

Zróżnicowanie roślinności gospodarczych borów sosnowych na tle typów siedliskowych lasu w Nadleśnictwie Turawa

Vegetation diversity of the Scots pine stands in different forest sites in the Turawa Forest District

Ewa Stefańska-Krzaczek^{1*}, Paweł Pech²

Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk Biologicznych, ¹Instytut Biologii Środowiskowej, Zakład Botaniki,
Pracownia Ekologii Roślinności, ²Katedra Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowiska,
ul. Kanonia 6/8, 50-328 Wrocław

* Tel. +48 71 3754084, e-mail: ewa.stefanska-krzaczek@uni.wroc.pl

Abstract. The utility of phytocenotic indices in the diagnosis and classification of forest sites might be limited because of vegetation degeneration in managed forests. However, even in secondary communities it may be possible to determine indicator species, although these may differ from typical and well known plant indicators.

The aim of this work was to assess the vegetation diversity of Scots pine stands in representative forest site types along a moisture and fertility gradient.

In total 120 sample plots from Turawa forests were included in the study. These plots represented young (21–40 years) and old (> 80 years) Scots-pine-dominated stands. The forest sites were categorized according to Polish site classification. Four site categories were studied: Bśw (very nutrient-poor and mesic sites), BMśw (nutrient-poor and mesic sites), BMw (nutrient-poor and moist sites), LMw (quite nutrient-rich and moist sites).

The species composition of the forest patches studied hardly differed among forest site types. Almost all of the vegetation in site Bśw was different from both moist site types (BMw and LMw). Sites Bśw and LMw had the exclusive species determined as site indicators. Moreover, young stands had their own site type indicator species which differed from old stands. Numerical classification showed that only two plant communities were widespread: *Leucobryonia-Pinetum* in Bśw and BMśw, and the community of *Pinus sylvestris* and *Molinia caerulea* in BMśw, BMw, LMw.

In secondary communities typical indicator species may not be useful, but it is possible to determine species that are locally unique to forest site type. Despite the convergence in the composition of the plant community resulting from tree stand unification, plant communities have the capacity for a more diverse composition. Tree stand conversion can increase phytocenotic diversity.

Key words: forest typology, indicator species, secondary forest communities, *Pinus sylvestris*

1. Wstęp

Gatunki roślin i zbiorowiska roślinne są jednym z kryteriów identyfikowania typów siedliskowych lasu. Jednostki typologiczne są zbieżne z podziałem syntaksonomicznym, co pozwala wskazać dla nich gatunki wyróżniające (Siedliskowe podstawy hodowli lasu 2004). Zespoły roślinne nie są wprawdzie jednoznacz-

nym wskaźnikiem typów siedliskowych lasu (Lasota et al. 2005; Sikorska, Lasota 2007), ale można oczekiwać, że rozróżnianie siedlisk na bazie cech fitocenozy jest realne przy uwzględnieniu syntaksonów niższej rangi (Danielewicz et al. 2013). Jednak w praktyce diagnozowania i klasyfikacji siedlisk leśnych możliwości wykorzystania roślinności są ograniczone ze względu na zniekształcenia lasów oraz zbiorowiska zastępcze

(Sikorska, Lasota 2007). Fitocenozy z drzewostanem młodocianym lub niezgodnym z siedliskiem charakteryzują się zazwyczaj zaburzonym lub nawet całkowicie zmienionym składem gatunkowym w stosunku do fitocenozy potencjalnej (Łaska 2006). Silny efekt zniekształcający strukturę zbiorowiska roślinnego ma zwłaszcza jednoczesna pinetyzacja i monotypizacja drzewostanu. W takich sytuacjach elementy fitocenotyczne pełnią w diagnozie siedliskowej rolę drugoplanową, a głównym kryterium oceny siedlisk są czynniki glebowe (Brożek et al. 2007; Sikorska, Lasota 2007). Zważywszy jednak na rosnące zainteresowanie tzw. ekologizacją leśnictwa, a także na konieczność ochrony całych fitocenoz leśnych (Rutkowski 2009), rozpoznanie zróżnicowania i struktury roślinności rzeczywistej może być bardzo pomocne w konkretnych decyzjach hodowlanych (Rutkowski 2012). Nawet w fitocenozach zniekształconych prawdopodobnie jest występowanie lokalnych gatunków wskaźnikowych (Stefańska 2007; Stefańska-Krzaczek 2011), które niekoniecznie pokrywają się z typowymi wskaźnikami (Siedliskowe podstawy hodowli lasu 2004). Można przypuszczać, że pod wpływem dominacji sosny w pierwszej kolejności zanikać będzie odrębność florystyczna typów siedliskowych lasu sąsiadujących w siatce typologicznej. Jednak ze względu na złożoność czynników kształtujących warunki siedliskowe przynajmniej minimalna zmienność roślinności powinna się utrzymać, nawet w przypadku silnej pinetyzacji. Oznacza to, że analiza roślinności, nawet silnie zmienionej, może wskazać naturalny gradient zmienności fitocenoz danego terenu i kierunek ich ewentualnej przebudowy.

Celem pracy jest ocena stopnia zróżnicowania fitocenoz leśnych z drzewostanami sosnowymi występującymi na różnych typach siedliskowych lasu. Postawiono następujące pytania szczegółowe: czy typy siedliskowe lasu wykazują odrębność florystyczną i strukturalną mimo monotypizacji drzewostanu oraz czy preferencje gatunków występujących w badanych borach wskazują na różnice w warunkach siedliskowych typów siedliskowych lasu, a także jakie jest zróżnicowanie fitosocjologiczne na tle zróżnicowania typologicznego.

2. Charakterystyka terenu badań

Zgodnie z regionalizacją przyrodniczo-leśną Nadleśnictwo Turawa (RDLP Katowice) położone jest w Krainie Śląskiej, w mezoregionie Borów Stobrawskich (Zielony, Kliczkowska 2012). Teren nadleśnictwa jest mało zróżnicowany, rozległe tereny są zupełnie płaskie z niewysokimi wzniesieniami, wysokość nie przekracza 200 m n.p.m. Na 82,6% powierzchni leśnej panuje sosna

zwyczajna. Dominujące powierzchniowo typy siedliskowe lasu to: bór mieszany wilgotny (BMw) zajmujący 35% powierzchni leśnej nadleśnictwa, las mieszany wilgotny (LMw, 21%), bór mieszany świeży (BMśw, 18%) oraz bór świeży (Bśw, 15%) (Plan urządzenia lasu 2007).

