E.L., Pasta, S., Enea, M., & Zannini, P. (2021). Habitat type and island identity as drivers of community assembly in an archipelago. *Journal of Vegetation Science*, *32*(1), e12953. https://doi.org/10.1111/jvs.12953

Chollet, S., Bergman, C., Gaston, A.J., & Martin, J.L. (2015). Long-term consequences of invasive deer on songbird communities: Going from bad to worse? *Biological Invasions*, *17*(2), 777-790. https://doi.org/10.1007/s10530-014-0768-0

Chytrý, M., Hennekens, S.M., Jiménez-Alfaro, B., Knollová, I., Dengler, J., Jansen, F., Landucci, F., Schaminée, J.H.J., Aćić, S., Agrillo, E., Ambarli, D., Angelini, P., Apostolova, I., Attorre, F., Berg, C., Bergmeier, E., Biurrun, I., Botta-Dukát, Z., Brisse, H., … & Yamalov, S. (2016). European Vegetation Archive (EVA): an integrated database of European vegetation plots. *Applied Vegetation Science*, *19*(1), 173-180. https://doi.org/10.1111/avsc.12191

Chytrý, M., Tichý, L., Hennekens, S.M., Knollová, I., Janssen, J.A.M., Rodwell, J.S., Peterka, T., Marcenò, C., Landucci, F., Danihelka, J., Hájek, M., Dengler, J., Novák, P., Zukal, D., Jiménez-Alfaro, B., Mucina, L., Abdulhak, S., Aćić, S., Agrillo, E., … & Schaminée, J.H.J. (2020). EUNIS Habitat Classification: Expert system, characteristic species combinations and distribution maps of European habitats. *Applied Vegetation Science*, *23*(4), 648-675. https://doi.org/10.1111/avsc.12519

Chytrý, M., Tichý, L., Hennekens, S.M., & Schaminée, J.H.J. (2014). Assessing vegetation change using vegetation-plot databases: a risky business. *Applied Vegetation Science*, *17*(1), 32-41. https://doi.org/10.1111/avsc.12050

Chytrý, M., Wild, J., Pyšek, P., Jarošík, V., Dendoncker, N., Reginster, I., Pino, J., Maskell, L.C., Vilà, M., Pergl, J., Kühn, I., Spangenberg, J.H., & Settele, J. (2012). Projecting trends in plant invasions in Europe under different scenarios of future land-use change. *Global Ecology and Biogeography*, *21*(1), 75-87. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00573.x

Cirkel, D.G., Witte, J.P.M., van Bodegom, P.M., Nijp, J.J., & van der Zee, S.E.A.T. M. (2014). The influence of spatiotemporal variability and adaptations to hypoxia on empirical relationships between soil acidity and vegetation. *Ecohydrology*, *7*(1), 21-32. https://doi.org/10.1002/eco.1312

Correa, D.F., Álvarez, E., & Stevenson, P.R. (2015). Plant dispersal systems in Neotropical forests: availability of dispersal agents or availability of resources for constructing zoochorous fruits? *Global Ecology and Biogeography*, *24*(2), 203-214. https://doi.org/10.1111/geb.12248

Costanza, J.K., Moody, A., & Peet, R.K. (2011). Multi-scale environmental heterogeneity as a predictor of plant species richness. *Landscape Ecology*, *26*(6), 851-864. https://doi.org/10.1007/s10980-011-9613-3

Crausbay, S.D., Frazier, A.G., Giambelluca, T.W., Longman, R.J., & Hotchkiss, S.C. (2014). Moisture status during a strong El Niño explains a tropical montane cloud forest's upper limit. *Oecologia*, *175*(1), 273-284. https://doi.org/10.1007/s00442-014-2888-8

Critchley, C.N.R., Wilson, L.A., Mole, A.C., Norton, L.R., & Smart, S.M. (2013). A functional classification of herbaceous hedgerow vegetation for setting restoration objectives. *Biodiversity and Conservation*, *22*(3), 701-717. https://doi.org/10.1007/s10531-013-0440-5

Cuesta, F., Muriel, P., Llambí, L.D., Halloy, S., Aguirre, N., Beck, S., Carilla, J., Meneses, R.I., Cuello, S., Grau, A., Gámez, L.E., Irazábal, J., Jácome, J., Jaramillo, R., Ramírez, L., Samaniego, N., Suárez-Duque, D., Thompson, N., Tupayachi, A., … Gosling, W.D. (2017). Latitudinal and altitudinal patterns of plant community diversity on mountain summits across the tropical Andes. *Ecography*, *40*(12), 1381-1394. https://doi.org/10.1111/ecog.02567

Das, A.A., John, R., & Anand, M. (2017). Does structural connectivity influence tree species distributions and abundance in a naturally discontinuous tropical forest formation? *Journal of Vegetation Science*, *28*(1), 7-18. https://doi.org/10.1111/jvs.12474

de Bello, F., Fibich, P., Zelený, D., Kopecký, M., Mudrák, O., Chytrý, M., Pyšek, P., Wild, J., Michalcová, D., Sádlo, J., Šmilauer, P., Lepš, J., & Pärtel, M. (2016). Measuring size and composition of species pools: a comparison of dark diversity estimates. *Ecology and Evolution*, *6*(12), 4088-4101. https://doi.org/10.1002/ece3.2169

de Bello, F., Lavorel, S., Lavergne, S., Albert, C.H., Boulangeat, I., Mazel, F., & Thuiller, W. (2013). Hierarchical effects of environmental filters on the functional structure of plant communities: a case study in the French Alps. *Ecography*, *36*(3), 393-402. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07438.x

de Cáceres, M., Casals, P., Gabriel, E., & Castro, X. (2019). Scaling-up individual-level allometric equations to predict stand-level fuel loading in Mediterranean shrublands. *Annals of Forest Science*, *76*(3), 87. https://doi.org/10.1007/s13595-019-0873-4

de Cáceres, M., Chytrý, M., Agrillo, E., Attorre, F., Botta-Dukát, Z., Capelo, J., Czúcz, B., Dengler, J., Ewald, J., Faber-Langendoen, D., Feoli, E., Franklin, S.B., Gavilán, R., Gillet, F., Jansen, F., Jiménez-Alfaro, B., Krestov, P., Landucci, F., Lengyel, A., … Wiser, S.K. (2015). A comparative framework for broad-scale plot-based vegetation classification. *Applied Vegetation Science*, *18*(4), 543-560. https://doi.org/10.1111/avsc.12179

de Cáceres, M., Font, X., & Oliva, F. (2010). The management of vegetation classifications with fuzzy clustering. *Journal of Vegetation Science*, *21*(6), 1138-1151. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01211.x

de Frenne, P., Rodríguez-Sánchez, F., Coomes, D.A., Baeten, L., Verstraeten, G., Vellen, M., Bernhardt-Römermann, M., Brown, C.D., Brunet, J., Cornelis, J., Decocq, G.M., Dierschke, H., Eriksson, O., Gilliam, F.S., Hédl, R., Heinken, T., Hermy, M., Hommel, P., Jenkins, M.A., … & Verheyen, K. (2013). Microclimate moderates plant responses to macroclimate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *110*(46), 18561-18565. https://doi.org/10.1073/pnas.1311190110

de Lombaerde, E., Verheyen, K., van Calster, H., & Baeten, L. (2019). Tree regeneration responds more to shade casting by the overstorey and competition in the understorey than to abundance per se. *Forest Ecology and Management*, *450*, 117492. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117492

Dedieu, J.P., Carlson, B.Z., Bigot, S., Sirguey, P., Vionnet, V., & Choler, P. (2016). On the importance of high-resolution time series of optical imagery for quantifying the effects of snow cover duration on alpine plant habitat. *Remote Sensing*, *8*(6), 481. https://doi.org/10.3390/rs8060481

Dengler, J., Ewald, J., Kühn, I., & Peet, R.K. (2011). Ecoinformatics and global change – an overdue liaison. *Journal of Vegetation Science*, *22*(4), 577-581. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01313.x

Dengler, J., Jansen, F., Glöckler, F., Peet, R.K., De Cáceres, M., Chytrý, M., Ewald, J., Oldeland, J., Lopez-Gonzalez, G., Finckh, M., Mucina, L., Rodwell, J.S., Schaminée, J.H.J., & Spencer, N. (2011). The Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD): a new resource for vegetation science. *Journal of Vegetation Science*, *22*(4), 582-597. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01265.x

Dengler, J., Matthews, T.J., Steinbauer, M.J., Wolfrum, S., Boch, S., Chiarucci, A., Conradi, T., Dembicz, I., Marcenò, C., García-Mijangos, I., Nowak, A., Storch, D., Ulrich, W., Campos, J.A., Cancellieri, L., Carboni, M., Ciaschetti, G., De Frenne, P., Dolezal, J., … & Biurrun, I. (2020). Species-area relationships in continuous vegetation: Evidence from Palaearctic grasslands. *Journal of Biogeography*, *47*(1), 72-86. https://doi.org/10.1111/jbi.13697

Dirnböck, T., Grandin, U., Bernhardt-Römermann, M., Beudert, B., Canullo, R., Forsius, M., Grabner, M.T., Holmberg, M., Kleemola, S., Lundin, L., Mirtl, M., Neumann, M., Pompei, E., Salemaa, M., Starlinger, F., Staszewski, T., & Uziębło, A.K. (2014). Forest floor vegetation response to nitrogen deposition in Europe. *Global Change Biology*, *20*(2), 429-440. https://doi.org/10.1111/gcb.12440

Divíšek, J., & Chytrý, M. (2018). High-resolution and large-extent mapping of plant species richness using vegetation-plot databases. *Ecological Indicators*, *89*, 840-851. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.005

Divíšek, J., Hájek, M., Jamrichová, E., Petr, L., Večeřa, M., Tichý, L., Willner, W., & Horsák, M. (2020). Holocene matters: Landscape history accounts for current species richness of vascular plants

in forests and grasslands of eastern Central Europe. *Journal of Biogeography*, *47*(3), 721-735. https://doi.org/10.1111/jbi.13787

Dolanc, C.R., Thorne, J.H., & Safford, H.D. (2013). Widespread shifts in the demographic structure of subalpine forests in the Sierra Nevada, California, 1934 to 2007. *Global Ecology and Biogeography*, *22*(3), 264-276. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00748.x

Douda, J., Boublík, K., Slezák, M., Biurrun, I., Nociar, J., Havrdová, A., Doudová, J., Aćić, S., Brisse, H., Brunet, J., Chytrý, M., Claessens, H., Csiky, J., Didukh, Y., Dimopoulos, P., Dullinger, S., Fitzpatrick, Ú., Guisan, A., Horchler, P.J., … & Zimmermann, N.E. (2016). Vegetation classification and biogeography of European floodplain forests and alder carrs. *Applied Vegetation Science*, *19*(1), 147-163. https://doi.org/10.1111/avsc.12201

