

Aleksander W. SOKOŁOWSKI, Janusz CZEREPKO*

ZMIANY ROŚLINNOŚCI NA SIEDLISKACH HYDROGENICZNYCH

VEGETATION CHANGES ON THE HYDROGENIC HABITATS

Abstract. *Surveys of ground layer vegetation are reliable tool for spatial and temporal variation monitoring of forest environment. Vegetation dynamics of forest wetlands communities were studied by re-sampling of phytosociological records in the 1960's-1970's in the Białowieża Forest. The study concerned the following forest plant communities: Ledo-Sphagnetum magellanici, Sphagno-Betuletum pubescentis, Thelypterido – Betuletum pubescentis, Sphagno-girgensohnii-Piceetum, Ribeso nigri-Alnetum, Circaeo-Alnetum, those occurred in Białowieża National Park's strict reserve (BNP) and nature reserves: Wysokie Bagno, Michnówka, Głęboki Kąt.*

The Ledo-Sphagnetum magellanici and Sphagno-girgensohnii-Piceetum community had the same sample plots where a breast high diameter of tree species and number of brush and tree species with high shorter than 1.3 m were measured. The ordination methods (DCA) made the model of vegetation changes according to main environmental gradients possible.

It is demonstrated that with the ecological indicator value every site have a lower value of moisture soil indicator than it was in the past besides Circaeo-Alnetum. The soil fertility did not increase only in Ribeso nigri-Alnetum and Circaeo-Alnetum habitat.

The broadleaves species share, especially birch and alder, increased in Ledo-Sphagnetum magellanici and Sphagno-girgensohnii-Piceetum association. The obtained results indicate changes in water conditions and in fertility of hydrogenic habitats, although those changes were not occurred in every community in the same level.

Key words: *natural succession, vegetation science, forest wetlands, Białowieża Forest.*

* Instytut Badawczy Leśnictwa, ul. Bitwy Warszawskiej 1920 Roku nr 3, 00-973 Warszawa
email J.Czerepko@ibles.waw.pl

1. WSTĘP

Dynamika roślinności na siedliskach hydrogeniczných, tj. bagienných i łęgowých, jest stosunkowo mało poznany m zagadnieniem w ekologii lasu. W leśnictwie siedliska te nastęrczały szereg problemów gospodarczych, a zainteresowanie koncentrowało się głównie na ich uproduktywnianiu przez melioracje wodne, z pominięciem ich znaczenia przyrodniczego.

Ostatnio coraz częściej spotyka się w literaturze opisy dynamiki roślinności i drzewostanu na siedliskach hydrogeniczných (Wild i in. 2004), w szczególności z terenu Puszczy Białowieskiej (Sokołowski 1991, 1999, Bernadzki i in. 1998, Brzeziecki i Żybura 1998, Paluch 2001), będącej ostoją naturalnych leśnych zbiorowisk bagienných, sporadycznie spotykanych w innych rejonach Europy.

Obserwacje procesów sukcesyjnych roślinności umożliwiają ocenę i monitorowanie zmian zachodzących w środowisku leśnym (Nieppola 1992, Thimonier i in. 1994). Poznanie tempa i trendów zmian zachodzących na siedliskach hydrogeniczných pozwoli opracować metody ich ochrony i stanie się przyczynkiem do opracowania zasad odtwarzania siedlisk bagienných. Problem renaturyzacji siedlisk hydrogeniczných jest zagadnieniem nowym. Choć w krajach Europy Zachodniej, Skandynawii i Kanadzie opracowano już metody odtwarzania torfowisk (Lode 1999, Pfadenhauer i Grootjans 1999), to efekty tych działań będą widoczne dopiero za kilkadziesiąt lat.

Praca niniejsza, zawierająca część wyników badań prowadzonych w ramach grantu KBN*, stanowi wstępne rozpoznanie dynamiki zespołów roślinnych i warunków glebowych naturalnych siedlisk hydrogeniczných Puszczy Białowieskiej oraz określenie kierunku i charakteru tych zmian.