Zgodnie z operatem glebowo siedliskowym (2007) gleby badanych siedlisk boru świeżego (Bśw) to głównie gleby bielicowe właściwe oraz rdzawe bielicowe. Siedliska te reprezentują w większości wariant świeży (Bśw1), ale częściowo także wariant silnie świeży (Bśw2), oraz są w zdecydowanej większości w stanie naturalnym (N1). Badane siedliska boru mieszanego świeżego (BMśw) związane są głównie z glebami bielicowymi właściwymi i rdzawymi bielicowymi. Większość badanych powierzchni stanowi wariant silnie świeży (BMśw2), a siedliska są w stanie zbliżonym do naturalnego (N2). Siedliska boru mieszanego wilgotnego (BMw) związane są głównie z glebami glejo-bielicowymi murszastymi oraz glebami gruntowoglejowymi murszastymi. Siedliska te reprezentują wariant wilgotny (BMw1) oraz stan zbliżony do naturalnego (N2). Siedliska lasu mieszanego wilgotnego (LMw) reprezentują głównie gleby opadowoglejowe bielicowane, opadowoglejowe właściwe, gruntowoglejowe murszaste i gruntowoglejowe właściwe. Siedliska lasu mieszanego wilgotnego (LMw) reprezentują wariant wilgotny (LMw1) oraz w większości są one zniekształcone na skutek złe prowadzonej gospodarki (Zb1).

3. Materiał i metody

Dane zebrano w obrębie Jełowa (współrzędne środka geometrycznego: 18°3'48,328"E, 50°49'51,704"N) i Kuźnice Kluczborskie (18°1'25,912"E, 50°53'44,245"N), gdzie siedliska Bśw, BMśw, BMw i LMw zajmują duże i zwarte powierzchnie. Ze względu na dostępne dla Nadleśnictwa Turawa stosunkowo nowe opracowanie glebowo-siedliskowe (Operat glebowo-siedliskowy 2007) nie weryfikowano danych siedliskowych i przyjęto typy siedliskowe lasu zgodnie z obowiązującym dokumentem. Na podstawie map przeglądowych (1:25 000) dla każdego z czterech typów siedlisk (Bśw, BMśw, BMw i LMw) wytypowano 30 wydzieł leśnych: 15 wydzieł z drzewostanem w wieku 21–40 lat oraz 15 wydzieł z drzewostanem starszym niż 80 lat. Łącznie przebadano 120 wydzieł reprezentujących 4 grupy drzewostanów młodocianych i 4 grupy drzewostanów dojrzałych. W wybranych wydziełach, minimum 50 m od granicy wydziału, założono powierzchnie kołowe o promieniu 8 m każda (201 m²). Wybierano powierzchnie homogeniczne i reprezentatywne dla całego wydziału leśnego, z pominięciem mikrosiedlisk i miejsc zabu-

rzonych. Na powierzchniach oszacowano pokrycie warstwy drzew (z rozbiem na a1 i a2) i warstwy krzewów (z rozbiem na b1 – o wysokości 3–8 m i b2 – o wysokości 0,6–3 m) oraz warstwy runa (c) i warstwy mszystej (d). Dla każdej warstwy zanotowano wszystkie gatunki, określając ich pokrycie wg zmodyfikowanej skali Braun-Blanqueta (Faliński 2001; Mueller-Dombois, Ellenberg 2002): 5 – gatunek pokrywa 75,1–100% powierzchni, 4 – 50,1–75%, 3 – 25,1–50%, 2 – 10,1–25%, 1 – 1,1–10%, + – do 1%, r – pojedynczy okaz w zdjęciu. Zebrane dane zostały włączone do bazy Polish Vegetation Database (Kački, Śliwiński 2012).

Florystyczne powiązania badanych powierzchni na tle typów siedliskowych lasu przeanalizowano metodą ordynacyjną. W celu wybrania metody odpowiedniej dla zebranych danych wykonano nietendycyjną analizę zgodności (Detrended Correspondence Analysis – DCA). Jej wynikiem jest m.in. długość gradientu reprezentowanego przez pierwszą oś ordynacyjną i mierzonego w odchyleniach standardowych (SD) (Piernik 2008). Gdy długość gradientu jest mniejsza niż 3 SD rekomendowana do dalszych badań jest analiza składowych głównych (Principal Components Analysis – PCA) (Piernik 2008). W wyniku analizy danych wykorzystanych do niniejszej pracy otrzymano długość gradientu równą 2.298 SD, co było podstawą do zastosowania metody PCA w dalszych badaniach. Analizy wykonano w programie CANOCO (Lepš, Šmilauer 2003). Aby podkreślić jakościowe różnice w składzie gatunkowym, skalę ilościową zamieniono na skalę porządkową van der Maarela: 9, 8, 7, 5, 3, 2, 1 (Dzwonko 2007).

W celu oceny stopnia przywiązania określonych gatunków do typu siedliskowego lasu w programie JUICE (Tichý 2002) obliczono wierność i frekwencję gatunków dla typów siedliskowych lasu (TSL). Analizowano oddzielnie drzewostany dojrzałe i młode. Za miarę wierności przyjęto współczynnik phi, obliczenia wykonano dla danych binarnych, a wartość wierności równa zero przyjęta była dla gatunków z $p < 0,05$ na podstawie dokładnego testu Fishera (Tichý et al. 2010).

Porównano również bogactwo gatunkowe, pokrycie warstw i bonitację drzewostanu. Obliczono średnią liczbę gatunków w każdej grupie drzewostanów, średnie pokrycie warstw b (łącznie b1 i b2), c i d oraz średnią bonitację zaczerpniętą dla badanych wydzielen z opisu taksacyjnego drzewostanu (Plan urządzenia lasu 2007). Istotność różnic między średnimi zbadano testem Kruskala-Wallisa oraz testami porównań wielokrotnych w programie STATISTICA (StatSoft Inc. 2013). Zrezygnowano natomiast z porównania pokrycia warstw drzewostanu, ponieważ jest ono bezpośrednio uzależnione od wykonywanych zabiegów pielęgnacyjnych.