Dubuis, A., Rossier, L., Pottier, J., Pellissier, L., Vittoz, P., & Guisan, A. (2013). Predicting current and future spatial community patterns of plant functional traits. *Ecography*, *36*(11), 1158-1168. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00237.x

Dyderski, M.K., & Jagodziński, A.M. (2019). Context-dependence of urban forest vegetation invasion level and alien species' ecological success. *Forests*, *10*(1), 26. https://doi.org/10.3390/f10010026

El-Sheikh, M.A., Thomas, J., Alfarhan, A.H., Alatar, A.A., Mayandy, S., Hennekens, S.M., Schaminėe, J.H.J., Mucina, L., & Alansari, A.M. (2017). SaudiVeg ecoinformatics: Aims, current status and perspectives. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *24*(2), 389-398. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.02.012

Elliott, K.J., & Vose, J.M. (2011). The contribution of the Coweeta Hydrologic Laboratory to developing an understanding of long-term (1934-2008) changes in managed and unmanaged forests. *Forest Ecology and Management*, *261*(5), 900-910. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.03.010

Ermakov, N., & Morozova, O. (2011). Syntaxonomical survey of boreal oligotrophic pine forests in northern Europe and Western Siberia. *Applied Vegetation Science*, *14*(4), 524-536. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2011.01155.x

Ewald, J., & Ziche, D. (2017). Giving meaning to Ellenberg nutrient values: National Forest Soil Inventory yields frequency-based scaling. *Applied Vegetation Science*, *20*(1), 115-123. https://doi.org/10.1111/avsc.12278

Fajmonová, Z., Zelený, D., Syrovátka, V., Vončina, G., & Hájek, M. (2013). Distribution of habitat specialists in semi-natural grasslands. *Journal of Vegetation Science*, *24*(4), 616-627. https://doi.org/10.1111/jvs.12005

Feilhauer, H., Somers, B., & van der Linden, S. (2017). Optical trait indicators for remote sensing of plant species composition: Predictive power and seasonal variability. *Ecological Indicators*, *73*, 825-833. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.003

Fibich, P., Lepš, J., Chytrý, M., & Těšitel, J. (2017). Root hemiparasitic plants are associated with high diversity in temperate grasslands. *Journal of Vegetation Science*, *28*(1), 184-191. https://doi.org/10.1111/jvs.12472

Fischer, A., Fischer, H.S., Kopecký, M., Macek, M., & Wild, J. (2015). Small changes in species composition despite stand-replacing bark beetle outbreak in Picea abies mountain forests. *Canadian Journal of Forest Research*, *45*(9), 1164-1171. https://doi.org/10.1139/cjfr-2014-0474

Flinn, K.M., Mahany, T.P., & Hausman, C.E. (2018). From forest to city: Plant community change in northeast Ohio from 1800 to 2014. *Journal of Vegetation Science*, *29*(2), 297-306. https://doi.org/10.1111/jvs.12621

Florens, F.B.V., Baider, C., Seegoolam, N.B., Zmanay, Z., & Strasberg, D. (2017). Long-term declines of native trees in an oceanic island's tropical forests invaded by alien plants. *Applied Vegetation Science*, *20*(1), 94-105. https://doi.org/10.1111/avsc.12273

García-Madrid, A.S., Rodríguez-Rojo, M.P., Cantó, P., & Molina, J.A. (2016). Diversity and classification of tall humid herb grasslands (Molinio-Holoschoenion) in Western Mediterranean Europe. *Applied Vegetation Science*, *19*(4), 736-749. https://doi.org/10.1111/avsc.12249

Garcillán, P.P., & Ezcurra, E. (2011). Sampling procedures and species estimation: testing the effectiveness of herbarium data against vegetation sampling in an oceanic island. *Journal of Vegetation Science*, *22*(2), 273-280. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01247.x

Gassó, N., Pino, J., Font, X., & Vilà, M. (2012). Regional context affects native and alien plant species richness across habitat types. *Applied Vegetation Science*, *15*(1), 4-13. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2011.01159.x

Gégout, J.C., & Coudun, C. (2012). The right relevé in the right vegetation unit: a new typicality index to reproduce expert judgement with an automatic classification programme. *Journal of Vegetation Science*, *23*(1), 24-32. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01337.x

Gentili, R., Casati, E., Ferrario, A., Monti, A., Montagnani, C., Caronni, S., & Citterio, S. (2020). Vegetation cover and biodiversity levels are driven by backfilling material in quarry restoration. *Catena*, *195*, 104839. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104839

Gholizadeh, H., Naqinezhad, A., & Chytrý, M. (2020). Classification of the Hyrcanian forest vegetation, Northern Iran. *Applied Vegetation Science*, *23*(1), 107-126. https://doi.org/10.1111/avsc.12469

Giaccone, E., Luoto, M., Vittoz, P., Guisan, A., Mariéthoz, G., & Lambiel, C. (2019). Influence of microclimate and geomorphological factors on alpine vegetation in the Western Swiss Alps. *Earth Surface Processes and Landforms*, *44*(15), 3093-3107. https://doi.org/10.1002/esp.4715

Giallonardo, T., Angiolini, C., Ciaschetti, G., Landi, M., Pirone, G., & Frattaroli, A.R. (2019). Environment or management? Relative importance for floristic composition of sub-Mediterranean hay meadows in Central Italy. *Applied Vegetation Science*, *22*(2), 336-347. https://doi.org/10.1111/avsc.12433

Gilardelli, F., Sgorbati, S., Armiraglio, S., Citterio, S., & Gentili, R. (2015). Ecological Filtering and Plant Traits Variation Across Quarry Geomorphological Surfaces: Implication for Restoration. *Environmental Management*, *55*(5), 1147-1159. https://doi.org/10.1007/s00267-015-0450-z

Gilardelli, F., Sgorbati, S., Citterio, S., & Gentili, R. (2016). Restoring Limestone Quarries: Hayseed, Commercial Seed Mixture or Spontaneous Succession? *Land Degradation and Development*, *27*(2), 316-324. https://doi.org/10.1002/ldr.2244

Gillet, F., Mauchamp, L., Badot, P.M., & Mouly, A. (2016). Recent changes in mountain grasslands: a vegetation resampling study. *Ecology and Evolution*, *6*(8), 2333-2345. https://doi.org/10.1002/ece3.1987

Giorgis, M.A., Cingolani, A.M., Tecco, P.A., Cabido, M., Poca, M., & von Wehrden, H. (2016). Testing alien plant distribution and habitat invasibility in mountain ecosystems: growth form matters. *Biological Invasions*, *18*(7), 2017-2028. https://doi.org/10.1007/s10530-016-1148-8

Giulio, S., Acosta, A.T.R., Carboni, M., Campos, J.A., Chytrý, M., Loidi, J., Pergl, J., Pyšek, P., Isermann, M., Janssen, J.A.M., Rodwell, J.S., Schaminée, J.H.J., & Marcenò, C. (2020). Alien flora across European coastal dunes. *Applied Vegetation Science*, *23*(3), 317-327. https://doi.org/10.1111/avsc.12490

González-Moreno, P., Diez, J.M., Ibáñez, I., Font, X., & Vilà, M. (2014). Plant invasions are context-dependent: multiscale effects of climate, human activity and habitat. *Diversity and Distributions*, *20*(6), 720-731. https://doi.org/10.1111/ddi.12206

Govaert, S., Meeussen, C., Vanneste, T., Bollmann, K., Brunet, J., Cousins, SAO., Diekmann, M., Graae, B.J., Hedwall, P.O., Heinken, T., Iacopetti, G., Lenoir, J., Lindmo, S., Orczewska, A., Perring, M.P., Ponette, Q., Plue, J., Selvi, F., Spicher, F., … & de Frenne, P. (2020). Edge influence on understorey plant communities depends on forest management. *Journal of Vegetation Science*, *31*(2), 281-292. https://doi.org/10.1111/jvs.12844

Griffith, D.M., Anderson, T.M., Osborne, C.P., Strömberg, C.A.E., Forrestel, E.J., & Still, C.J. (2015). Biogeographically distinct controls on C3 and C4 grass distributions: merging community and physiological ecology. *Global Ecology and Biogeography*, *24*(3), 304-313. https://doi.org/10.1111/geb.12265

Güler, B., Jentsch, A., Apostolova, I., Bartha, S., Bloor, J.M.G., Campetella, G., Canullo, R., Házi, J., Kreyling, J., Pottier, J., Szabó, G., Terziyska, T., Uğurlu, E., Wellstein, C., Zimmermann, Z., & Dengler, J. (2016). How plot shape and spatial arrangement affect plant species richness counts: implications for sampling design and rarefaction analyses. *Journal of Vegetation Science*, *27*(4), 692-703. https://doi.org/10.1111/jvs.12411

Gursky, S., Salibay, C., Grow, N., & Fields, L. (2017). Impact of Typhoon Haiyan on a Philippine Tarsier Population. *Folia Primatologica*, *88*(4), 323-332. https://doi.org/10.1159/000479404

Hájková, P., Hájek, M., Rybníček, K., Jiroušek, M., Tichý, L., Králová, Š., & Mikulášková, E. (2011). Long-term vegetation changes in bogs exposed to high atmospheric deposition, aerial liming and climate fluctuation. *Journal of Vegetation Science*, *22*(5), 891-904. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01297.x

Hakkenberg, C.R., Peet, R.K., Wentworth, T.R., Zhu, K., & Schafale, M.P. (2020). Tree canopy cover constrains the fertility-diversity relationship in plant communities of the southeastern United States. *Ecology*, *101*(10), e03119. https://doi.org/10.1002/ecy.3119

Hao, X., Li, W., Huang, X., Zhu, C., & Ma, J. (2010). Assessment of the groundwater threshold of desert riparian forest vegetation along the middle and lower reaches of the Tarim River, China. *Hydrological Processes*, *24*(2), 178-186. https://doi.org/10.1002/hyp.7432

Harris, R.B., Wenying, W., Badinqiuying, Smith, A.T., & Bedunah, D.J. (2015). Herbivory and competition of Tibetan steppe vegetation in winter pasture: Effects of livestock exclosure and plateau pika reduction. *PLoS ONE*, *10*(7), e0132897. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132897

Hédl, R., Bernhardt-Römermann, M., Grytnes, J.A., Jurasinski, G., & Ewald, J. (2017). Resurvey of historical vegetation plots: a tool for understanding long-term dynamics of plant communities. *Applied Vegetation Science*, *20*(2), 161-163. https://doi.org/10.1111/avsc.12307

Helsen, K., Hermy, M., & Honnay, O. (2013). Spatial isolation slows down directional plant functional group assembly in restored semi-natural grasslands. *Journal of Applied Ecology*, *50*(2), 404-413. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12037

Hemp, A., & Hemp, C. (2018). Broken bridges: The isolation of Kilimanjaro's ecosystem. *Global Change Biology*, *24*(8), 3499-3507. https://doi.org/10.1111/gcb.14078

Herben, T., Chytrý, M., & Klimešová, J. (2016). A quest for species-level indicator values for disturbance. *Journal of Vegetation Science*, *27*(3), 628-636. https://doi.org/10.1111/jvs.12384