2. MATERIAŁ I METODY

Zmiany roślinności zbiorowisk bagienných i łęgowých zostały określone poprzez porównanie zdjęć fitosocjologicznych z lat 60. i 70. ubiegłego wieku ze zdjęciami z lat 1998–2003, wykonanymi w tych samych miejscach, trwale oznaczonych palikami i numerem na drzewie rosnącym w środku powierzchni.

Analizą objęto następujące zespoły roślinne: *Ledo-Sphagnetum magellanici* Sukopp 1959 em. Neuhausl 1969 (Bb) – wysokotorfowiskowy mszar sosnowy, *Sphagno-Betuletum pubescentis* Sokoł. 1985 (BMb) – torfowcowo-brzozowy las bagienny, *Sphagno girensohnii-Piceetum* Polak. 1962 (BMb) – borealna świer-

* Grant własny KBN 520.937 „Określenie zmian fitocenotycznych zachodzących w przesuszonych siedliskach hydrogeniczných Puszczy Białowieskiej oraz sposobów im zapobiegania”

czyną, *Thelypterido-Betuletum pubescentis* Czerw. 1972 (LMb) – sosnowo-brzozowy las bagienny, *Ribeso nigri-Alnetum* Sol.-Górn. 1975 (OI) – ols porzeczkowy, *Circaeo-Alnetum* Oberd. 1953 (OIJ) – łąg jesionowo-olszowy. Powierzchnie badawcze położone były na terenie Rezerwatu Ścisłego Białowieskiego Parku Narodowego (BPN) i rezerwatów puszczańskich: Wysokie Bagno, Michnówka i Głęboki Kąt.

Na powierzchniach badawczych w zespole *Ledo-Sphagnetum magellanici* i *Sphagno girgensohnii-Piceetum* przeprowadzono pomiar pierśnic oraz policzono drzewa o wysokości poniżej 1,3 m i krzewy, wg gatunków. Na podstawie uzyskanych wyników wykonano model struktury drzewostanu za pomocą programu BwinPro (Nagel 2000).

Dane ze zdjęć fitosocjologicznych poddano analizie przy wykorzystaniu wskaźników ekologicznych Zarzyckiego (2002). Na podstawie liczb ekologicznych roślinności runa wyliczono średnie wartości wskaźnika wilgotności i żyzności gleby według badanych zespołów i lat obserwacji. Dla zespołu *Ledo-Sphagnetum magellanici*, ze względu na duży udział mszaków, zastosowano wskaźniki ekologiczne Ellenberga (Ellenberg i in. 1992). Uzyskane wartości średnie poddano analizie statystycznej, określając istotność różnic ($p < 0,05$) między porównywanymi okresami badawczymi z wykorzystaniem testu kolejności par Wilcoxon (por. Stanisz 2001).

Dla zbiorowiska wysokotorfowiskowego mszaru sosnowego *Ledo-Sphagnetum magellanici* i olsu porzeczkowego *Ribeso nigri-Alnetum* wykonano model dynamiki roślinności DCA (Hill i Gauch 1980), na który nałożono główne gradienty siedliskowe: wilgotności i żyzności gleby, wyliczone ze średnich liczb ekologicznych roślin. Stworzone w ten sposób diagramy pozwalają na określenie ogólnego tempa i kierunku zmian siedliskowych na podstawie występowania i stopnia pokrycia gatunków runa stwierdzonych w zdjęciach fitosocjologicznych. Algorytm DCA wykonano stosując pakiet CANOCO ver. 4.5 (Ter Braak i Smilauer 2002).

3. WYNIKI

We wszystkich zbiorowiskach roślinnych, oprócz łągu jesionowo-olszowego *Circaeo-Alnetum*, zmniejszyły się wartości wskaźnika wilgotności gleby w porównywanych okresach badawczych (tab. 1). Największe bezwzględne zmiany wilgotności gleby zanotowano pod wysokotorfowiskowym mszarem sosnowym *Ledo-Sphagnetum magellanici*, a następnie kolejno pod: *Sphagno girgensohnii-Piceetum*, *Sphagno-Betuletum pubescentis*, *Ribeso nigri-Alnetum*, *Thelypterido-Betuletum pubescentis*. Wskaźnik żyzności gleby istotnie zwiększył się tylko w zespole *Ledo-Sphagnetum magellanici*. W przypadku pozostałych zbiorowisk zmiany żyzności gleby były nieistotne. Największy wzrost żyzności gleb