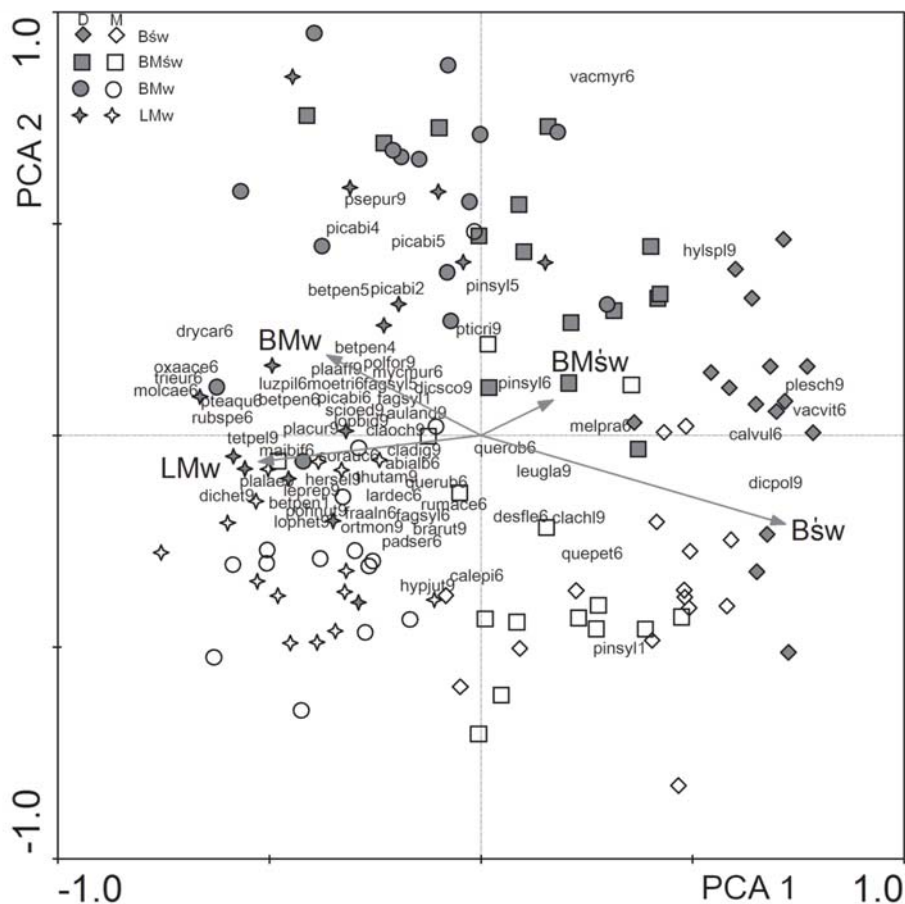
Dla każdej powierzchni badawczej, posługując się liczbami ekologicznymi dla gatunków roślin naczyniowych (Ellenberg et al. 1992), obliczono wskaźniki ekologiczne: świetlny, wilgotności podłoża, odczynu podłoża i trofizmu podłoża (L_{EIV} , F_{EIV} , R_{EIV} , N_{EIV}). Następnie obliczono wartości średnie wskaźników dla każdej grupy drzewostanów. Istotność różnic między średnimi zbadano przy pomocy testu Kruskala-Wallisa oraz testów porównań wielokrotnych w programie STATISTICA.

W celu stwierdzenia zróżnicowania fitytosocjologicznego roślinności na tle typów siedliskowych lasu dane z powierzchni badawczych poddano klasyfikacji dzielącej na podstawie gatunków wyróżniających (Two Way Indicator Species Analysis). Analizę wykonano w programie JUICE (aplikacja TWINSpan). Wyróżnione w analizie grupy zdjęć były podstawą do identyfikacji zbiorowisk na podstawie przynależności syntaksonomicznej gatunków (Matuszkiewicz 2001).

4. Wyniki

Wartości własne osi PCA były niskie (oś PCA1 – 0,214; oś PCA2 – 0,097), świadczy to o ogólnie niedużym zróżnicowaniu składu gatunkowego płatów w badanym gradiencie siedlisk. Przede wszystkim płaty roślinne Bśw były różne od płatów na siedliskach wilgotnych (LMw i BMw) (ryc. 1). Gatunki wyraźnie związane z Bśw to wrzos pospolity *Calluna vulgaris*, widłoząb kędzierzawy *Dicranum polysetum*, rokietnik pospolity *Pleurozium schreberi* i borówka brusznica *Vaccinium vitis-idaea*. Przeciwna była grupa gatunków łącznie ujętych siedlisk wilgotnych (BMw i LMw): nercznica krótkoostna *Dryopteris carthusiana*, szczawik zajęczy *Oxalis acetosella*, trzęślica modra *Molinia caerulea*, orlica pospolita *Pteridium aquilinum*, czteroząb przezroczysty *Tetraphis pellucida* i konwalijka dwulistna *Maianthemum bifolium*. Wskazano także gatunki związane z drzewostanami dojrzałymi: borówka czarna *Vaccinium myrtillus*, gajnik lśniący *Hylocomium splendens*, brodawkowiec czysty *Pseudoscleropodium purum*, a także gatunki drzewiaste warstwy B. Związek z drzewostanami młodocianymi wykazał trzcinnik piaszkowy *Calamagrostis epigeios*. W przypadku drzewostanów młodocianych wyraźniejszy był podział na siedliska świeże oraz wilgotne – powierzchnie reprezentujące Bśw i BMśw były bardziej skupione, podobnie powierzchnie reprezentujące BMw i LMw (ryc. 1).

Analiza wierności i frekwencji gatunków w grupach drzewostanów wykazała, że Bśw i LMw miały wyraźne gatunki wskaźnikowe (tab. 1). Część gatunków wytypowanych dla BMw związanych była również z LMw, natomiast związek z BMśw stwierdzono zaledwie



Rycina 1. Zróźnicowanie roślinności typów siedliskowych lasu

Figure 1. Vegetation diversity of the forest site types

Objaśnienia / Explanations: D – drzewostany dojrzałe / mature stands, M – drzewostany młodociane / young stands; **kody gatunków / species codes:** abialb – *Abies alba*, auland – *Aulacomnium androgynum*, betpen – *Betula pendula*, brarut – *Brachythecium rutabulum*, calepi – *Calamagrostis epigeios*, calvul – *Calluna vulgaris*, clachl – *Cladonia chlorophaea*, cladig – *Cladonia digitata*, claoch – *Cladonia ochrochlora*, desfle – *Deschampsia flexuosa*, dicret – *Dicranella heteromalla*, dicpol – *Dicranum polysetum*, dicsco – *Dicranum scoparium*, drycar – *Dryopteris carthusiana*, fagsyl – *Fagus sylvatica*, fraaln – *Frangula alnus*, hersel – *Herzogiella seligeri*, hylspl – *Hylocomium splendens*, hypjut – *Hypnum jutlandicum*, lardec – *Larix decidua*, leprep – *Lepidozia reptans*, leugla – *Leucobryum glaucum*, lopbid – *Lophocolea bidentata*, lophet – *Lophocolea heterophylla*, luzpil – *Luzula pilosa*, maibif – *Maianthemum bifolium*, melpra – *Melampyrum pratense*, moetri – *Moehringia trinervia*, molcae – *Molinia caerulea*, mycmur – *Mycelis muralis*, ortmon – *Orthodicranum montanum*, oxaace – *Oxalis acetosella*, picabi – *Picea abies*, pinsyl – *Pinus sylvestris*, plaaff – *Plagiomnium affine*, placur – *Plagiothecium curvifolium*, plalae – *Plagiothecium laetum*, plesch – *Pleurozium schreberi*, pohnut – *Pohlia nutans*, polfor – *Polytrichastrum formosum*, padser – *Padus serotina*, psepur – *Pseudoscleropodium purum*, pteaqu – *Pteridium aquilinum*, pticri – *Ptilium crista-castrensis*, quepet – *Quercus petraea*, querob – *Quercus robur*, querub – *Quercus rubra*, rubspe – *Rubus species*, rumace – *Rumex acetosella*, scioed – *Sciuro-hypnum oedipodium*, sorauc – *Sorbus aucuparia*, tetpel – *Tetraxis pellucida*, thutam – *Thuidium tamariscinum*, trieur – *Trientalis europaea*, vacmyr – *Vaccinium myrtillus*, vacvit – *Vaccinium vitis-idaea*; 1 – warstwa / layer a1, 2 – warstwa / layer a2, 4 – warstwa / layer b1, 5 – warstwa / layer b2, 6 – warstwa / layer c, 9 – warstwa / layer d.

u dwóch gatunków: płozika różnolistnego *Lophocolea heterophylla* i widłozęba miotłowego *Dicranum scoparium*. Pewna liczba gatunków wytypowanych jako wskaźnikowe w zbiorowiskach z dojrzałym drzewostanem spełniała też rolę wskaźnikową w drzewostanach młodocianych, które jednak charakteryzowały się także

występowaniem własnych gatunków rozróżniających typy siedliskowe lasu. Zaznaczyła się także w grupie drzewostanów młodocianych tendencja do występowania gatunków wskaźnikowych siedlisk uboższych na siedliskach żyzniejszych.