Hernández, H.J., & Villaseñor, N.R. (2018). Twelve-year change in tree diversity and spatial segregation in the Mediterranean city of Santiago, Chile. *Urban Forestry and Urban Greening*, *29*, 10-18. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.017

Heystek, A., & Pauw, A. (2014). Does competition for pollinators contribute to structuring Erica communities? *Journal of Vegetation Science*, *25*(3), 648-656. https://doi.org/10.1111/jvs.12127

Höft, A., Müller, J., & Gerowitt, B. (2010). Vegetation indicators for grazing activities on grassland to be implemented in outcome-oriented agri-environmental payment schemes in North-East Germany. *Ecological Indicators*, *10*(3), 719-726. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.12.001

Hrivnák, R., Slezák, M., Jarcuška, B., Jarolímek, I., & Kochjarová, J. (2015). Native and alien plant species richness response to soil nitrogen and phosphorus in temperate floodplain and swamp forests. *Forests*, *6*(10), 3501-3513. https://doi.org/10.3390/f6103501

Hrivnák, R., Slezák, M., Ujházy, K., Máliš, F., Blanár, D., Ujházyová, M., & Kliment, J. (2019). Phytosociological approach to scree and ravine forest vegetation in Slovakia. *Annals of Forest Research*, *62*(2), 183-200. https://doi.org/10.15287/afr.2019.1355

Janišová, M., Michalcová, D., Bacaro, G., & Ghisla, A. (2014). Landscape effects on diversity of semi-natural grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *182*, 47-58. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.05.022

Jansen, F., Ewald, J., & Zerbe, S. (2011). Ecological preferences of alien plant species in North-Eastern Germany. *Biological Invasions*, *13*(12), 2691-2701. https://doi.org/10.1007/s10530-011-9939-4

Jansen, F., & Oksanen, J. (2013). How to model species responses along ecological gradients – Huisman-Olff-Fresco models revisited. *Journal of Vegetation Science*, *24*(6), 1108-1117. https://doi.org/10.1111/jvs.12050

Janská, V., Jiménez-Alfaro, B., Chytrý, M., Divíšek, J., Anenkhonov, O., Korolyuk, A., Lashchinskyi, N., & Culek, M. (2017). Palaeodistribution modelling of European vegetation types at the Last Glacial Maximum using modern analogues from Siberia: Prospects and limitations. *Quaternary Science Reviews*, *159*, 103-115. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.01.011

Jenačković, D.D., Lakušić, D., Zlatković, I., Jušković, M., & Ranđelović, N.V. (2019). Emergent wetland vegetation data recording: Does an optimal period exist? *Applied Vegetation Science*, *22*(2), 200-212. https://doi.org/10.1111/avsc.12419

Jiménez-Alfaro, B., Girardello, M., Chytrý, M., Svenning, J.C., Willner, W., Gégout, J.C., Agrillo, E., Campos, J.A., Jandt, U., Kacki, Z., Šilc, U., Slezák, M., Tichý, L., Tsiripidis, I., Turtureanu, P.D., Ujházyová, M., & Wohlgemuth, T. (2018). History and environment shape species pools and community diversity in European beech forests. *Nature Ecology and Evolution*, *2*(3), 483-490. https://doi.org/10.1038/s41559-017-0462-6

Jiménez-Alfaro, B., Hájek, M., Ejrnaes, R., Rodwell, J., Pawlikowski, P., Weeda, E.J., Laitinen, J., Moen, A., Bergamini, A., Aunina, L., Sekulová, L., Tahvanainen, T., Gillet, F., Jandt, U., Dítě, D., Hájková, P., Corriol, G., Kondelin, H., & Díaz, T.E. (2014). Biogeographic patterns of base-rich fen vegetation across Europe. *Applied Vegetation Science*, *17*(2), 367-380. https://doi.org/10.1111/avsc.12065

Jimenez-Rodríguez, D.L., Alvarez-Añorve, M.Y., Pineda-Cortes, M., Flores-Puerto, J.I., Benítez-Malvido, J., Oyama, K., & Avila-Cabadilla, L.D. (2018). Structural and functional traits predict short term response of tropical dry forests to a high intensity hurricane. *Forest Ecology and Management*, *426*, 101-114. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.009

Jírová, A., Klaudisová, A., & Prach, K. (2012). Spontaneous restoration of target vegetation in old-fields in a central European landscape: a repeated analysis after three decades. *Applied Vegetation Science*, *15*(2), 245-252. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2011.01165.x

Jorgenson, J.C., Ver Hoef, J.M., & Jorgenson, A.M.T. (2010). Long-term recovery patterns of arctic tundra after winter seismic exploration. *Ecological Applications*, *20*(1), 205-221. https://doi.org/10.1890/08-1856.1

Jucker, T., Carboni, M., & Acosta, A.T.R. (2013). Going beyond taxonomic diversity: deconstructing biodiversity patterns reveals the true cost of iceplant invasion. *Diversity and Distributions*, *19*(12), 1566-1577. https://doi.org/10.1111/ddi.12124

Junsongduang, A., Balslev, H., Inta, A., Jampeetong, A., & Wangpakapattanawong, P. (2013). Medicinal plants from swidden fallows and sacred forest of the Karen and the Lawa in Thailand. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, *9*(1), 44. https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-44

Junsongduang, A., Balslev, H., Inta, A., Jampeetong, A., & Wangpakapattanawong, P. (2014). Karen and Lawa medicinal plant use: Uniformity or ethnic divergence? *Journal of Ethnopharmacology*, *151*(1), 517-527. https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.009

Kalníková, V., Chytrý, K., Biţa-Nicolae, C., Bracco, F., Font, X., Iakushenko, D., Kącki, Z., Kudrnovsky, H., Landucci, F., Lustyk, P., Milanović, Đ., Šibík, J., Šilc, U., Uziębło, A.K., Villani, M., & Chytrý, M. (2021). Vegetation of the European mountain river gravel bars: A formalized classification. *Applied Vegetation Science*, *24*(1), e12542. https://doi.org/10.1111/avsc.12542

Kalusová, V., Chytrý, M., Peet, R.K., & Wentworth, T.R. (2014). Alien species pool influences the level of habitat invasion in intercontinental exchange of alien plants. *Global Ecology and Biogeography*, *23*(12), 1366-1375. https://doi.org/10.1111/geb.12209

Kalusová, V., Chytrý, M., Peet, R.K., & Wentworth, T.R. (2015). Intercontinental comparison of habitat levels of invasion between temperate North America and Europe. *Ecology*, *96*(12), 3363-3373. https://doi.org/https://doi.org/10.1890/15-0021.1

Kapfer, J., Hédl, R., Jurasinski, G., Kopecký, M., Schei, F.H., & Grytnes, J.A. (2017). Resurveying historical vegetation data – opportunities and challenges. *Applied Vegetation Science*, *20*(2), 164-171. https://doi.org/10.1111/avsc.12269

Karlsen, S.R., Jepsen, J.U., Odland, A., Ims, R.A., & Elvebakk, A. (2013). Outbreaks by canopy-feeding geometrid moth cause state-dependent shifts in understorey plant communities. *Oecologia*, *173*(3), 859-870. https://doi.org/10.1007/s00442-013-2648-1

Keim, J.L., De Witt, P.D., Fitzpatrick, J.J., & Jenni, N.S. (2017). Estimating plant abundance using inflated beta distributions: Applied learnings from a lichen-caribou ecosystem. *Ecology and Evolution*, *7*(2), 486-493. https://doi.org/10.1002/ece3.2625

Kidron, G.J. (2016). Goat trampling affects plant establishment, runoff and sediment yields over crusted dunes. *Hydrological Processes*, *30*(13), 2237-2246. https://doi.org/10.1002/hyp.10794

Kirby, K.J., Goldberg, E.A., Isted, R., Perry, S.C., & Thomas, R.C. (2016). Long-term changes in the tree and shrub layers of a British nature reserve and their relevance for woodland conservation management. *Journal for Nature Conservation*, *31*, 51-60. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2016.03.004

Koide, D., Higa, M., Nakao, K., Ohashi, H., Tsuyama, I., Matsui, T., & Tanaka, N. (2016). Projecting spatiotemporal changes in suitable climate conditions to regenerate trees using niche differences between adult and juvenile trees. *European Journal of Forest Research*, *135*(1), 125-136. https://doi.org/10.1007/s10342-015-0921-z

Koide, D., Yoshida, K., Daehler, C.C., & Mueller-Dombois, D. (2017). An upward elevation shift of native and non-native vascular plants over 40 years on the island of Hawai'i. *Journal of Vegetation Science*, *28*(5), 939-950. https://doi.org/10.1111/jvs.12549

Kopecký, M., & Macek, M. (2015). Vegetation resurvey is robust to plot location uncertainty. *Diversity and Distributions*, *21*(3), 322-330. https://doi.org/10.1111/ddi.12299

Koyanagi, T., Kusumoto, Y., Hiradate, S., Morita, S., Yokogawa, M., Takahashi, Y., & Sato, C. (2013). New method for extracting plant indicators based on their adaptive responses to management practices: application to semi-natural and artificial grassland data. *Applied Vegetation Science*, *16*(1), 95-109. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2012.01204.x

Kuhn, E., & Gégout, J.-C. (2019). Highlighting declines of cold-demanding plant species in lowlands under climate warming. *Ecography*, *42*(1), 36-44. https://doi.org/10.1111/ecog.03469

Kusumoto, B., Villalobos, F., Shiono, T., & Kubota, Y. (2019). Reconciling Darwin's naturalization and pre-adaptation hypotheses: An inference from phylogenetic fields of exotic plants in Japan. *Journal of Biogeography*, *46*(11), 2597-2608. https://doi.org/10.1111/jbi.13683

Landucci, F., Šumberová, K., Tichý, L., Hennekens, S., Aunina, L., Biță-Nicolae, C., Borsukevych, L., Bobrov, A., Čarni, A., De Bie, E., Golub, V., Hrivnák, R., Iemelianova, S., Jandt, U., Jansen, F., Kącki, Z., Lájer, K., Papastergiadou, E., Šilc, U., … & Chytrý, M. (2020). Classification of the European marsh

vegetation (Phragmito-Magnocaricetea) to the association level. *Applied Vegetation Science*, *23*(2), 297-316. https://doi.org/10.1111/avsc.12484

Langford, Z., Kumar, J., Hoffman, F.M., Norby, R.J., Wullschleger, S.D., Sloan, V.L., & Iversen, C.M. (2016). Mapping Arctic plant functional type distributions in the Barrow Environmental Observatory using World View-2 and LiDAR datasets. *Remote Sensing*, *8*(9), 733. https://doi.org/10.3390/rs8090733

Laumonier, Y., & Nasi, R. (2018). The last natural seasonal forests of Indonesia: Implications for forest management and conservation. *Applied Vegetation Science*, *21*(3), 461-476. https://doi.org/10.1111/avsc.12377