Tabela 1. Zmiany wskaźnika wilgotności i żyzności gleby w zespołach roślinnych siedlisk hydrogenicznych Puszczy Białowiejskiej

Table 1. Changes of moisture and fertility indicator value in plant communities of hydrogenic habitats in Białowieża Forest

Zespół roślinny Plant community	Obiekt Object	Liczba zdjęć Number of relevés	Termin i okres badań Study years	Wielkość (zmiana) wskaźnika wilgotności gleby Soil moisture indicator value	Wielkość (zmiana) wskaźnika żyzności gleby Soil nutrient indicator value
<i>Ledo-Sphagnetum magellanici</i>	Rezerwat Michnówka	6	1971	6,53	0,47
			1998	5,41	1,08
			1971–1998	-1,12*	0,61*
<i>Sphagno-Betuletum pubescentis</i>	BPN ¹	11	1960	4,42	4,22
			2003	2,80	2,92
			1960–2003	-0,20*	0,12
<i>Sphagno girgensohnii-Piceetum</i>	Rezerwat Wysokie Bagno	5	1974	4,06	3,27
			1998	3,93	3,28
			1974–1998	-0,13*	0,01
<i>Sphagno girgensohnii-Piceetum</i>	Rezerwat Głęboki Kąt	3	1972	3,86	3,26
			2003	3,26	3,25
			1972–2003	-0,60**	-0,01**
<i>Thelypterido-Betuletum pubescentis</i>	BPN	3	1960	4,43	3,20
			2003	4,37	3,44
			1960–2003	-0,06**	0,24**
<i>Ribeso nigri-Alnetum</i>	BPN	6	1960	4,57	3,44
			2003	4,47	3,47
			1960–2003	-0,10*	0,03
<i>Circaeo-Alnetum</i>	BPN	14	1960	3,82	3,83
			2003	3,82	3,83
			1960–2003	0,00	0,00

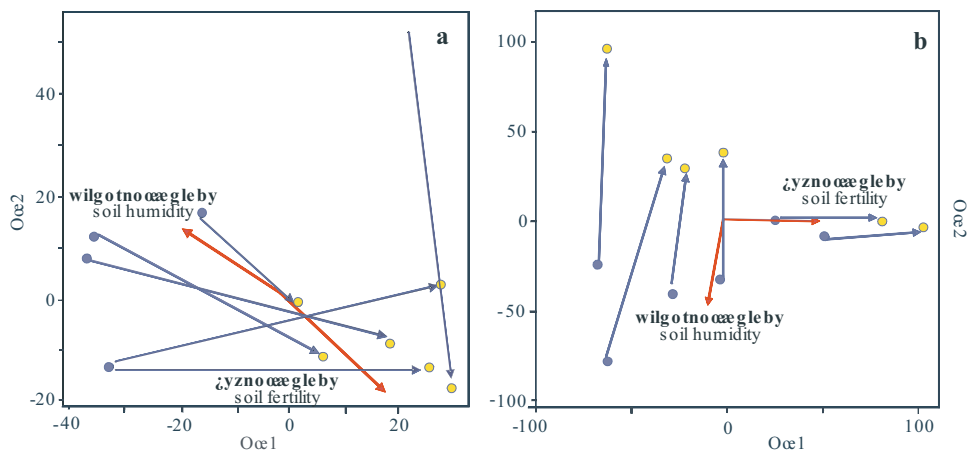
¹ Białowieża National Park* różnice istotne statystycznie przy $p < 0,05$ significant difference with $p < 0,05$

** zbyt mała liczba prób do określenia istotności różnic między średnimi

too small number of samples for indicate the significant differences between means

odnotowano w zespołach *Thelypterido-Betuletum pubescentis* i *Sphagno-Betuletum*. W łągu jesionowo-olszowym *Circaeo-Alnetum* nie było zmian wskaźnika żyzności gleby (tab. 1).