Tabela 1. Wierność gatunków wskaźnikowych badanych typów siedliskowych lasu z uwzględnieniem drzewostanów dojrzałych i młodocianych

Table 1. Fidelity of indicative species of the forest site types in mature and young stands

Gatunki / Species	L	Drzewostany dojrzałe / Mature stands				Drzewostany młodociane / Young stands			
		Bśw	BMśw	BMw	LMw	Bśw	BMśw	BMw	LMw
<i>Calluna vulgaris</i>	c	59.9	.	.	.	.	.	.	.
<i>Leucobryum glaucum</i>	d	46.9	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dicranum polysetum</i>	d	47.1	.	.	.	29	36.7	.	.
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	c	36.3	.	.	.	.	35.9	.	.
<i>Lophocolea heterophylla</i>	d	.	35	.	.	.	.	42.3	.
<i>Dicranum scoparium</i>	d	.	31.9	.	.	.	.	.	.
<i>Dryopteris carthusiana</i>	c	.	.	40.4	25	.	.	38.6	.
<i>Betula pendula</i>	b2	.	.	39.3	.	.	.	.	.
<i>Trientalis europaea</i>	c	.	.	35	27.2	.	.	48.1	.
<i>Pseudoscleropodium purum</i>	d	.	.	33.2	.	.	.	.	.
<i>Oxalis acetosella</i>	c	.	.	32.9	32.9	.	.	26.9	43.4
<i>Molinia caerulea</i>	c	.	.	30.9	38.6	.	.	27.8	36.3
<i>Thuidium tamariscinum</i>	d	.	.	.	62.9	.	.	.	.
<i>Rubus</i> sp.	c	.	.	.	50.5	.	.	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	b2	.	.	.	50.1	.	.	.	.
<i>Pteridium aquilinum</i>	c	.	.	.	40.8	.	.	.	49
<i>Plagiothecium laetum</i>	d	.	.	.	40.4	.	.	.	31.9
<i>Cladonia ochrochlora</i>	d	.	.	.	32.3	.	.	.	.
<i>Luzula pilosa</i>	c	.	.	.	31.9	.	.	.	.
<i>Hypnum jutlandicum</i>	d	.	.	.	30.9	.	.	.	.
<i>Calamagrostis epigeios</i>	c	.	.	.	.	51.9	.	.	.
<i>Hylocomium splendens</i>	d	.	.	.	.	49	.	.	.
<i>Melampyrum pratense</i>	c	.	.	.	.	.	46.5	.	.
<i>Herzogiella seligeri</i>	d	.	.	.	.	.	32.7	.	.
<i>Orthodicranum montanum</i>	d	.	.	.	.	.	30.9	.	.
<i>Dicranella heteromalla</i>	d	.	.	.	.	.	.	47.1	.
<i>Betula pendula</i>	c	.	.	.	.	.	.	40.4	.
<i>Tetraphis pellucida</i>	d	.	.	.	.	.	.	34.8	34.8
<i>Plagiothecium curvifolium</i>	d	.	.	.	.	.	.	32.9	.
<i>Betula pendula</i>	a1	.	.	.	.	.	.	.	51
<i>Maianthemum bifolium</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	45.3

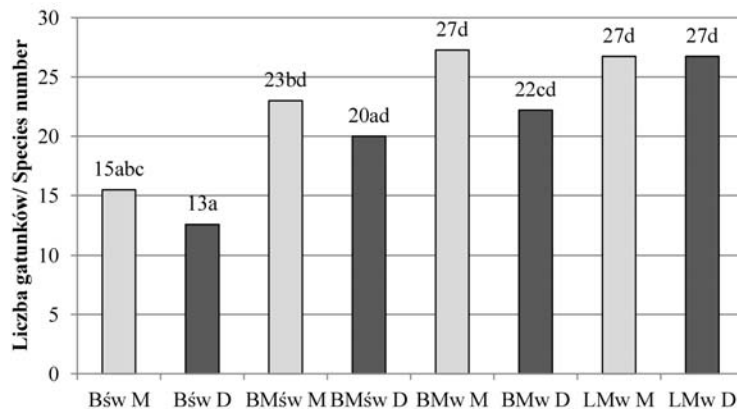
Objaśnienia: L – warstwa: a1 – wyższa warstwa drzew, b2 – niższa warstwa krzewów, c – warstwa zielna, d – warstwa mszysta. Przedstawiono gatunki o wierności przewyższającej 30 i frekwencji minimum 30%

Explanations: L – layer: a1 – high tree layer, b2 – low shrub layer, c – herb layer, d – moss layer. Species with fidelity higher than 30 and frequency higher than 30% were presented.

Najniższe bogactwo gatunkowe zarówno w grupie drzewostanów dojrzałych, jak i młodocianych stwierdzono dla Bśw, a najwyższe dla LMw (ryc. 2). Różnice były istotne statystycznie tylko w przypadku porównania tych skrajnych siedlisk oraz Bśw i BMw. Różnice między młodocianymi i dojrzałymi drzewostanami na tych samych siedliskach nie były istotne statystycznie.

Warstwy b, c i d tylko częściowo różnicowały analizowane siedliska (tab. 2). W fitocenozach z drzewostanem dojrzałym pokrycie warstwy b było najniższe na siedliskach Bśw i różniło się istotnie w porównaniu z BMw i LMw. W fitocenozach z drzewostanem mło-

docianym cecha ta nie była różnicująca. Pokrycie warstwy c nie wykazało różnic istotnych statystycznie bez względu na grupę wiekową. Pokrycie warstwy d było istotnie wyższe na Bśw w porównaniu z BMw i LMw zarówno w grupie drzewostanów dojrzałych, jak i młodocianych. Różnice między fitocenozy z młodocianym i dojrzałym drzewostanem na tych samych siedliskach zaznaczyły się na Bśw oraz na BMw i LMw. W drzewostanach młodocianych pokrycie warstwy c było istotnie niższe na siedliskach Bśw, natomiast pokrycie warstwy b na siedliskach BMw i LMw.



