

Badania terenowe w ocenie walorów przyrodniczych szaty roślinnej wybranych dolin rzecznych na Wysoczyźnie Białostockiej

Field studies in the evaluation of natural values of vegetation
of selected river valleys in the Białystok Upland

Grażyna Łaska

Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska Politechnika Białostocka
ul. Wiejska 45a, 15-351 Białystok
e-mail: g.laska@pb.edu.pl

Abstract: The study was aimed to demonstrate the important role of field studies and to present their methodological procedures, including environmental inventory, cartographic and phytosociological studies combined with numerical syntaxonomy, methods of wetland habitats valuation and GIS methods. The study of vegetation of selected river valleys, including Stoja River valley, Płaska River valley, Czarna River valley and Biała River valley in the Upland Białystok, was conducted in 2008–2013.

In the field, the cartographic and of plant communities and floristic variation followed by habitat identification of the plant patches were conducted. In the cartographic study, two methods were employed: the topographic one and the method of diffuse points with the use of phytosociological releves. The methods of numerical syntaxonomy (program MVSP Plus) were employed to identify and classify the phytosociological releves of the studied communities. In the numerical syntaxonomy, two methods were employed: the methods of cluster analysis and Principal Cluster Analysis (PCA). The natural values of vegetation were evaluated by the method of wetland habitats evaluation, according to J. Oświł (2000).

The temporal and spatial variations in the vegetation of selected river valleys and their distribution were analysed by GIS and statistical methods. The GIS programme Geomedia Professional 6.1 and Statistica 10 package were used. Spatial analyses allowed for constructing digital maps of ranges of communities and thematic layers of natural values of particular plant communities, dependent on the mean index of evaluation. Statistical programmes were used to establish spatial correlation between the mean index of evaluation and the distance of particular plant communities from the river bed.

Słowa kluczowe: inwentaryzacja przyrodnicza, badania kartograficzne, badania fitosocjologiczne, syntaksonomia numeryczna, metody GIS, waloryzacja

Keywords: environmental inventory, cartographic studies, phytosociological studies, numerical syntaxonomy, GIS methods, environmental assessment

Wprowadzenie

Doliny rzeczne charakteryzują się znaczną dynamiką krajobrazu ze względu na zmienne warunki fizjograficzne i hydrologiczne oraz działalność człowieka i zmiany w sposobie ich użytkowania, które analizowane są w skali przestrzennej i czasowej (Kryszak i in. 2004; Kryszak, Grynia 2005; Gamrat, Burczyk 2007; Kryszak, Kryszak 2007; Grzelak i in. 2008; Kamiński 2008). Działania antropogeniczne mają istotny wpływ na stan zachowania i kierunek przemian zbiorowisk roślinnych w dolinach rzecznych, gdyż ich wynikiem są zmiany stosunków wodnych i reżimu hydrologicznego w całej zlewni (Dembek i in. 2002; Kryszak, Grynia 2005; Gamrat i in. 2010).

W niniejszej pracy zmienność szaty roślinnej i ocenę jej walorów przyrodniczych analizowano na obszarach wybranych dolin rzek: Słoi, Płaskiej, Czarnej i Białej na Wysoczyźnie Białostockiej, w północno-wschodniej Polsce. Uwzględniając działalność człowieka i zmiany w sposobie użytkowania badanych terenów dolinowych, zgeneralizowano je do podobnych etapów czasowych w ujęciu historycznych przemian (Kozłowska 2002; Piórkowski 2002; Matysiak, Dembek 2006; Łaska 2008, 2009, 2012). W latach 70. XX w. obszary zlewni badanych rzek w dużej mierze wylesiono i zagospodarowano rolniczo jako użytki zielone. W tym czasie, uregulowano również koryta rzek, które poszerzono, pogłębiono i wyprostowano. Na skutek powyższych działań, odcięto od głównego koryta kręte zakola, tworząc starorzecza. Regulując koryta, obniżono stan wody w rzekach, zmniejszono zasięg zalewów powierzchniowych i obniżono stan wód gruntowych w dolinach, co spowodowało przesuszenie siedlisk hydrogeniczych.

W latach 80. XX w., dalsze przemiany antropogeniczne w dolinach badanych rzek dotyczyły zmeliorowania tych terenów liczną siecią rowów i kanałów melioracyjnych i ich zagospodarowania jako łąki uprawne, kośne, wypasane i nawożone. Pod wpływem wieloletniego użytkowania ukształtowały one stabilne zbiorowiska łąkowe (Kozłowska 2002).

W latach 90. XX w. kolejne zmiany w strukturze zbiorowisk roślinnych w dolinach rzecznych wiązały się ze zmianami ekonomicznymi. W tym czasie na wielu powierzchniach gruntów rolnych zaniechano użytkowania kośnego i wypasu bydła, grunty te porzucono lub wyrejestrowano z ewidencji użytków rolnych. Zaniechanie użytkowania gruntów w dolinach rzecznych powodowało kolejne zmiany warunków wilgotnościowych siedlisk i przemiany zbiorowisk łąkowych w kierunku zbiorowisk zaroślowych i leśnych (Łaska 2008, 2009).