Model zmian roślinności DCA dla zbiorowisk *Ledo-Sphagnetum magellanici* wskazuje, że na większości powierzchni badawczych nastąpiła reakcja składu florystycznego na zmniejszenie wilgotności gleby i jednoczesny wzrost jej żyzności (ryc. 1a). Na jednej powierzchni reakcja była nieco odmienna niż na pozostałych. Tę powierzchnię charakteryzują również największe zmiany składu florystycznego i stopnia pokrycia gatunków między porównywanymi zdjęciami, o czym świadczy największa odległość pomiędzy punktami odwzorowującymi na diagramie porównywane powierzchnie. Natomiast zmiany w porównywanych



Ryc. 1. Model zmian roślinności runa według głównych gradientów siedliska. Strzałki niebieskie wskazują na zmiany w składzie florystycznym runa, strzałki czerwone – kierunek i moc gradientów (wyliczonych na podstawie wskaźników ekologicznych) siedliska, według których następowała dynamika roślinności:

a – zespół *Ledo-Sphagnetum magellanici* w latach 1971–1998 (Rezerwat Michnówka),

b – zespół *Ribesio nigri - Alnetum* w latach 1960–2003 (BPN)

Fig. 1. Model of ground layer vegetation changes according to main habitat gradients. The changes of composition of ground layer vegetation are signed by blue narrow. The trends and power of habitat gradients are expressed by red narrow:

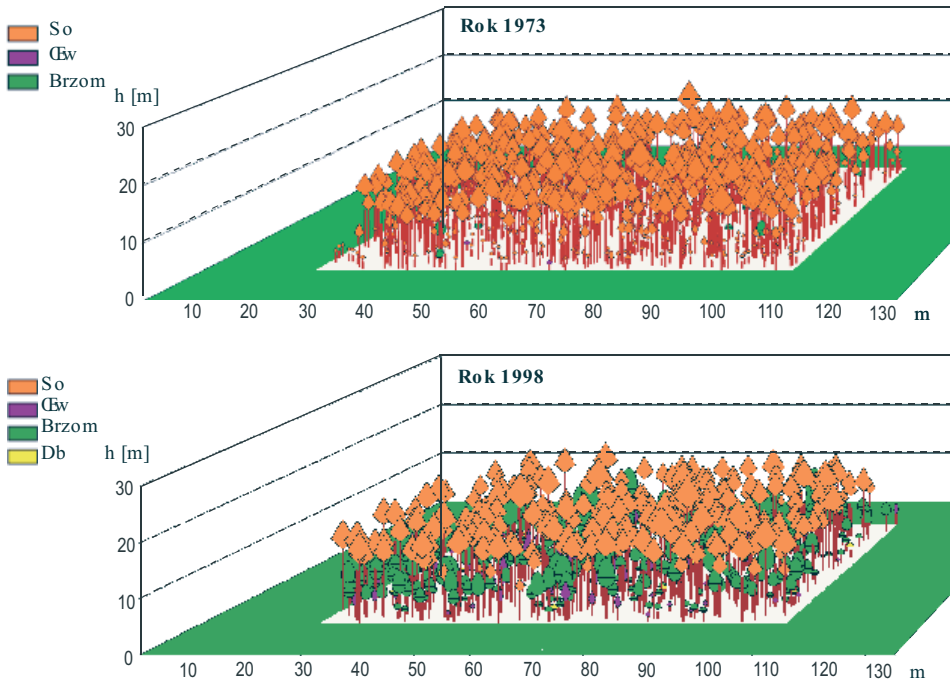
a – *Ledo-Sphagnetum magellanici* (Michnówka reserve) association in 1971–1998s,

b – *Ribesio nigri - Alnetum* (BPN) association 1960–2003s

okresach na powierzchniach badawczych z olsem porzeczkowym *Ribesio nigri-Alnetum* w czterech przypadkach wskazują na zmniejszenie się wilgotności gleby i w dwóch – na zwiększenie się żyzności gleby (ryc. 1b).