Rycina 2. Bogactwo gatunkowe typów siedliskowych lasu z uwzględnieniem drzewostanów dojrzałych i młodocianych
Objaśnienia: D – drzewostany dojrzałe (ciemnoszare słupki), M – drzewostany młodociane (słupki jasnoszare); wartości z tą samą literą nie są istotne statystycznie zgodnie z testem Kruskala-Wallisa przy $p=0,05$

Figure 2. Species richness of the forest site types in mature and young stands

Explanations: D – mature stands (dark grey bars), M – young stands (light grey bars); values followed by the same letter are not significantly different according to the Kruskal-Wallis test at $p=0.05$

Tabela 2. Średnie pokrycie warstw w fitocenozach występujących na badanych typach siedliskowych lasu z uwzględnieniem drzewostanów dojrzałych i młodocianych

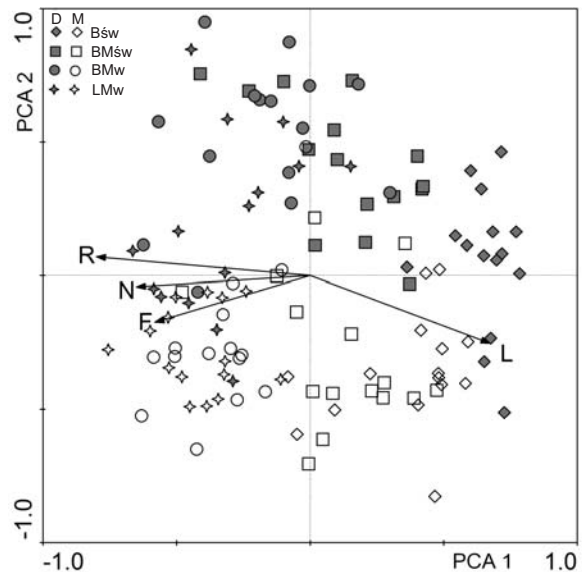
Table 2. Mean cover of layers in plant communities of mature and young stands occurring in the examined forest site types

Typ siedliskowy lasu Site type	Warstwy / Layers		
	b (b1+b2)	c	d
Bśw M	3 ^a	20 ^a	67 ^{ab}
Bśw D	4 ^{ab}	70 ^b	77 ^a
BMśw M	7 ^{ab}	41 ^{ac}	56 ^{ac}
BMśw D	14 ^{bcd}	61 ^{bc}	67 ^{ad}
BMw M	6 ^{ab}	44 ^{acd}	28 ^c
BMw D	25 ^{cd}	67 ^{bd}	47 ^{bcd}
LMw M	9 ^{ac}	43 ^{acd}	26 ^c
LMw D	39 ^d	58 ^{bed}	41 ^{bcd}

Objaśnienia: b – warstwa krzewów, c – warstwa zielna, d – warstwa mszysta; D – drzewostany dojrzałe, M – drzewostany młodociane; wartości z tą samą literą nie są istotne statystycznie zgodnie z testem Kruskala-Wallisa przy $p=0,05$
 Explanations: shrub layer, c – herb layer, d – moss layer; D – mature stands, M – young stands; values followed by the same letter are not significantly different according to the Kruskal-Wallis test at $p=0.05$

Bonitacja drzewostanów dojrzałych (Bśw II.4, BMśw I.9, BMw I.8, LMw I.6) różniła się istotnie ($p=0,05$) przy porównaniu Bśw z LMw i BMw oraz BMśw z LMw. Średnia bonitacja drzewostanów młodocianych (Bśw I.4, BMśw I.4, BMw I.07, LMw I.03) nie różniła się istotnie.

Wskaźniki ekologiczne sugerują zróżnicowanie warunków siedliskowych w całym badanym gradiencie



Rycina 3. Gradient czynników siedliskowych oparty na preferencjach siedliskowych gatunków na tle typów siedliskowych lasu. **Objaśnienia:** D – drzewostany dojrzałe, M – drzewostany młodociane; L – światło, F – wilgotność podłoża, R – odczyn podłoża, N – trofizm podłoża.

Figure 3. Gradient of site factors based on species preferences in relation to the forest site types. Explanations: D – mature stands, M – young stands; L – light, F – ground moisture, R – ground reaction, N – ground trophism.

siedlisk (ryc. 3), jednak, tak jak w przypadku analizowanych wcześniej cech, wyraźną granicę można postawić przede wszystkim między Bśw oraz BMw i LMw (tab. 3). Siedliska Bśw wyróżniał wyższy wskaźnik świetlny oraz niższy wskaźnik wilgotności, odczynu i trofizmu podłoża. Różnice między młodocianymi i doj-

Tabela 3. Średnie wskaźniki ekologiczne dla typów siedliskowych lasu z uwzględnieniem drzewostanów dojrzałych i młodocianych

Table 3. Mean ecological indices for the forest site types in mature and young stands.

Typ siedliskowy lasu Site type	L _{EIV}	F _{EIV}	R _{EIV}	N _{EIV}
Bśw M	6.1 ^a	5.1 ^{ab}	2.5 ^{ab}	3.1 ^{ab}
Bśw D	6.2 ^a	4.4 ^a	1.8 ^a	1.8 ^c
BMśw M	5.9 ^{ab}	5.5 ^b	2.7 ^{abc}	2.4 ^{ac}
BMśw D	5.8 ^{ab}	5.1 ^{ab}	2.7 ^{ac}	2.5 ^{acd}
BMw M	5.8 ^{ab}	5.7 ^b	3.1 ^{bc}	3 ^{ade}
BMw D	5.5 ^{bc}	5.2 ^{ab}	3.1 ^{bc}	3 ^{ae}
LMw M	5.4 ^{bc}	5.6 ^b	3.2 ^{bc}	3.2 ^{bde}
LMw D	5.3 ^c	5.6 ^b	3.4 ^c	3.4 ^{bc}

Objaśnienia: L_{EIV} – wskaźnik świetlny, F_{EIV} – wskaźnik wilgotności podłoża, R_{EIV} – wskaźnik odczynu podłoża, N_{EIV} – wskaźnik trofizmu podłoża; D – drzewostany dojrzałe, M – drzewostany młodociane; wartości z tą samą literą nie są istotnie statystycznie zgodne z testem Kruskala-Wallisa przy $p=0,05$.

Explanations: L_{EIV} – light index, F_{EIV} – moisture index, R_{EIV} – reaction index, N_{EIV} – trophism index; D – mature stands, M – young stands; values followed by the same letter are not significantly different according to the Kruskal-Wallis test at $p=0.05$.