Leck, M.A. (2013). Dispersal potential of a tidal river and colonization of a created tidal freshwater marsh. *AoB PLANTS*, *5*, pls050. https://doi.org/10.1093/aobpla/pls050

Lee, W.G., Tanentzap, A.J., & Heenan, P.B. (2012). Plant radiation history affects community assembly: evidence from the New Zealand alpine. *Biology Letters*, *8*(4), 558-561. https://doi.org/10.1098/rsbl.2011.1210

Lelli, C., Nascimbene, J., Alberti, D., Agostini, N., Zoccola, A., Piovesan, G., & Chiarucci, A. (2021). Long-term changes in Italian mountain forests detected by resurvey of historical vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, *32*(1), e12939. https://doi.org/10.1111/jvs.12939

Lengyel, A., Chytrý, M., & Tichý, L. (2011). Heterogeneity-constrained random resampling of phytosociological databases. *Journal of Vegetation Science*, *22*(1), 175-183. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01225.x

Lengyel, A., & Podani, J. (2015). Assessing the relative importance of methodological decisions in classifications of vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, *26*(4), 804-815. https://doi.org/10.1111/jvs.12268

Lengyel, A., Swacha, G., Botta-Dukát, Z., & Kącki, Z. (2020). Trait-based numerical classification of mesic and wet grasslands in Poland. *Journal of Vegetation Science*, *31*(2), 319-330. https://doi.org/10.1111/jvs.12850

Lenoir, J., Gégout, J.C., Guisan, A., Vittoz, P., Wohlgemuth, T., Zimmermann, N.E., Dullinger, S., Pauli, H., Willner, W., Grytnes, J.A., Virtanen, R., & Svenning, J.C. (2010). Cross-scale analysis of the region effect on vascular plant species diversity in southern and northern European mountain ranges. *PLoS ONE*, *5*(12), e15734. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015734

Leßmeister, A., Bernhardt-Römermann, M., Schumann, K., Thiombiano, A., Wittig, R., & Hahn, K. (2019). Vegetation changes over the past two decades in a West African savanna ecosystem. *Applied Vegetation Science*, *22*(2), 230-242. https://doi.org/10.1111/avsc.12428

Lewis, R.J., Szava-Kovats, R., & Pärtel, M. (2016). Estimating dark diversity and species pools: an empirical assessment of two methods. *Methods in Ecology and Evolution*, *7*(1), 104-113. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12443

Li, C.F., Chytrý, M., Zelený, D., Chen, M.Y., Chen, T.Y., Chiou, C.R., Hsia, Y.J., Liu, H.Y., Yang, S.Z., Yeh, C.L., Wang, J.C., Yu, C.F., Lai, Y.J., Chao, W.C., & Hsieh, C.F. (2013). Classification of Taiwan forest vegetation. *Applied Vegetation Science*, *16*(4), 698-719. https://doi.org/10.1111/avsc.12025

Liendo, D., Biurrun, I., Campos, J.A., García-Mijangos, I., & Pearman, P.B. (2021). Effects of disturbance and alien plants on the phylogenetic structure of riverine communities. *Journal of Vegetation Science*, *32*(1), e12933. https://doi.org/10.1111/jvs.12933

Lin, H.Y., Li, C.F., Chen, T.Y., Hsieh, C.F., Wang, G., Wang, T., & Hu, J.M. (2020). Climate-based approach for modeling the distribution of montane forest vegetation in Taiwan. *Applied Vegetation Science*, *23*(2), 239-253. https://doi.org/10.1111/avsc.12485

Liu, C., Wentworth, T.R., Qiao, X., Guo, K., & Hou, D. (2019). Vegetation classification at the association level under the China Vegetation Classification System: an example of six Stipa steppe formations in China. *Journal of Plant Ecology*, *12*(6), 1009-1024. https://doi.org/10.1093/jpe/rtz028

Locke, D.H., Avolio, M., Trammel, T., Roy Chowdhury, R., Morgan Grove, J., Rogan, J., Martin, D.G., Bettez, N., Cavender-Bares, J., Groffman, P.M., Hall, S.J., Heffernan, J.B., Hobbie, S.E., Larson, K.L., Morse, J.L., Neill, C., Ogden, L.A., O'Neil-Dunne, J.P.M., Pataki, D., … & Wheeler, M.M. (2018). A multi-city comparison of front and backyard differences in plant species diversity and nitrogen cycling in residential landscapes. *Landscape and Urban Planning*, *178*, 102-111. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.030

Loiola, P.P., de Bello, F., Chytrý, M., Götzenberger, L., Carmona, C.P., Pyšek, P., & Lososová, Z. (2018). Invaders among locals: Alien species decrease phylogenetic and functional diversity while increasing dissimilarity among native community members. *Journal of Ecology*, *106*(6), 2230-2241. https://doi.org/10.1111/1365-2745.12986

Lou, Y., Kapfer, J., Smith, P., Liu, Y., Jiang, M., Lu, X., & Ashcroft, M. (2020). Abundance changes of marsh plant species over 40 years are better explained by niche position water level than functional traits. *Ecological Indicators*, *117*, 106639. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106639

Luther-Mosebach, J., Dengler, J., Schmiedel, U., Röwer, I.U., Labitzky, T., & Gröngröft, A. (2012). A first formal classification of the Hardeveld vegetation in Namaqualand, South Africa. *Applied Vegetation Science*, *15*(3), 401-431. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2011.01173.x

Lyver, P.O., Richardson, S.J., Gormley, A.M., Timoti, P., Jones, C.J., & Tahi, B.L. (2018). Complementarity of indigenous and western scientific approaches for monitoring forest state. *Ecological Applications*, *28*(7), 1909-1923. https://doi.org/10.1002/eap.1787

MacAnder, M.J., Palm, E.C., Frost, G.V., Herriges, J.D., Nelson, P.R., Roland, C., Russell, K.L.M., Suitor, M.J., Bentzen, T.W., Joly, K., Goetz, S.J., & Hebblewhite, M. (2020). Lichen cover mapping for caribou ranges in interior Alaska and Yukon. *Environmental Research Letters*, *15*(5), 055001. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d38

Maciejewski, L., Kuhn, E., Gégout-Petit, A., & Gégout, J.-C. (2020). Natura 2000 forest habitats: climatic debt in lowlands and thermophilization in highlands. *Biodiversity and Conservation*, *29*, 3689-3701. https://doi.org/10.1007/s10531-020

Maciejewski, L., Pinto, P.E., Wurpillot, S., Drapier, J., Cadet, S., Muller, S., Agou, P., Renaux, B., & Gégout, J.C. (2020). Vegetation unit assignments: phytosociology experts and classification programs show similar performance but low convergence. *Applied Vegetation Science*, *23*(4), 698-709. https://doi.org/10.1111/avsc.12516

Malavasi, M., Carboni, M., Cutini, M., Carranza, M.L., & Acosta, A.T.R. (2014). Landscape fragmentation, land-use legacy and propagule pressure promote plant invasion on coastal dunes: a patch-based approach. *Landscape Ecology*, *29*(9), 1541-1550. https://doi.org/10.1007/s10980-014-0074-3

Maliniemi, T., Kapfer, J., Saccone, P., Skog, A., & Virtanen, R. (2018). Long-term vegetation changes of treeless heath communities in northern Fennoscandia: Links to climate change trends and reindeer grazing. *Journal of Vegetation Science*, *29*(3), 469-479. https://doi.org/10.1111/jvs.12630

Máliš, F., Ujházy, K., Vodálová, A., Barka, I., Čaboun, V., & Sitková, Z. (2012). The impact of Norway spruce planting on herb vegetation in the mountain beech forests on two bedrock types. *European Journal of Forest Research*, *131*(5), 1551-1569. https://doi.org/10.1007/s10342-012-0624-7

Marcelino, J.A.P., Weber, E., Silva, L., Garcia, P.V., & Soares, A.O. (2014). Expedient Metrics to Describe Plant Community Change Across Gradients of Anthropogenic Influence. *Environmental Management*, *54*(5), 1121-1130. https://doi.org/10.1007/s00267-014-0321-z

Maskell, L.C., Smart, S.M., Bullock, J.M., Thompson, K., & Stevens, C.J. (2010). Nitrogen deposition causes widespread loss of species richness in British habitats. *Global Change Biology*, *16*(2), 671-679. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02022.x

Mastrogianni, A., Kallimanis, A.S., Chytrý, M., & Tsiripidis, I. (2019). Phylogenetic diversity patterns in forests of a putative refugial area in Greece: A community level analysis. *Forest Ecology and Management*, *446*, 226-237. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.044

Matthews, E.R., Peet, R.K., & Weakley, A.S. (2011). Classification and description of alluvial plant communities of the Piedmont region, North Carolina, USA. *Applied Vegetation Science*, *14*(4), 485-505. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2011.01150.x

de Mattia, F., de Gentili, R., Bruni, I., Galimberti, A., Sgorbati, S., Casiraghi, M., & Labra, M. (2012). A multi-marker DNA barcoding approach to save time and resources in vegetation surveys. *Botanical Journal of the Linnean Society*, *169*(3), 518-529. https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2012.01251.x

McCain, C.M., King, S.R.B., Szewczyk, T., & Beck, J. (2018). Small mammal species richness is directly linked to regional productivity, but decoupled from food resources, abundance, or habitat complexity. *Journal of Biogeography*, *45*(11), 2533-2545. https://doi.org/10.1111/jbi.13432

McCune, J.L., & Vellend, M. (2013). Gains in native species promote biotic homogenization over four decades in a human-dominated landscape. *Journal of Ecology*, *101*(6), 1542-1551. https://doi.org/10.1111/1365-2745.12156

McNellie, M.J., Oliver, I., & Gibbons, P. (2015). Pitfalls and possible solutions for using geo-referenced site data to inform vegetation models. *Ecological Informatics*, *30*, 230-234. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.05.012

Meek, C.S., Richardson, D.M., & Mucina, L. (2010). A river runs through it: Land-use and the composition of vegetation along a riparian corridor in the Cape Floristic Region, South Africa. *Biological Conservation*, *143*(1), 156-164. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.021

Meier, E.S., & Hofer, G. (2016). Effects of plot size and their spatial arrangement on estimates of alpha, beta and gamma diversity of plants in alpine grassland. *Alpine Botany*, *126*(2), 167-176. https://doi.org/10.1007/s00035-016-0171-9

Merle, H., Garmendia, A., Hernández, H., & Ferriol, M. (2020). Vegetation change over a period of 46 years in a Mediterranean mountain massif (Penyagolosa, Spain). *Applied Vegetation Science*, *23*(4), 495-507. https://doi.org/10.1111/avsc.12507

Mertelmeyer, L., Jacobi, J.D., Mueller-Dombois, D., Brinck, K., & Boehmer, H.J. (2019). Regeneration of Metrosideros polymorpha forests in Hawaii after landscape-level canopy dieback. *Journal of Vegetation Science*, *30*(1), 146-155. https://doi.org/10.1111/jvs.12704