Na podstawie wizualizacji zmian struktury przestrzennej drzewostanu w zbiorowisku *Ledo-Sphagnetum magellanici* (ryc. 2), można zauważyć wzrost udziału brzozy omszonej (*Betula pubescens*) i świerka pospolitego (*Picea abies*) oraz dębu szypułkowego (*Quercus robur*), występujących w warstwie podszytu i podrostu. Jednocześnie wyraźnie widoczne jest zmniejszenie pokrycia powierzchni przez sosnę zwyczajną (*Pinus sylvestris*) w porównywanych okresach badawczych.

W ciągu 24 lat badań w zespole borealnej świerczyny *Sphagno girgensohnii-Piceetum* zaszły istotne zmiany ilościowe i jakościowe w składzie gatunkowym drzewostanu (ryc. 3). Pojawiły się nowe gatunki drzew liściastych: dąb szypułkowy (*Quercus robur*), jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior*), wierzba iwa (*Salix caprea*), grab zwyczajny (*Carpinus betulus*), klon zwyczajny (*Acer platanoides*) oraz topola osika (*Populus tremula*). W składzie drzewostanu oraz warstwy podszytu i podrostu znacząco wzrósł udział olszy czarnej (*Alnus glutinosa*), brzozy omszonej (*Betula pubescens*) i brodawkowatej (*Betula pendula*).



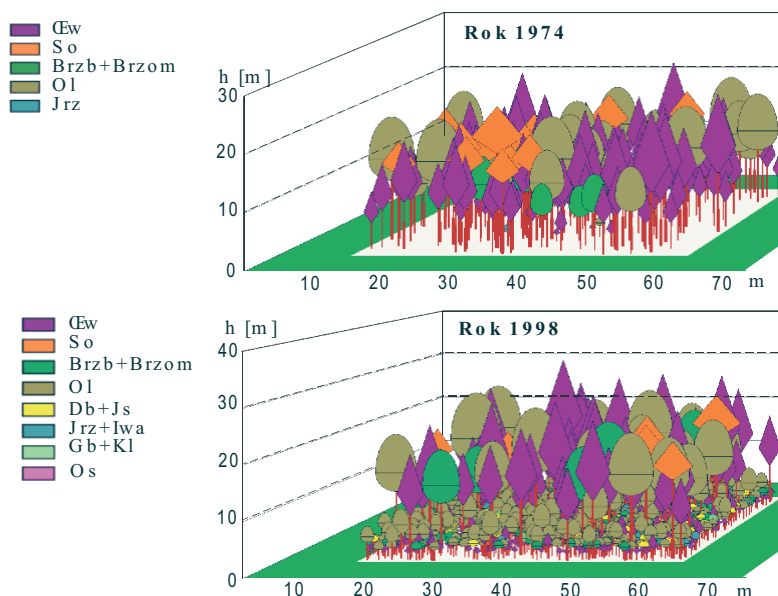
Ryc. 2. Zmiany struktury drzewostanu zespołu *Ledo-Sphagnetum magellanici* w rezerwacie Michnówka (pow. 0,75 ha). Legenda: So – sosna zwyczajna, Św – świerk pospolity, Brzom – brzoza omszona, Db – dąb szypulkowy

Fig. 2. Changes of stand structure of *Ledo-Sphagnetum magellanici* association in Michnówka reserve (area 0.75 ha). Legend: So – Scots pine, Św – Norway spruce, Brzom – pubescent birch, Db – pedunculate oak

4. DYSKUSJA I WNIOSKI

Powtórzone po blisko 40 latach badania zbiorowisk bagiennych Puszczy Białowieskiej wykazały, że w większości z nich zaszły istotne zmiany w składzie florystycznym i strukturze drzewostanów. Dynamika roślinności była najczęściej stymulowana zmianą warunków wodnych, na co wskazywał wzrost wskaźników wilgotności gleby we wszystkich badanych zespołach, oprócz olsu jesionowego. Stosunkowo niski, ale istotny, spadek wilgotności podłoża zanotowano w olsie porzeczkowym. Spadek wilgotności gleby w zespole olsu porzeczkowego spowodował zanik hydrofitów, m.in.: *Hottonia palustris*, *Callitriche cophocarpa*, *Lemna minor*, wymagających do swojego rozwoju wody stagnującej na powierzchni gruntu przez większą część okresu wegetacyjnego, co jest charakterystyczną cechą naturalnych lasów bagiennych (Matuszkiewicz 2001).