Tabela 4. Stałość gatunków w wyróżnionych zbiorowiskach roślinnych (skrótowa tabela syntetyczna)

Table 4. Species constancy in the identified plant communities (shortened synoptic table)

	L	1	2	3	4
Liczba powierzchni Plots number Bśw		12M, 15D	3M		
Liczba powierzchni Plots number BMśw		3M, 7D	11M, 7D	2M, 1D	
Liczba powierzchni Plots number BMw		1D	14M, 12D	1D	1M
Liczba powierzchni Plots number LMw			12M, 11D		3M, 4D
Drzewa i krzewy / Trees and shrubs					
<i>Pinus sylvestris</i>	a1	V	V	V	V
<i>Betula pendula</i>	a1		I		III
<i>Picea abies</i>	b1	I	III		II
<i>Fagus sylvatica</i>	b1		I	II	III
<i>Picea abies</i>	b2	III	III	II	IV
<i>Fagus sylvatica</i>	b2	I	I	II	IV
<i>Quercus robur</i>	b2	I	I	IV	I
<i>Pinus sylvestris</i>	c	V	V	II	III
<i>Quercus robur</i>	c	V	V	IV	IV
<i>Quercus petraea</i>	c	IV	III	II	IV
<i>Picea abies</i>	c	II	III	II	IV
<i>Betula pendula</i>	c	I	IV	II	IV
<i>Sorbus aucuparia</i>	c	II	III	III	II
ChCl. Vaccinio-Piceetea					
<i>Vaccinium myrtillus</i>	c	V	V	IV	V
<i>Pleurozium schreberi</i>	d	V	V	V	IV
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	c	V	III	V	
<i>Hylocomium splendens</i>	d	V	III	III	I
<i>Dicranum scoparium</i>	d	I	II	III	
<i>Melampyrum pratense</i>	c	II	I	IV	
<i>Trientalis europaea</i>	c		IV		III

	L	1	2	3	4
ChO. Cladonio-Vaccinietalia					
<i>Dicranum polysetum</i>	d	V	III	IV	
DSAll. Dicrano-Pinenion					
<i>Luzula pilosa</i>	c		II		IV
DAss. Leucobryo-Pinetum					
<i>Deschampsia flexuosa</i>	c	III	III	IV	I
<i>Leucobryum glaucum</i>	d	II	II		
Inne / Others					
<i>Polytrichastrum formosum</i>	d	V	V	IV	V
<i>Hypnum jutlandicum</i>	d	III	III	III	V
<i>Calluna vulgaris</i>	c	IV	I	III	
<i>Molinia caerulea</i>	c	I	V		V
<i>Pohlia nutans</i>	d	II	IV	V	III
<i>Dryopteris carthusiana</i>	c	I	IV		IV
<i>Rubus sp</i>	c	I	IV	II	V
<i>Pteridium aquilinum</i>	c	I	III	II	IV
<i>Pseudoscleropodium purum</i>	d	II	III	V	III
<i>Sciuro-hypnum oedipodium</i>	d	I	III		II
<i>Dicranella heteromalla</i>	d	I	III		III
<i>Lophocolea heterophylla</i>	d	I	III		II
<i>Orthodicranum montanum</i>	d	I	III	IV	II
<i>Plagiothecium curvifolium</i>	d	I	III	III	II
<i>Oxalis acetosella</i>	c		III		IV
<i>Brachythecium rutabulum</i>	d	I	I	III	I
<i>Cladonia ochrochlora</i>	d	I	I	III	II
<i>Herzogiella seligeri</i>	d	I	II	III	II
<i>Plagiomnium affine</i>	d	I	II	II	IV
<i>Maianthemum bifolium</i>	c		I		IV
<i>Plagiothecium laetum</i>	d		II		IV
<i>Tetraphis pellucida</i>	d	I	II		III
<i>Thuidium tamariscinum</i>	d		I		IV

Objaśnienia: 1 – *Leucobryo-Pinetum*, 2 – zbiorowisko z *Pinus sylvestris* i *Molinia caerulea*, 3 – zbiorowisko z *Pinus sylvestris* i *Quercus sp.*, 4 – zbiorowisko z *Pinus sylvestris* i *Fagus sylvatica*; L – warstwa: a1 – wyższa warstwa drzew, a2 – niższa warstwa drzew, b1 – wyższa warstwa krzewów, b2 – niższa warstwa krzewów, c – warstwa zielna, d – warstwa mszysta; D – drzewostany dojrzałe, M – drzewostany młodociane; usunięto gatunki z I klasą stałości (=frekwencja niższa niż 20%) we wszystkich kolumnach.

Explanations: 1 – *Leucobryo-Pinetum*, 2 – community of *Pinus sylvestris* and *Molinia caerulea*, 3 – community of *Pinus sylvestris* and *Quercus sp.*, 4 – community of *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica*; L – layer: a1 – high tree layer, a2 – low tree layer, b1 – high shrub layer, b2 – low shrub layer, c – herb layer, d – moss layer; D – mature stands, M – young stands; species with constancy of class I (=frequency lower than 20%) in all columns were deleted.

rzałymi drzewostanami na tych samych siedliskach były w większości nieistotne, jedynie wartość wskaźnika trofizmu podłoża była istotnie wyższa dla drzewostanów młodocianych.

Zróżnicowanie fitosocjologiczne badanych płatów było niewielkie. Część płatów, przede wszystkim z Bśw włączyć można do zespołu *Leucobryo-Pinetum* (tab. 4, kolumna 1). Większość badanych powierzchni, głównie z siedlisk wilgotnych, reprezentowało fitocenozy zastępcze określone jako zbiorowisko z *Pinus sylvestris* i *Molinia caerulea* (tab. 4, kolumna 2). Zbiorowisko to

można włączyć do związku *Dicrano-Pinion*, ale trudno zaklasyfikować do określonego zespołu. Nieliczne płaty nawiązywały składem gatunkowym runa do zespołu *Leucobryo-Pinetum*, ale wyróżniały się udziałem buka i dębu szypułkowego w różnych warstwach zbiorowiska. Wydzielono je jako zbiorowisko z *Pinus sylvestris* i *Quercus sp.* (tab. 4, kolumna 3). Wyodrębniła się również grupa płatów z siedlisk wilgotnych, lokalnie najżyźniejszych (tab. 4, kolumna 4), która nawiązywała do zbiorowiska z *Pinus sylvestris* i *Molinia caerulea*. W porównaniu z tym zbiorowiskiem marginalne znaczenie

miały: borówka brusznica *Vaccinium vitis-idaea*, widłoząb miotlasty *Dicranum scoparium*, w. kędzierzawy *D. polysetum* i gajnik lśniący *Hylocomium splendens*. Ponadto, w warstwie krzewów częściej niż w zbiorowisku z *Pinus sylvestris* i *Molinia caerulea* występował buk, rzadko pojawiał się grab. Grupę tę wyodrębniono więc jako odrębne zbiorowisko z *Pinus sylvestris* i *Fagus sylvatica*.

5. Dyskusja

Analizowane w niniejszej pracy typy siedliskowe lasu reprezentują trzy grupy troficzne siedlisk leśnych: bory, bory mieszane i lasy mieszane. Można zatem oczekiwać, że związana z nimi roślinność będzie wykazywała swoiste cechy. Jednak badane siedliska stanowią przestrzenną ciągłość wynikającą z ciągłości w skali lokalnej warunków geologiczno-topograficznych, ponadto nie różnią się znacznie wariantem uwilgotnienia. Potwierdzeniem względnej jednorodności siedlisk może być bonitacja drzewostanów. Różni się ona jedynie w przypadku porównania Bśw z BMw i LMw oraz BMśw z LMw. Spodziewać się można, że wskaźnik ten będzie różnicować pary TSL z definicji różniące się troficznie, jednak w warunkach dobrego uwilgotnienia gleby różnice w trofizmie mogą być drugoplanowe (Sewerniak 2013).