Metsoja, J.A., Neuenkamp, L., Pihu, S., Vellak, K., Kalwij, J.M., & Zobel, M. (2012). Restoration of flooded meadows in Estonia – vegetation changes and management indicators. *Applied Vegetation Science*, *15*(2), 231-244. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2011.01171.x

Meyer, S., Bergmeier, E., Becker, T., Wesche, K., Krause, B., & Leuschner, C. (2015). Detecting long-term losses at the plant community level – arable fields in Germany revisited. *Applied Vegetation Science*, *18*(3), 432-442. https://doi.org/10.1111/avsc.12168

Michalcová, D., Lvončík, S., Chytrý, M., & Hájek, O. (2011). Bias in vegetation databases? A comparison of stratified-random and preferential sampling. *Journal of Vegetation Science*, *22*(2), 281-291. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01249.x

Mitchell, R.J., Hewison, R.L., Fielding, D.A., Fisher, J.M., Gilbert, D.J., Hurskainen, S., Pakeman, R.J., Potts, J.M., & Riach, D. (2018). Decline in atmospheric sulphur deposition and changes in climate are the major drivers of long-term change in grassland plant communities in Scotland. *Environmental Pollution*, *235*, 956-964. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.086

Mofutsanyana, S.S., Collins, N.B., Adelabu, SA, Chatanga, P., & Sieben, E.J.J. (2020). Changes in plant functional composition of wetland vegetation along an aridity gradient on the Highveld plateau of South Africa. *Applied Vegetation Science*, *23*(4), 622-634. https://doi.org/10.1111/avsc.12517

Moravcová, L., Pyšek, P., Jarošík, V., & Pergl, J. (2015). Getting the right traits: Reproductive and dispersal characteristics predict the invasiveness of herbaceous plant species. *PLoS ONE*, *10*(4), e0123634. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123634

Möst, L., Hothorn, T., Müller, J., & Heurich, M. (2015). Creating a landscape of management: Unintended effects on the variation of browsing pressure in a national park. *Forest Ecology and Management*, *338*, 46-56. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.015

Muenchow, J., Dieker, P., Böttcher, T., Brock, J., Didenko, G., Fremout, T., Jakubka, D., Jentsch, A., Nüst, D., Richter, M., Rodríguez, E.F., Rodríguez, R.A., Rollenbeck, R., Salazar Zarsosa, P., Schratz, P., & Brenning, A. (2020). Monitoring and predictive mapping of floristic biodiversity along a climatic gradient in ENSO's terrestrial core region, NW Peru. *Ecography*, *43*(12), 1878-1890. https://doi.org/10.1111/ecog.05091

Müllerová, J., Hédl, R., & Szabó, P. (2015). Coppice abandonment and its implications for species diversity in forest vegetation. *Forest Ecology and Management*, *343*, 88-100. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.003

Navrátilová, J., Hájek, M., Navrátil, J., Hájková, P., & Frazier, R.J. (2017). Convergence and impoverishment of fen communities in a eutrophicated agricultural landscape of the Czech Republic. *Applied Vegetation Science*, *20*(2), 225-235. https://doi.org/10.1111/avsc.12298

Nieto-Lugilde, D., Lenoir, J., Abdulhak, S., Aeschimann, D., Dullinger, S., Gégout, J.C., Guisan, A., Pauli, H., Renaud, J., Theurillat, J.P., Thuiller, W., Van Es, J., Vittoz, P., Willner, W., Wohlgemuth, T., Zimmermann, N.E., & Svenning, J.C. (2015). Tree cover at fine and coarse spatial grains interacts with shade tolerance to shape plant species distributions across the Alps. *Ecography*, *38*(6), 578-589. https://doi.org/10.1111/ecog.00954

Nobis, A., Nowak, A., & Rola, K. (2018). Do invasive alien plants really threaten river bank vegetation? A case study based on plant communities typical for Chenopodium ficifolium—An indicator of large river valleys. *PLoS ONE*, *13*(3), e0194473. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194473

Ogawa-Onishi, Y., Berry, P.M., & Tanaka, N. (2010). Assessing the potential impacts of climate change and their conservation implications in Japan: A case study of conifers. *Biological Conservation*, *143*(7), 1728-1736. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.021

Oliver, I., Broese, E.A., Dillon, M.L., Sivertsen, D., & McNellie, M.J. (2013). Semi-automated assignment of vegetation survey plots within an a priori classification of vegetation types. *Methods in Ecology and Evolution*, *4*(1), 73-81. https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2012.00258.x

Olleck, M., Reger, B., & Ewald, J. (2020). Plant indicators for Folic Histosols in mountain forests of the Calcareous Alps. *Applied Vegetation Science*, *23*(2), 285-296. https://doi.org/10.1111/avsc.12470

Palmquist, K.A., Peet, R.K., & Mitchell, S.R. (2015). Scale-dependent responses of longleaf pine vegetation to fire frequency and environmental context across two decades. *Journal of Ecology*, *103*(4), 998-1008. https://doi.org/10.1111/1365-2745.12412

Palpurina, S., Chytrý, M., Tzonev, R., Danihelka, J., Axmanová, I., Merunková, K., Duchoň, M., & Karakiev, T. (2015). Patterns of fine-scale plant species richness in dry grasslands across the eastern Balkan Peninsula. *Acta Oecologica*, *63*, 36-46. https://doi.org/10.1016/j.actao.2015.02.001

Pätsch, R., Jašková, A., Chytrý, M., Kucherov, I.B., Schaminée, J.H.J., Bergmeier, E., & Janssen, J.A.M. (2019). Making them visible and usable — vegetation-plot observations from Fennoscandia based on historical species-quantity scales. *Applied Vegetation Science*, *22*(4), 465-473. https://doi.org/10.1111/avsc.12452

Pawlikowski, P., Rutkowska, E., Kłosowski, S., Jabłońska, E., & Drzymulska, D. (2014). Development of bog-like vegetation during terrestrialization of polyhumic lakes in north-eastern Poland is not accompanied by ecosystem ombrotrophication. *Hydrobiologia*, *737*(1), 87-95. https://doi.org/10.1007/s10750-013-1783-3

Pellissier, L., Pottier, J., Vittoz, P., Dubuis, A., & Guisan, A. (2010). Spatial pattern of floral morphology: Possible insight into the effects of pollinators on plant distributions. *Oikos*, *119*(11), 1805-1813. https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18560.x

Peltzer, D.A., Allen, R.B., Bellingham, P.J., Richardson, S.J., Wright, E.F., Knightbridge, P.I., & Mason, N.W.H. (2014). Disentangling drivers of tree population size distributions. *Forest Ecology and Management*, *331*, 165-179. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.037

Pérez-Haase, A., Iturraspe, R., & Ninot, J.M. (2019). Macroclimate and local hydrological regime as drivers of fen vegetation patterns in Tierra del Fuego (Argentina). *Ecohydrology*, *12*(8), e2155. https://doi.org/10.1002/eco.2155

Perrin, P.M., & Waldren, S. (2020). Vegetation richness and rarity in habitats of European conservation value in Ireland. *Ecological Indicators*, *117*, 106387. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106387

Peterka, T., Hájek, M., Jiroušek, M., Jiménez-Alfaro, B., Aunina, L., Bergamini, A., Dítě, D., Felbaba-Klushyna, L., Graf, U., Hájková, P., Hettenbergerová, E., Ivchenko, T.G., Jansen, F., Koroleva, N.E., Lapshina, E.D., Lazarević, P.M., Moen, A., Napreenko, M.G., Pawlikowski, P., … & Chytrý, M. (2017). Formalized classification of European fen vegetation at the alliance level. *Applied Vegetation Science*, *20*(1), 124-142. https://doi.org/10.1111/avsc.12271

Peterka, T., Syrovátka, V., Dítě, D., Hájková, P., Hrubanová, M., Jiroušek, M., Plesková, Z., Singh, P., Šímová, A., Šmerdová, E., & Hájek, M. (2020). Is variable plot size a serious constraint in broad-scale vegetation studies? A case study on fens. *Journal of Vegetation Science*, *31*(4), 594-605. https://doi.org/10.1111/jvs.12885

Pfeifer, M., Kor, L., Nilus, R., Turner, E., Cusack, J., Lysenko, I., Khoo, M., Chey, V.K., Chung, A.C., & Ewers, R.M. (2016). Mapping the structure of Borneo's tropical forests across a degradation gradient. *Remote Sensing of Environment*, *176*, 84-97. https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.01.014

Pielech, R., Anioł-Kwiatkowska, J., & Szczęśniak, E. (2015). Landscape-scale factors driving plant species composition in mountain streamside and spring riparian forests. *Forest Ecology and Management*, *347*, 217-227. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.038

Pielech, R., & Malicki, M. (2018). Changes in species composition in alder swamp forest following forest dieback. *Forests*, *9*(6), 316. https://doi.org/10.3390/f9060316

Pielech, R., Zając, K., Kadej, M., Malicki, M., Malkiewicz, A., & Tarnawski, D. (2017). Ellenberg's indicator values support prediction of suitable habitat for pre-diapause larvae of endangered butterfly Euphydryas aurinia. *PLoS ONE*, *12*(6), e0179026. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179026

Pinna, M.S., Cañadas, E.M., Fenu, G., & Bacchetta, G. (2015). The European Juniperus habitat in the Sardinian coastal dunes: Implication for conservation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *164*, 214-220. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.07.032

Piwczyński, M., Puchałka, R., & Ulrich, W. (2016). Influence of tree plantations on the phylogenetic structure of understorey plant communities. *Forest Ecology and Management*, *376*, 231-237. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.011

Procheş, Ş., Sukri, R.S., Jaafar, S.M., Sieben, E.J.J., Zaini, N.H., Abas, N., Suhaini, S.N., Juhairah Manjul, N.M., Julaihi, M.A.H., Marshall, D.J., Slik, J.W.F., & Moodley, D. (2019). Soil niche of rain forest plant lineages: Implications for dominance on a global scale. *Journal of Biogeography*, *46*(10), 2378-2387. https://doi.org/10.1111/jbi.13656

Quazi, SA, & Ticktin, T. (2016). Understanding drivers of forest diversity and structure in managed landscapes: Secondary forests, plantations, and agroforests in Bangladesh. *Forest Ecology and Management*, *366*, 118-134. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.01.024

Raduła, M.W., Szymura, T.H., Szymura, M., Swacha, G., & Kącki, Z. (2020). Effect of environmental gradients, habitat continuity and spatial structure on vascular plant species richness in semi-natural grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *300*, 106974. https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106974

Räsänen, A., Aurela, M., Juutinen, S., Kumpula, T., Lohila, A., Penttilä, T., & Virtanen, T. (2020). Detecting northern peatland vegetation patterns at ultra-high spatial resolution. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, *6*(4), 457-471. https://doi.org/10.1002/rse2.140

Räsänen, A., & Virtanen, T. (2019). Data and resolution requirements in mapping vegetation in spatially heterogeneous landscapes. *Remote Sensing of Environment*, *230*, 111207. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.05.026