Wraz z postępującym procesem osuszania się siedlisk, spowodowanym spadkiem ilości opadów i wzrostem temperatury (wzrost parowania – ewapotranspi-



Ryc. 3. Zmiany struktury drzewostanu w zespole *Shagno girgensohnii-Piceetum* w rezerwacie Wysokie Bagno (pow. 0,25 ha). Legenda: Brzb+Brzom – brzoza brodawkowata i brzoza omszona, OI – olsza czarna, Db+Js – dąb szypułkowy i jesion wyniosły, Jrz+Iwa – jarzáb pospolity i wierzba iwa, Gb+Kl – grab pospolity i klon zwyczajny, Os – topola osika; pozostałe oznaczenia jak na ryc. 2

Fig. 3. Changes of stand structure of *Shagno girgensohnii-Piceetum* association in Wysokie Bagno reserve (area 0.25 ha). Legend: Brzb+Brzom – common birch and pubescent birch, OI – black alder, Db+Js – pedunculate oak and European ash, Jrz+Iwa – rowan and Goost Willow, Gb+Kl – hornbeam and Norway maple, Os – European aspen; other designations as in Fig. 2

racja), a tym samym obniżeniem się lustra wód gruntowych (Pierzgalski i in. 2002), następuje wzrost żyzności siedlisk hydrogenicznyc w wyniku przyspieszonego procesu rozkładu materii organicznej (Sokołowski 1999, Chojnacki 2003). Jednakże zmiana zasobności gleb w łatwo dostępne dla roślin składniki mineralne nie następowała w tak szybkim tempie, jak w przypadku dynamiki warunków wodnych, co może świadczyć o rozpoczynającym się dopiero procesie murszenia gleb torfowych. Jednocześnie warto nadmienić, iż zbiorowiska łągu bagiennego nie przejawiały zmian warunków siedliskowych, choć w innych rejonach Puszczy i BPN notowano już proces eutrofizacji i gądownienia w takich przypadkach (Brzeziecki i Żybura 1998, Pałuch 2001). Fakt ten może świadczyć o stabilności warunków siedliskowych w dolinie Orłówki, nad którą zlokalizowane były powierzchnie badawcze z olsem jesionowym. Należy też zauważyć, że eutrofizacja siedlisk bagiennyc nie wynika tylko i wyłącznie z procesów mineralizacji torfów, ale też jest stymulowana depozytem nutrientów (przede wszystkim NO_x) z atmosfery (Sokołowski 1991).

Wyniki analiz dynamiki roślinności przy użyciu metody DCA wykazały, że nie na wszystkich powierzchniach w jednakowym stopniu i w jednakowym kierunku zmienił się skład florystyczny. Fakt ten uzasadnia potrzebę kontynuacji badań, a także zwiększenia liczby prób, by uniknąć przypadkowości uzyskanych wyników i uzyskać ich większą reprezentatywność.

Podsumowując można stwierdzić, że w porównywanych okresach badawczych zaszły następujące zmiany:

- we wszystkich zbiorowiskach, oprócz *Circaeo-Alnetum*, zmniejszyły się wartości wskaźnika wilgotności gleby,

- wskaźnik żyzności gleby nie zmienił swej wartości tylko w zespole *Circaeo-Alnetum* i *Ribeso nigri-Alnetum*,

- w strukturze drzewostanów zespołu *Ledo-Sphagnetum magellanici* nastąpił wzrost udziału mięszosociowego i powierzchniowego brzozy, natomiast w zespole *Sphagno girgensohnii-Piceetum* wzrost udziału wielu gatunków liściastych, a w szczególności olszy,

- w układzie stosunków wodnych i żyzności gleb nastąpiły wyraźne zmiany, choć nie we wszystkich zbiorowiskach zaznaczyło się to w jednakowym stopniu.