Nadmierny udział sosny w drzewostanie jest dodatkowym czynnikiem ujednociającym roślinność. Dominacja tego gatunku zwiększa produkcję kwaśnego i ubożego w składniki pokarmowe opadu roślinnego (Jonczak 2012), a w efekcie powierzchniowe poziomy gleb upodabniają się do górnych poziomów gleb oligotroficznym (Sewerniak 2011). Dochodzi więc do ujednoczenia roślinności pod względem florystycznym i strukturalnym (Olaczek 1974; Łaska 2006). Na badanym terenie utrzymują się jednak różnice między siedliskami odmiennymi pod względem troficznym i wilgotnościowym, jak Bśw i LMw oraz Bśw i BMw. Jak się zatem spodziewano w przypadku pinetyzacji i monotypizacji drzewostanu w pierwszej kolejności zanika odrębność florystyczna typów siedliskowych lasu sąsiadujących w siatce typologicznej, nie zanika natomiast zróżnicowanie w całym gradiencie siedliskowym.

Mimo słabej odrębności florystycznej typów siedliskowych lasu wytypowano gatunki wskaźnikowe mające charakter lokalny, dotyczy to również drzewostanów młodocianych. Ponadto stwierdzono, że w przypadku drzewostanów młodocianych na siedliska żyźniejsze przechodzą gatunki występujące w drzewostanach dojrziałych siedlisk uboższych. Podobne zależności zaobserwowano na świeżych siedliskach borowych w Borach Dolnośląskich (Stefańska 2007; Stefańska-Krzaczek

2011). Potwierdza to użyteczność fitowskaźników w diagnostyce siedliskowej nawet w przypadku zbiorowisk zdegenerowanych (Czerwiński 1999; Rutkowski 2012). Wytypowane wskaźniki typów siedliskowych lasu są wprawdzie wynikiem syntezy danych z wielu powierzchni, a część z nich to drobne organizmy zarodnikowe, jednak stanowią dodatkową możliwość oceny warunków siedliskowych.

Wskutek wspomnianej pinetyzacji i monotypizacji drzewostanów roślinność rzeczywista badanych siedlisk w większości nie odpowiada roślinności potencjalnej. Dla Bśw roślinność potencjalną stanowi subatlantycki bór sosnowy świeży *Leucobryo-Pinetum* (Siedliskowe podstawy hodowli lasu 2004; Sikorska, Lasota 2007) i został on stwierdzony w zebranych materiale na siedliskach Bśw. Na pozostałych badanych typach siedlisk leśnych występują jednak fitocenozy zastępcze. Na siedliskach BMw i LMw stwierdzono w większości występowanie zbiorowiska z *Pinus sylvestris* i *Molinia caerulea*. Zbiorowisko to może stanowić spinetyzowaną formę trzęslicowego podzespołu boru mieszanego *Quercus robur-Pinetum molinietosum*, jak i kwaśnej dąbrowy z trzęslicą modrą *Molinio caeruleae-Quercetum robur*. Ponadto, płaty z siedlisk wilgotnych z udziałem buka i grabu oraz zmniejszonym udziałem gatunków borowych mogą wskazywać na silniejszy związek z najuboższymi zbiorowiskami grądowymi. Powiązania florystyczne badanych płatów z *Quercus robur-Pinetum molinietosum*, *Molinio caeruleae-Quercetum robur* oraz z grądami są istotne, ponieważ są to jednostki wytypowane jako roślinność potencjalna dla badanych siedlisk. *Quercus robur-Pinetum*, także z uwzględnieniem podzespołu *molinietosum*, podawane jest jako zbiorowisko związane z BMw (Sikorska, Lasota 2007), *Molinio caeruleae-Quercetum robur* zarówno z BMw, jak i LMw (Siedliskowe podstawy hodowli lasu 2004; Danielewicz et al. 2013). Także grądy wskazywane są jako związane z LMw (Siedliskowe podstawy hodowli lasu 2004; Sikorska, Lasota 2007; Danielewicz et al. 2013). Siedliska BMśw są niejednoznaczne pod względem roślinności. Część płatów roślinnych występujących na tych siedliskach reprezentuje zespół *Leucobryo-Pinetum*, który w przypadku tych siedlisk jest zbiorowiskiem zastępczym albo dla kwaśnej dąbrowy trzcinnikowej *Calamagrostio arundinaceae-Quercetum petraeae* albo dla boru mieszanego *Quercus robur-Pinetum*, które mogą stanowić roślinność potencjalną BMśw (Sikorska, Lasota 2007; Danielewicz et al. 2013). W przypadku płatów diagnozowanych obecnie do *Leucobryo-Pinetum* byłyby to prawdopodobnie podzespoły typowe dla tych jednostek (Kasprowicz 2010). Większość płatów z siedlisk BMśw została jednak połączona z siedliskami wilgotnymi w zbiorowisko z *Pinus sylvestris* i *Molinia caerulea*. Nie wyklucza to wspomnia-

nych zespołów (*Calamagrostio arundinaceae-Quercetum petraeae* i *Quercu roboris Pinetum*) jako roślinności potencjalnej. W tym wypadku bardziej prawdopodobne byłyby podzespoły wilgotne *Calamagrostio arundinaceae-Quercetum petraeae molinietosum* i *Quercu roboris Pinetum molinietosum* (Kasprzewicz 2010). Nie można jednak wykluczyć także dąbrowy trzęslicowej *Molinio caeruleae-Quercetum roboris*, choć jest ona przypisywana BMw lub LMw (Sikorska, Lasota 2007; Danielewicz et al. 2013). Na podstawie obecnej struktury i składu gatunkowego fitocenozy nie można więc jednoznacznie wskazać roślinności potencjalnej dla BMśw, BMw i LMw, jednak różnice fitocentyczne między siedliskami badanych typów można wzmocnić przebudową drzewostanu. W związku z tym należy z góry założyć dla każdego siedliska roślinność potencjalną (Rutkowski 2012) np. BMśw – *Calamagrostio arundinaceae-Quercetum petraeae*, BMw – *Quercu roboris Pinetum*, LMw – *Tilio-Carpinetum*. Oznacza to przebudowę drzewostanu z wykorzystaniem przede wszystkim dębu bezszypułkowego na BMśw, dębu szypułkowego na BMw oraz dębu szypułkowego, buka i grabu na LMw.

6. Wnioski

W przypadku zbiorowisk zastępczych typowe gatunki wskaźnikowe mogą nie być użyteczne, jednak możliwe jest wskazanie gatunków lokalnie różnicujących.