Rédei, T., Szitár, K., Czúcz, B., Barabás, S., Lellei-Kovács, E., Pándi, I., Somay, L., & Csecserits, A. (2014). Weak evidence of long-term extinction debt in Pannonian dry sand grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *182*, 137-143. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.07.016

Rehell, S., & Virtanen, R. (2016). Rich-fen bryophytes in past and recent mire vegetation in a successional land uplift area. *Holocene*, *26*(1), 136-146. https://doi.org/10.1177/0959683615596831

Reinecke, J., Wulf, M., Baeten, L., Brunet, J., Decocq, G., De Frenne, P., Diekmann, M., Graae, B.J., Heinken, T., Hermy, M., Jamoneau, A., Lenoir, J., Plue, J., Orczewska, A., Van Calster, H., Verheyen, K., & Naaf, T. (2016). Acido- and neutrophilic temperate forest plants display distinct shifts in ecological pH niche across north-western Europe. *Ecography*, *39*(12), 1164-1175. https://doi.org/10.1111/ecog.02051

Reitalu, T., Helm, A., Pärtel, M., Bengtsson, K., Gerhold, P., Rosén, E., Takkis, K., Znamenskiy, S., & Prentice, H.C. (2014). Determinants of fine-scale plant diversity in dry calcareous grasslands within the Baltic Sea region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *182*, 59-68. https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.11.005

Revermann, R., Finckh, M., Stellmes, M., Strohbach, B.J., Frantz, D., & Oldeland, J. (2016). Linking land surface phenology and vegetation-plot databases to model terrestrial plant α-diversity of the Okavango Basin. *Remote Sensing*, *8*(5), 370. https://doi.org/10.3390/rs8050370

Riibak, K., Reitalu, T., Tamme, R., Helm, A., Gerhold, P., Znamenskiy, S., Bengtsson, K., Rosén, E., Prentice, H.C., & Pärtel, M. (2015). Dark diversity in dry calcareous grasslands is determined by dispersal ability and stress-tolerance. *Ecography*, *38*(7), 713-721. https://doi.org/10.1111/ecog.01312

Rodríguez-Rojo, M.P., Font, X., García-Mijangos, I., Crespo, G., & Fernández-González, F. (2020). An expert system as an applied tool for the conservation of semi-natural grasslands on the Iberian Peninsula. *Biodiversity and Conservation*, *29*(6), 1977-1992. https://doi.org/10.1007/s10531-020-01963-1

Rodríguez-Rojo, M.P., Jiménez-Alfaro, B., Jandt, U., Bruelheide, H., Rodwell, J.S., Schaminée, J.H.J., Perrin, P.M., Kącki, Z., Willner, W., Fernández-González, F., & Chytrý, M. (2017). Diversity of lowland hay meadows and pastures in Western and Central Europe. *Applied Vegetation Science*, *20*(4), 702-719. https://doi.org/10.1111/avsc.12326

Roelofsen, H.D., Kooistra, L., Van Bodegom, P.M., Verrelst, J., Krol, J., & Witte, J.P.M. (2014). Mapping a priori defined plant associations using remotely sensed vegetation characteristics. *Remote Sensing of Environment*, *140*, 639-651. https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.09.030

Rother, D.C., Rodrigues, R.R., & Pizo, M.A. (2016). Bamboo thickets alter the demographic structure of Euterpe edulis population: A keystone, threatened palm species of the Atlantic forest. *Acta Oecologica*, *70*, 96-102. https://doi.org/10.1016/j.actao.2015.11.008

Rozbrojová, Z., & Hájek, M. (2010). Can tissue element concentration patterns at the individual species level indicate the factors underlying vegetation gradients in wetlands? *Journal of Vegetation Science*, *21*(2), 355-363. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01149.x

Rumpf, S.B., Hülber, K., Klonner, G., Moser, D., Schütz, M., Wessely, J., Willner, W., Zimmermann, N.E., & Dullinger, S. (2018). Range dynamics of mountain plants decrease with elevation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *115*(8), 1848-1853. https://doi.org/10.1073/pnas.1713936115

Sabatini, F.M., Jiménez-Alfaro, B., Burrascano, S., Lora, A., & Chytrý, M. (2018). Beta-diversity of central European forests decreases along an elevational gradient due to the variation in local community assembly processes. *Ecography*, *41*(6), 1038-1048. https://doi.org/10.1111/ecog.02809

Sampson, C., Leimgruber, P., Tonkyn, D., Pastorini, J., Janaka, H.K., Sotherden, E., & Fernando, P. (2018). Effects of illegal grazing and invasive Lantana camara on Asian elephant habitat use. *Biological Conservation*, *220*, 50-59. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.01.021

Sandel, B., & Low, R. (2019). Intraspecific trait variation, functional turnover and trait differences among native and exotic grasses along a precipitation gradient. *Journal of Vegetation Science*, *30*(4), 633-643. https://doi.org/10.1111/jvs.12756

Sandel, B., Monnet, A.C., & Vorontsova, M. (2016). Multidimensional structure of grass functional traits among species and assemblages. *Journal of Vegetation Science*, *27*(5), 1047-1060. https://doi.org/10.1111/jvs.12422

Savage, J., & Vellend, M. (2015). Elevational shifts, biotic homogenization and time lags in vegetation change during 40 years of climate warming. *Ecography*, *38*(6), 546-555. https://doi.org/10.1111/ecog.01131

Scherrer, D., & Guisan, A. (2019). Ecological indicator values reveal missing predictors of species distributions. *Scientific Reports*, *9*(1), 3061. https://doi.org/10.1038/s41598-019-39133-1

Scherrer, D., Mod, H.K., Pottier, J., Litsios-Dubuis, A., Pellissier, L., Vittoz, P., Götzenberger, L., Zobel, M., & Guisan, A. (2019). Disentangling the processes driving plant assemblages in mountain grasslands across spatial scales and environmental gradients. *Journal of Ecology*, *107*(1), 265-278. https://doi.org/10.1111/1365-2745.13037

Schoolmaster, D.R., Stagg, C.L., Sharp, L.A., McGinnis, T.E., Wood, B., & Piazza, S.C. (2018). Vegetation Cover, Tidal Amplitude and Land Area Predict Short-Term Marsh Vulnerability in Coastal Louisiana. *Ecosystems*, *21*(7), 1335-1347. https://doi.org/10.1007/s10021-018-0223-7

Schulz, H.M., Li, C.F., Thies, B., Chang, S.C., & Bendix, J. (2017). Mapping the montane cloud forest of Taiwan using 12 year MODIS-derived ground fog frequency data. *PLoS ONE*, *12*(2), e0172663. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172663

Schut, A.G.T., Wardell-Johnson, G.W., Yates, C.J., Keppel, G., Baran, I., Franklin, S.E., Hopper, S.D., Van Niel, K.P., Mucina, L., & Byrne, M. (2014). Rapid characterisation of vegetation structure to predict refugia and climate change impacts across a global biodiversity hotspot. *PLoS ONE*, *9*(1), e82778. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082778

Scudeller, V.V., & Vegas-Vilarrúbia, T. (2018). Distribution and β-diversity of tree species in igapó forests (Negro River basin, Brazilian Amazon). *Journal of Vegetation Science*, *29*(6), 1052-1064. https://doi.org/10.1111/jvs.12680

Seer, F.K., Irmler, U., & Schrautzer, J. (2016). Beaches under pressure – effects of human access on vegetation at Baltic Sea beaches. *Applied Vegetation Science*, *19*(2), 225-234. https://doi.org/10.1111/avsc.12221

Sheppard, C.S., Carboni, M., Essl, F., Seebens, H., & Thuiller, W. (2018). It takes one to know one: Similarity to resident alien species increases establishment success of new invaders. *Diversity and Distributions*, *24*(5), 680-691. https://doi.org/10.1111/ddi.12708

Shevtsova, I., Heim, B., Kruse, S., Schröder, J., Troeva, E.I., Pestryakova, L.A., Zakharov, E.S., & Herzschuh, U. (2020). Strong shrub expansion in tundra-taiga, tree infilling in taiga and stable tundra in central Chukotka (north-eastern Siberia) between 2000 and 2017. *Environmental Research Letters*, *15*(8), 085006. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9059

Shirima, D.D., Pfeifer, M., Platts, P.J., Totland, Ø., & Moe, S.R. (2015). Interactions between canopy structure and herbaceous biomass along environmental gradients in moist forest and dry miombo woodland of Tanzania. *PLoS ONE*, *10*(11), e0142784. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142784

Singh, P., Těšitel, J., Plesková, Z., Peterka, T., Hájková, P., Dítě, D., Pawlikowski, P., & Hájek, M. (2019). The ratio between bryophyte functional groups impacts vascular plants in rich fens. *Applied Vegetation Science*, *22*(4), 494-507. https://doi.org/10.1111/avsc.12454

Škvorc, Ž., Ćuk, M., Zelnik, I., Franjić, J., Igić, R., Ilić, M., Krstonošić, D., Vukov, D., & Čarni, A. (2020). Diversity of wet and mesic grasslands along a climatic gradient on the southern margin of the Pannonian Basin. *Applied Vegetation Science*, *23*(4), 676-697. https://doi.org/10.1111/avsc.12497

Slingsby, J.A., Merow, C., Aiello-Lammens, M., Allsopp, N., Hall, S., Mollmann, H.K., Turner, R., Wilson, A.M., & Silander, J.A. (2017). Intensifying postfire weather and biological invasion drive species loss in a Mediterranean-type biodiversity hotspot. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *114*(18), 4697-4702. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.4737358

Song, C., Nigatu, L., Beneye, Y., Abdulahi, A., Zhang, L., & Wu, D. (2018). Mapping the vegetation of the Lake Tana basin, Ethiopia, using Google Earth images. *Earth System Science Data*, *10*(4), 2033-2041. https://doi.org/10.5194/essd-10-2033-2018

Sporbert, M., Bruelheide, H., Seidler, G., Keil, P., Jandt, U., Austrheim, G., Biurrun, I., Campos, J.A., Čarni, A., Chytrý, M., Csiky, J., De Bie, E., Dengler, J., Golub, V., Grytnes, J.A., Indreica, A., Jansen, F., Jiroušek, M., Lenoir, J., … Welk, E. (2019). Assessing sampling coverage of species distribution in biodiversity databases. *Journal of Vegetation Science*, *30*(4), 620-632. https://doi.org/10.1111/jvs.12763

Sporbert, M., Keil, P., Seidler, G., Bruelheide, H., Jandt, U., Aćić, S., Biurrun, I., Campos, J.A., Čarni, A., Chytrý, M., Ćušterevska, R., Dengler, J., Golub, V., Jansen, F., Kuzemko, A., Lenoir, J., Marcenò, C., Moeslund, J.E., Pérez-Haase, A., … Welk, E. (2020). Testing macroecological abundance patterns: The relationship between local abundance and range size, range position and climatic suitability among European vascular plants. *Journal of Biogeography*, *47*(10), 2210-2222. https://doi.org/10.1111/jbi.13926