Ze względu na unikatowość naturalnych siedlisk hydrogenicznycych i ich duże znaczenie dla zachowania bioróżnorodności oraz retencji wodnej, wskazane jest kontynuowanie stałych obserwacji nad rozwojem roślinności i monitorowanie tym samym zmian warunków siedliskowych. Śledzenie tych zjawisk w warunkach, gdy wykluczona jest bezpośrednia ingerencja człowieka, może mieć istotny wkład przy formułowaniu zasad hodowli lasu w aspekcie ochrony siedlisk hydrogenicznycych w Polsce.

Praca została złożona 20.07.2004 r. i przyjęta przez Komitet Redakcyjny 20.09.2005 r.

LITERATURA

- Bernadzki E., Bolibok L., Brzeziecki B., Zajączkowski J., Żybura H. 1998: Rozwój drzewostanów naturalnych Białowieskiego Parku Narodowego w okresie od 1936 do 1996 roku. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Brzeziecki B., Żybura H. 1998: Naturalne zmiany składu gatunkowego i struktury pierśnic drzewostanu na siedlisku olsu jesionowego w okresie 47 lat. Sukcesja czy regeneracja? Sylwan, 4: 19-30.
- Chojnacki T. 2003: Zmiany roślinności w latach 1972-1999 na zmeliorowanym torfowisku leśnym „Wilcze Bagno” w Puszczy Augustowskiej. [W:] Kształtowanie i ochrona środowiska leśnego (red. A. T. Miler). Wyd. AR, Poznań: 541-550.
- Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen. D 1992: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobot., 18: 1-248.
- Hill M.O., Gauch H.G. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. Vegetatio, 42: 47-58.

- Lode E. 1999. Wetland restoration: a survey of options for restoring peatlands. Stud. For. Suec., 205: 3-30.
- Matuszkiewicz J. M. 2001: Zespoły leśne Polski. PWN, Warszawa.
- Nagel J., Albert M., Schmidt M. 2000: BWINPro Version 5.12. Waldbauliches Prognose – und Entscheidungsmodell. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt Abt. Waldwachstum, Göttingen.
- Nieppola J. 1992: Long term vegetation changes in stands of *Pinus sylvestris* in southern Finland. J. Veg. Sci., 3: 475-484.
- Paluch R. 2001: Zmiany zbiorowisk roślinnych i typów siedlisk leśnych w drzewostanach naturalnych Białowieskiego Parku Narodowego. Sylwan, 10: 73-81.
- Pfedenhauer J., Grootjans A. 1999: Wetland restoration in Central Europe: aims and methods. Appl. Veg. Sci., 2: 95-106.
- Pierzgalski E., Boczoń A., Tyszka J. 2002: Zmienność opadów i położenia wód gruntowych w Białowieskim Parku Narodowym. Kosmos. Probl. Nauk Biol., 4: 415-425.
- Sokołowski A. W. 1991: Zmiany składu gatunkowego zbiorowisk leśnych w rezerwatach Puszczy Białowieskiej. Ochr. Przyr., 49,2: 63-78.
- Sokołowski A.W. 1999: Zmiany sukcesyjne zbiorowisk leśnych w rezerwacie Wysokie Bagno w Puszczy Białowieskiej. Parki Nar. Rez. Przyr., 18,1: 9-18.
- Stanisz A. 2001: Przystępny kurs statystyki w oparciu o program STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Wyd. II. StatSoft Polska, Kraków.
- Ter Braak C. J. F., Smilauer P. 2002. Canoco for Windows Version 4.5. Centre for Biometry, Wageningen.
- Thimonier A., Dupouey J.L., Bost F., Becker M. 1994: Simultaneous eutrophication and acidification of a forest ecosystem in North-East France. New. Phytol., 126: 533-539.
- Wild J., Neuhäuslová Z., Sofron J. 2004: Changes of plant species composition in the Šumava spruce forest, SW Bohemia, since the 1970s. For. Ecol. Manage., 187: 117-132.
- Zarzycki K. 2002: Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski. Różnorodność biologiczna Polski Vol. 3, Instytut Botaniki PAN, Kraków.