W wyniku monotypizacji drzewostanu roślinność różnych siedlisk ulega ujednoczeniu. Jednak skład gatunkowy fitocenozy wskazuje na tendencje do spontanicznego kształtowania się układów bardziej zróżnicowanych.

Podziękowania

Autorzy składają podziękowania Dyrekcji i Pracownikom Nadleśnictwa Turawa za udostępnienie niezbędnych do pracy materiałów, dr Monice Staniaszek-Kik za pomoc w oznaczaniu mszaków, prof. dr. hab. Wiesławowi Fałtynowiczowi za pomoc w oznaczaniu porostów, dr. hab. Zygmunta Kąckiemu za dyskusję problematyki pracy oraz Recenzentom za wnikliwą ocenę i inspirujące komentarze.

Badania sfinansowano ze środków MNiSW przyznanych na działalność statutową Katedry Bioróżnorodności i Ochrony Szaty Roślinnej Uniwersytetu Wrocławskiego.

Literatura

- Brożek S., Zwydak M., Wanic T., Gruba P., Lasota J. 2007. Kierunki doskonalenia metod rozpoznawania siedlisk leśnych. *Sylwan*, 151(2): 26–34.
- Czerwiński A. 1999. Rola fitosocjologii w diagnostyce i gospodarce leśnej. *Sylwan*, 143(10): 83–94.
- Danielewicz W., Szwed W., Kiciński P. 2013. Znaczenie lasów i ich podział z punktu widzenia leśnictwa, w: *Lasy i zarośla* (red. W. Matuszkiewicz, P. Sikorski, W. Szwed, M. Wierzbą). Warszawa, Wyd. Naukowe PWN, s. 63–73. ISBN 978-83-01-17064-6.
- Dzwonko Z. 2007. Przewodnik do badań fitosocjologicznych. Poznań-Kraków, Wydawnictwo Sorus S.C., 304 s. ISBN 978-83-89949-23-3.
- Ellenberg H., Weber H., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*, 18: 5–258.
- Faliński J. B. 2001. Przewodnik do długoterminowych badań ekologicznych. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 672 s. ISBN 83-01-13239-6.
- Jonczak J. 2012. Wpływ domieszki sosny w drzewostanie bukowym na intensywność wyłukiwania węgla, żelaza i glinu z poziomu organicznego i próchnicznego gleb bielicowo-rdzawych. *Leśne Prace Badawcze*, 73(2): 143–151.
- Kasprzewicz M. 2010. Acidophilous oak forests of the Wielkopolska region (West Poland) against the background of Central Europe. *Biodiversity Research and Conservation*, 20: 1–138.
- Kącki Z., Śliwiński M. 2012. The Polish Vegetation Database: structure, resources and development. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 81(2): 75–79.
- Lasota J., Karp M., Biskup S. 2005. Siedliska kwaśnej dąbrowy trzcinnikowej *Calamagrostio arundinaceae-Quercetum petraeae* w środkowej Wielkopolsce. *Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 4(1): 23–39.
- Lepš J., Šmilauer P. 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge University Press, Cambridge, 269 s. ISBN 0-521-8910-6.
- Łaska G. 2006. Tendencje dynamiczne zbiorowisk zastępczych w Puszczy Knyszyńskiej. Białystok – Poznań, Politechnika Białostocka, Instytut Inżynierii i Ochrony Środowiska, Bogucki Wyd. Naukowe, 503 s. ISBN 83-60247-41-2.
- Matuszkiewicz W. 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 537 s. ISBN 83-01-13520-4.
- Muller-Dombois D., Ellenberg H. 2002. Aims and methods of vegetation ecology. Caldwell, New Jersey, USA, The Blackburn Press, 547 s. ISBN 1-930665-73-3.
- Olaczek R. 1974. Etapy pinetyzacji grądu. *Phytocoenosis*, 3(3/4): 201–213.
- Operat glebowo-siedliskowy 2007. Nadleśnictwo Turawa. Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej, Brzeg.
- Piernik A. 2008. Metody numeryczne w ekologii na przykładzie zastosowań pakietu MVSP do analiz roślinności. Toruń, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 98 s. ISBN 987-83-231-2279-1.

- Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Turawa na okres od 1 stycznia 2007 r. do 31 grudnia 2016 r. Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Brzegu, Brzeg 2007.
- Rutkowski P. 2009. Natura 2000 w leśnictwie. Warszawa, Ministerstwo Środowiska, 69 s. ISBN 978-83-89994-03-5.
- Rutkowski P. 2012. Stan i perspektywy rozwoju typologii leśnej w Polsce. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, *Rozprawy Naukowe*, 436: 3–248.
- Sewerniak P. 2011. Zróżnicowanie wybranych właściwości gleb drzewostanów sosnowych w południowo-zachodniej Polsce. *Roczniki Gleboznawcze*, 62(1): 142–151.
- Sewerniak P. 2013. Bonitacja drzewostanów sosnowych w południowo-zachodniej Polsce w odniesieniu do typów siedliskowych lasu i taksonów gleb. *Sylwan*, 157(7): 516–525.
- Siedliskowe podstawy hodowli lasu. Załącznik do Zasad Hodowli Lasu. 2004. Bedoń, Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych, 264 s. ISBN 83-913320-6-3.
- Sikorska E., Lasota J. 2007. Typologiczny system klasyfikacji siedlisk a fitosocjologiczna ocena siedlisk, w: Siedliska i gatunki wskaźnikowe w lasach (red. D. Anderwald). *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej w Rogowie*, 2/3(16): 44–51.
- StatSoft Inc. 2013. Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft. <http://www.statsoft.com/textbook/> [14.10.2013].
- Stefańska E. 2007. Wskaźniki siedlisk boru świeżego i mieszanego świeżego w borach sosnowych Polski południowo-zachodniej, w: Siedliska i gatunki wskaźnikowe w lasach (red. D. Anderwald). *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej w Rogowie*, 2/3 (16): 141–152.
- Stefańska-Krzaczek E. 2011. Plant communities of Scots pine stands in the south-eastern part of the Bory Dolnośląskie forest (SW Poland). *Acta Botanica Silesiaca, Monographiae*, 6: 1–98.
- Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13: 451–453.
- Tichý L., Holt J., Nejezchlebová M. 2010. JUICE program for management, analysis and classification of ecological data. 2nd Edition of the Program Manual. 2nd part. Vegetation Science Group, Masaryk University Brno, Czech Republic. <http://www.sci.muni.cz/botany/juice/> [14.10.2013].
- Zielony R., Kliczkowska A. 2012. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. Warszawa, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 356 s. ISBN 978-83-61633-62-4.

Wkład autorów

E.S-K. jest autorką koncepcji artykułu, opracowała metody badań, wykonała analizy numeryczne, napisała tekst i przygotowała ryciny i tabele. P.P. pozyskał materiały niezbędne do wykonania badań, wykonał prace terenowe, przygotował dane do analiz oraz skorygował tekst pod kątem redakcyjnym i merytorycznym.