St-Denis, A., Kneeshaw, D., & Messier, C. (2018). Effect of predation, competition, and facilitation on tree survival and growth in abandoned fields: Towards precision restoration. *Forests*, *9*(11), 692. https://doi.org/10.3390/f9110692

Stanisci, A., Bricca, A., Calabrese, V., Cutini, M., Pauli, H., Steinbauer, K., & Carranza, M.L. (2020). Functional composition and diversity of leaf traits in subalpine versus alpine vegetation in the Apennines. *AoB PLANTS*, *12*(2), plaa004. https://doi.org/10.1093/aobpla/plaa004

Sterk, M., Gort, G., Klimkowska, A., Van Ruijven, J., Van Teeffelen, A.J.A., & Wamelink, G.W.W. (2013). Assess ecosystem resilience: Linking response and effect traits to environmental variability. *Ecological Indicators*, *30*, 21-27. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.02.001

Stevens, J.T., Miller, J.E.D., & Fornwalt, P.J. (2019). Fire severity and changing composition of forest understory plant communities. *Journal of Vegetation Science*, *30*(6), 1099-1109. https://doi.org/10.1111/jvs.12796

Stewart, L., Alsos, I.G., Bay, C., Breen, A.L., Brochmann, C., Boulanger-Lapointe, N., Broennimann, O., Bültmann, H., Bøcher, P.K., Damgaard, C., Daniëls, F.J.A., Ehrich, D., Eidesen, P.B., Guisan, A., Jónsdóttir, I.S., Lenoir, J., le Roux, P.C., Lévesque, E., Luoto, M., … Pellissier, L. (2016). The regional species richness and genetic diversity of Arctic vegetation reflect both past glaciations and current climate. *Global Ecology and Biogeography*, *25*(4), 430-442. https://doi.org/10.1111/geb.12424

Stewart, L., Simonsen, C.E., Svenning, J.C., Schmidt, N.M., & Pellissier, L. (2018). Forecasted homogenization of high Arctic vegetation communities under climate change. *Journal of Biogeography*, *45*(11), 2576-2587. https://doi.org/10.1111/jbi.13434

Still, C.J., Cotton, J.M., & Griffith, D.M. (2019). Assessing earth system model predictions of C4 grass cover in North America: From the glacial era to the end of this century. *Global Ecology and Biogeography*, *28*(2), 145-157. https://doi.org/10.1111/geb.12830

Stumpf, F., Schneider, M.K., Keller, A., Mayr, A., Rentschler, T., Meuli, R.G., Schaepman, M., & Liebisch, F. (2020). Spatial monitoring of grassland management using multi-temporal satellite imagery. *Ecological Indicators*, *113*, 106201. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106201

Swacha, G., Botta-Dukát, Z., Kącki, Z., Pruchniewicz, D., & Żołnierz, L. (2018). The effect of abandonment on vegetation composition and soil properties in Molinion meadows (SW Poland). *PLoS ONE*, *13*(5), e0197363. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197363

Świerszcz, S., Nobis, M., Maślak, M., Smieja, A., Kojs, P., Nowak, S., & Nowak, A. (2019). Varied response of underground and aboveground plant matter: functional diversity of three different vegetational types after translocation to reclaimed postindustrial land. *Land Degradation and Development*, *30*(18), 2287-2297. https://doi.org/10.1002/ldr.3419

Świerszcz, S., Nowak, A., Kojs, P., Nowak, S., & Nobis, M. (2019). Functional diversity of different vegetation types does not respond homogeneously to change over time after conservation translocation from a rural landscape to an urbanized one. *Urban Forestry and Urban Greening*, *41*, 323-332. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.05.001

Tang, C.Q., Han, P.B., Li, S., Shen, L.Q., Huang, D.S., Li, Y.F., Peng, M.C., Wang, C.Y., Li, X.S., Li, W., Wang, W., & Zhang, Z.Y. (2020). Species richness, forest types and regeneration of Schima in the subtropical forest ecosystem of Yunnan, southwestern China. *Forest Ecosystems*, *7*(1), 35. https://doi.org/10.1186/s40663-020-00244-1

Thiele, J., Buchholz, S., & Schirmel, J. (2018). Using resistance distance from circuit theory to model dispersal through habitat corridors. *Journal of Plant Ecology*, *11*(3), 385-393. https://doi.org/10.1093/jpe/rtx004

Thompson, K.A., & Newmaster, S.G. (2014). Molecular taxonomic tools provide more accurate estimates of species richness at less cost than traditional morphology-based taxonomic practices in a vegetation survey. *Biodiversity and Conservation*, *23*(6), 1411-1424. https://doi.org/10.1007/s10531-014-0672-z

Tichý, L., Chytrý, M., & Botta-Dukát, Z. (2014). Semi-supervised classification of vegetation: preserving the good old units and searching for new ones. *Journal of Vegetation Science*, *25*(6), 1504-1512. https://doi.org/10.1111/jvs.12193

Tichý, L., Chytrý, M., & Landucci, F. (2019). GRIMP: A machine-learning method for improving groups of discriminating species in expert systems for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, *30*(1), 5-17. https://doi.org/10.1111/jvs.12696

Tichý, L., Chytrý, M., & Šmarda, P. (2011). Evaluating the stability of the classification of community data. *Ecography*, *34*(5), 807-813. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06599.x

Tichý, L., Hájek, M., & Zelený, D. (2010). Imputation of environmental variables for vegetation plots based on compositional similarity. *Journal of Vegetation Science*, *21*(1), 88-95. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01126.x

Tichý, L., Hennekens, S.M., Novák, P., Rodwell, J.S., Schaminée, J.H.J., & Chytrý, M. (2020). Optimal transformation of species cover for vegetation classification. *Applied Vegetation Science*, *23*(4), 710-717. https://doi.org/10.1111/avsc.12510

Timmermann, A., Damgaard, C., Strandberg, M.T., & Svenning, J.C. (2015). Pervasive early 21st-century vegetation changes across Danish semi-natural ecosystems: more losers than winners and a shift towards competitive, tall-growing species. *Journal of Applied Ecology*, *52*(1), 21-30. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12374

Tordoni, E., Bacaro, G., Weigelt, P., Cameletti, M., Janssen, J.A.M., Acosta, A.T.R., Bagella, S., Filigheddu, R., Bergmeier, E., Buckley, H.L., Ciccarelli, D., Forey, E., Hennekens, S.M., Lubke, R.A., Mahdavi, P., Peet, R.K., Peinado, M., Sciandrello, S., & Kreft, H. (2021). Disentangling native and alien plant diversity in coastal sand dune ecosystems worldwide. *Journal of Vegetation Science*, *32*(1), e12861. https://doi.org/10.1111/jvs.12961

Tullus, T., Tishler, M., Rosenvald, R., Tullus, A., Lutter, R., & Tullus, H. (2019). Early responses of vascular plant and bryophyte communities to uniform shelterwood cutting in hemiboreal Scots pine forests. *Forest Ecology and Management*, *440*, 70-78. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.009

Tullus, T., Tullus, A., Roosaluste, E., Lutter, R., & Tullus, H. (2015). Vascular plant and bryophyte flora in midterm hybrid aspen plantations on abandoned agricultural land. *Canadian Journal of Forest Research*, *45*(9), 1183-1191. https://doi.org/10.1139/cjfr-2014-0464

Urrego, D.H., Silman, M.R., Correa-Metrio, A., & Bush, M.B. (2011). Pollen-vegetation relationships along steep climatic gradients in western Amazonia. *Journal of Vegetation Science*, *22*(5), 795-806. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01289.x

Utaile, Y.U., Honnay, O., Muys, B., Cheche, S.S., & Helsen, K. (2021). Effect of Dichrostachys cinerea encroachment on plant species diversity, functional traits and litter decomposition in an East-African savannah ecosystem. *Journal of Vegetation Science*, *32*(1), e12949. https://doi.org/10.1111/jvs.12949

van der Ent, A., Erskine, P., Mulligan, D., Repin, R., & Karim, R. (2016). Vegetation on ultramafic edaphic 'islands' in Kinabalu Park (Sabah, Malaysia) in relation to soil chemistry and elevation. *Plant and Soil*, *403*(1-2), 77-101. https://doi.org/10.1007/s11104-016-2831-3

van der Sande, M.T., Bruelheide, H., Dawson, W., Dengler, J., Essl, F., Field, R., Haider, S., van Kleunen, M., Kreft, H., Pagel, J., Pergl, J., Purschke, O., Pyšek, P., Weigelt, P., Winter, M., Attorre, F., Aubin, I., Bergmeier, E., Chytrý, M., … Knight, T.M. (2020). Similar factors underlie tree abundance in forests in native and alien ranges. *Global Ecology and Biogeography*, *29*(2), 281-294. https://doi.org/10.1111/geb.13027

van der Sande, M.T., Bush, M.B., Urrego, D.H., Silman, M., Farfan-Rios, W., García Cabrera, K., Shenkin, A., Malhi, Y., McMichael, C.H., & Gosling, W. (2021). Modern pollen rain predicts shifts in plant trait composition but not plant diversity along the Andes-Amazon elevational gradient. *Journal of Vegetation Science*, *32*(1), e12925. https://doi.org/10.1111/jvs.12925

van Raamsdonk, L.W.D., Ozinga, W.A., Hoogenboom, L.A.P., Mulder, P.P.J., Mol, J.G.J., Groot, M.J., van der Fels-Klerx, H.J., & de Nijs, M. (2015). Exposure assessment of cattle via roughages to plants producing compounds of concern. *Food Chemistry*, *189*, 27-37. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.050

Vandewalle, M., Purschke, O., de Bello, F., Reitalu, T., Prentice, H.C., Lavorel, S., Johansson, L.J., & Sykes, M.T. (2014). Functional responses of plant communities to management, landscape and historical factors in semi-natural grasslands. *Journal of Vegetation Science*, *25*(3), 750-759. https://doi.org/10.1111/jvs.12126

Vankat, J.L. (2011). Post-1935 changes in forest vegetation of Grand Canyon National Park, Arizona, USA: Part 1 – ponderosa pine forest. *Forest Ecology and Management*, *261*(3), 309-325. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.05.026

Vanneste, T., Govaert, S., de Kesel, W., van den Berge, S., Vangansbeke, P., Meeussen, C., Brunet, J., Cousins, SAO., Decocq, G., Diekmann, M., Graae, B.J., Hedwall, P.O., Heinken, T., Helsen, K., Kapás, R.E., Lenoir, J., Liira, J., Lindmo, S., Litza, K., … & de Frenne, P. (2020). Plant diversity in hedgerows and road verges across Europe. *Journal of Applied Ecology*, *57*(7), 1244-1257. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13620

Vaz, A.S., Marcos, B., Goncalves, J., Monteiro, A., Alves, P., Civantos, E., Lucas, R., Mairota, P., Garcia-Robles, J., Alonso, J., Blonda, P., Lomba, A., & Honrado, J.P. (2015). Can we predict habitat quality from space? A multi-indicator assessment based on an automated knowledge-driven system. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *37*, 106-113. https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.10.014

Večeřa, M., Divíšek, J., Lenoir, J., Jiménez-Alfaro, B., Biurrun, I., Knollová, I., Agrillo, E., Campos, J.A., Čarni, A., Crespo Jiménez, G., Ćuk, M., Dimopoulos, P., Ewald, J., Fernández-González, F., Gégout, J.C., Indreica, A., Jandt, U., Jansen, F., Kącki, Z., … & Chytrý, M. (2019). Alpha diversity of vascular plants in European forests. *Journal of Biogeography*, *46*(9), 1919-1935. https://doi.org/10.1111/jbi.13624

Vellend, M., Baeten, L., Myers-Smith, I.H., Elmendorf, S.C., Beauséjour, R., Brown, C.D., de Frenne, P., Verheyen, K., & Wipf, S. (2013). Global meta-analysis reveals no net change in local-scale plant biodiversity over time. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *110*(48), 19456-19459. https://doi.org/10.1073/pnas.1312779110

Veresoglou, S.D., Wulf, M., & Rillig, M.C. (2017). Facilitation between woody and herbaceous plants that associate with arbuscular mycorrhizal fungi in temperate European forests. *Ecology and Evolution*, *7*(4), 1181-1189. https://doi.org/10.1002/ece3.2757

Verheyen, K., Baeten, L., de Frenne, P., Bernhardt-Römermann, M., Brunet, J., Cornelis, J., Decocq, G., Dierschke, H., Eriksson, O., Hédl, R., Heinken, T., Hermy, M., Hommel, P., Kirby, K., Naaf, T., Peterken, G., Petřík, P., Pfadenhauer, J., van Calster, H., … & Verstraeten, G. (2012). Driving factors behind the eutrophication signal in understorey plant communities of deciduous temperate forests. *Journal of Ecology*, *100*(2), 352-365. https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01928.x

Verheyen, K., Bažány, M., Chećko, E., Chudomelová, M., Closset-Kopp, D., Czortek, P., Decocq, G., de Frenne, P., de Keersmaeker, L., Enríquez García, C., Fabšičová, M., Grytnes, J.A., Hederová, L., Hédl, R., Heinken, T., Schei, F.H., Horváth, S., Jaroszewicz, B., Jermakowicz, E., … & Baeten, L. (2018). Observer and relocation errors matter in resurveys of historical vegetation plots. *Journal of Vegetation Science*, *29*(5), 812-823. https://doi.org/10.1111/jvs.12673

Verheyen, K., de Frenne, P., Baeten, L., Waller, D.M., Hédl, R., Perring, M.P., Blondeel, H., Brunet, J., Chudomelová, M., Decocq, G., de Lombaerde, E., Depauw, L., Dirnböck, T., Durak, T., Eriksson, O., Gilliam, F.S., Heinken, T., Heinrichs, S., Hermy, M., … & Bernhardt-Römermann, M. (2017). Combining biodiversity resurveys across regions to advance global change research. *BioScience*, *67*(1), 73-83. https://doi.org/10.1093/biosci/biw150

Vild, O., & Douglas Rotherham, I. (2021). Long-term exclosure of sheep-grazing from an ancient wood: Vegetation change after a sixty-year experiment. *Applied Vegetation Science*, *24*(1), e12543. https://doi.org/10.1111/avsc.12543

Vild, O., Hédl, R., Kopecký, M., Szabó, P., Suchánková, S., & Zouhar, V. (2017). The paradox of long-term ungulate impact: increase of plant species richness in a temperate forest. *Applied Vegetation Science*, *20*(2), 282-292. https://doi.org/10.1111/avsc.12289

Vild, O., Šipoš, J., Szabó, P., Macek, M., Chudomelová, M., Kopecký, M., Suchánková, S., Houška, J., Kotačka, M., & Hédl, R. (2018). Legacy of historical litter raking in temperate forest plant communities. *Journal of Vegetation Science*, *29*(4), 596-606. https://doi.org/10.1111/jvs.12642

Voss, N., Simmering, D., Peppler-Lisbach, C., Durka, W., & Eckstein, R.L. (2011). Vegetation databases as a tool to analyse factors affecting the range expansion of the forest understory herb Ceratocapnos claviculata. *Journal of Vegetation Science*, *22*(4), 726-740. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01284.x

Vymazalová, M., Axmanová, I., & Tichý, L. (2012). Effect of intra-seasonal variability on vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, *23*(5), 978-984. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01416.x

Vymazalová, M., Tichý, L., & Axmanová, I. (2014). How does vegetation sampling in different parts of the growing season influence classification results and analyses of beta diversity? *Applied Vegetation Science*, *17*(3), 556-566. https://doi.org/10.1111/avsc.12087

Wagner, V., Chytrý, M., Jiménez-Alfaro, B., Pergl, J., Hennekens, S., Biurrun, I., Knollová, I., Berg, C., Vassilev, K., Rodwell, J.S., Škvorc, Ž., Jandt, U., Ewald, J., Jansen, F., Tsiripidis, I., Botta-Dukát, Z., Casella, L., Attorre, F., Rašomavičius, V., … & Pyšek, P. (2017). Alien plant invasions in European woodlands. *Diversity and Distributions*, *23*(9), 969-981. https://doi.org/10.1111/ddi.12592

Wamelink, G.W.W., Walvoort, D.J.J., Sanders, M.E., Meeuwsen, H.A.M., Wegman, R.M.A., Pouwels, R., & Knotters, M. (2019). Prediction of soil pH patterns in nature areas on a national scale. *Applied Vegetation Science*, *22*(2), 189-199. https://doi.org/10.1111/avsc.12423

Weekes, L., Kącki, Z., FitzPatrick, Ú., Kelly, F., Matson, R., & Kelly-Quinn, M. (2018). An Irish national vegetation classification system for aquatic river macrophytes. *Applied Vegetation Science*, *21*(2), 322-340. https://doi.org/10.1111/avsc.12336

Weigand, A., Abrahamczyk, S., Aubin, I., Bita-Nicolae, C., Bruelheide, H., Carvajal-Hernández, C.I., Cicuzza, D., Nascimento da Costa, L.E., Csiky, J., Dengler, J., Gasper, A.L., de Guerin, G.R., Haider, S., Hernández-Rojas, A., Jandt, U., Reyes-Chávez, J., Karger, D.N., Khine, P.K., Kluge, J., … Kessler, M. (2020). Global fern and lycophyte richness explained: How regional and local factors shape plot richness. *Journal of Biogeography*, *47*(1), 59-71. https://doi.org/10.1111/jbi.13782

Weigel, R., Gilles, J., Klisz, M., Manthey, M., & Kreyling, J. (2019). Forest understory vegetation is more related to soil than to climate towards the cold distribution margin of European beech. *Journal of Vegetation Science*, *30*(4), 746-755. https://doi.org/10.1111/jvs.12759

Wessling, E.G., Dieguez, P., Llana, M., Pacheco, L., Pruetz, J.D., & Kühl, H.S. (2020). Chimpanzee (Pan troglodytes verus) Density and Environmental Gradients at Their Biogeographical Range Edge. *International Journal of Primatology*, *41*(6), 822-848. https://doi.org/10.1007/s10764-020-00182-3

Willner, W., Jiménez-Alfaro, B., Agrillo, E., Biurrun, I., Campos, J.A., Čarni, A., Casella, L., Csiky, J., Ćušterevska, R., Didukh, Y.P., Ewald, J., Jandt, U., Jansen, F., Kącki, Z., Kavgacı, A., Lenoir, J., Marinšek, A., Onyshchenko, V., Rodwell, J.S., … & Chytrý, M. (2017). Classification of European beech forests: a Gordian Knot? *Applied Vegetation Science*, *20*(3), 494-512. https://doi.org/10.1111/avsc.12299

Willner, W., Kuzemko, A., Dengler, J., Chytrý, M., Bauer, N., Becker, T., Biţă-Nicolae, C., Botta-Dukát, Z., Čarni, A., Csiky, J., Igić, R., Kącki, Z., Korotchenko, I., Kropf, M., Krstivojević-Ćuk, M., Krstonošić, D., Rédei, T., Ruprecht, E., Schratt-Ehrendorfer, L., … & Janišová, M. (2017). A higher-level classification of the Pannonian and western Pontic steppe grasslands (Central and Eastern Europe). *Applied Vegetation Science*, *20*(1), 143-158. https://doi.org/10.1111/avsc.12265

Winqvist, C., Bengtsson, J., Aavik, T., Berendse, F., Clement, L.W., Eggers, S., Fischer, C., Flohre, A., Geiger, F., Liira, J., Pärt, T., Thies, C., Tscharntke, T., Weisser, W.W., & Bommarco, R. (2011). Mixed effects of organic farming and landscape complexity on farmland biodiversity and biological control potential across Europe. *Journal of Applied Ecology*, *48*(3), 570-579. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01950.x

Wiser, S.K. (2016). Achievements and challenges in the integration, reuse and synthesis of vegetation plot data. *Journal of Vegetation Science*, *27*(5), 868-879. https://doi.org/10.1111/jvs.12419

Wiser, S.K., Spencer, N., De Cáceres, M., Kleikamp, M., Boyle, B., & Peet, R.K. (2011). Veg-X – an exchange standard for plot-based vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, *22*(4), 598-609. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01245.x

Wood, C.M., Bunce, R.G.H., Norton, L.R., Smart, S.M., & Barr, C.J. (2018). Land cover and vegetation data from an ecological survey of "key habitat" landscapes in England, 1992-1993. *Earth System Science Data*, *10*(2), 899-918. https://doi.org/10.5194/essd-10-899-2018

Wood, C.M., Smart, S.M., Bunce, R.G.H., Norton, L.R., Maskell, L.C., Howard, D.C., Scott, W.A., & Henrys, P.A. (2017). Long-term vegetation monitoring in Great Britain – the Countryside Survey 1978-2007 and beyond. *Earth System Science Data*, *9*(2), 445-459. https://doi.org/10.5194/essd-9-445-2017

Zelený, D., Li, C.F., & Chytrý, M. (2010). Pattern of local plant species richness along a gradient of landscape topographical heterogeneity: result of spatial mass effect or environmental shift? *Ecography*, *33*(3), 578-589. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05762.x

Zhao, M., Brofeldt, S., Li, Q., Xu, J., Danielsen, F., Læssøe, S.B.L., Poulsen, M.K., Gottlieb, A., Maxwell, J.F., & Theilade, I. (2016). Can community members identify tropical tree species for REDD+ carbon and biodiversity measurements? *PLoS ONE*, *11*(11), e0152061. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152061

Zizka, A., ter Steege, H., do Céo Pessoa, M.R., & Antonelli, A. (2018). Finding needles in the haystack: where to look for rare species in the American tropics. *Ecography*, *41*(2), 321-330. https://doi.org/10.1111/ecog.02192