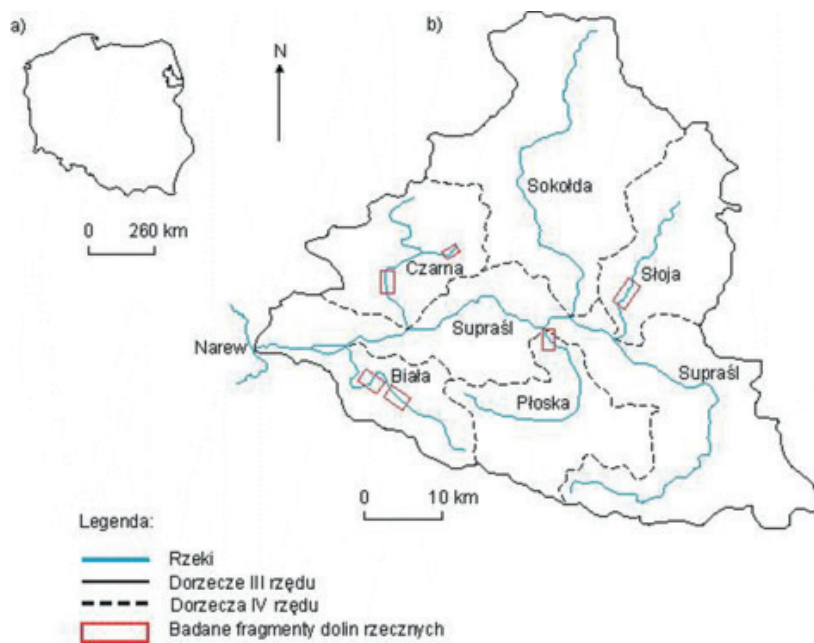
Opisane przemiany antropogeniczne, wynikające ze zmian w sposobie użytkowania terenów dolinowych, znajdują swoje odzwierciedlenie w zmienności szaty roślinnej badanych dolin rzecznych, które analizowano metodami terenowymi, numerycznymi i cyfrowymi. Celem pracy jest wykazanie istotnej roli badań terenowych i prezentacja ich procedur metodycznych, w tym inwentaryzacji przyrodniczej, badań kartograficznych i fitosocjologicznych, połączonych z metodami syntaksonomii numerycznej, metodami waloryzacji siedlisk mokradłowych i narzędzi GIS.

Teren i obiekt badań

Badania wybranych fragmentów szaty roślinnej dolin rzecznych Słoi, Płaskiej, Czarnej i Białej prowadzono na Wysoczyźnie Białostockiej (ryc. 1). W strefie puszczańskiej tego mezoregionu fizycznogeograficznego wyróżnia się pięć zlewni cieków IV rzędu: górnej Supraśli, Płoski, Słoji, Sokołdy i Czarnej, w których sieć rzeczna jest średnio rozwinięta (Górnjak, Jekaterynczuk-Rudczyk 1995). Badania szaty roślinnej na Wysoczyźnie Białostockiej prowadzono na obszarach dolinowych rzek:

- Płoski – dorzecze IV rzędu, długość rzeki 23,6 km, powierzchnia dorzecza 216 km²;
- Słoi – dorzecze IV rzędu, długość rzeki 23,0 km, powierzchnia dorzecza 225 km²;
- Czarnej – dorzecze IV rzędu, długość rzeki 28,4 km, pow. dorzecza 197 km²;
- Białej – dorzecze IV rzędu, długość rzeki 32,7 km, pow. dorzecza 133,4 km².

Badany fragment doliny Płoski znajduje się na południowy-wschód od miejscowości Supraśl i Cieliczanka, w gminie Supraśl. Obszar ten położony jest między punktami o współrzędnych geograficznych 53°11'18.73" i 53°11'20.55" szerokości geograficznej północnej oraz 23°24'31.28" i 23°24'56.26" długości geograficznej wschodniej. Jest to dolny odcinek doliny Płoski, w jej części ujściowej do Supraśli (ryc. 1).



Ryc. 1. Lokalizacja Wysoczyzny Białostockiej w północno-wschodniej Polsce (a) oraz sieci rzecznej w jej zasięgu (b) (Górniak 1999, zmienione) z badanymi fragmentami doliny Płoski, Słoi, Czarnej i Białej
 Fig. 1. Location of Białostok Upland in the north-eastern Poland (a) and the drainage system within the area (b) (Górniak 1999, modified), together with the studied sections of Płoska, Słoja, Czarna and Biała valleys



Ryc. 2. Zróżnicowanie zbiorowisk roślinnych w dolinie Słoi w Lipowym Moście (Łaska i in. 2011–2013, zmienione):
 Fig. 2. Diversity of plant communities in the Słoja valley in Lipowy Most (Łaska et al. 2011–2013, modified):

Zbiorowiska leśne wymienione w Załączniku I Dyrektywy Rady 92/43/EWG

1. kod 91E0-3 – Łęg świerkowo-olszowy *Piceo-Alnetum* Sokolowski 1980

Zbiorowiska leśne i nieleśne niechronione w programie "Natura 2000"

2. Zadrzewienia i sztuczne dragowiny na siedlisku boru świeżego *Peucedano-Pinetum* W. Mat. (1962) 1973; 3. Zadrzewienia i sztuczne dragowiny na siedlisku boru mieszanego świeżego *Carici digitatae-Piceetum* Czerw. 1978; 4. Zadrzewienia i sztuczne dragowiny na siedlisku boru mieszanego świeżego *Serratulo-Piceetum* Sokoł. 1968; 5. Zakrzewienia śródpolne i młodniki sosnowe na siedlisku boru świeżego *Peucedano-Pinetum*; 6. Zakrzewienia śródpolne i młodniki sosnowe na siedlisku boru mieszanego świeżego *Carici digitatae-Piceetum*; 7. Zakrzewienia śródpolne i młodniki sosnowe na siedlisku boru mieszanego świeżego *Serratulo-Piceetum*; 8. Zagospodarowany parkowo drzewostan sosnowo-brzozowy; 9. Zbiorowisko łąki intensywnie uprawianej *Alopecuretum pratensis* (Regel 1925) Steffen 1931; 10. Zbiorowisko łąki wilgotnej *Angelico-Cirsietum oleracei* R.Tx. 1937 em. Oberd. 1967; 11. Intensywnie użytkowane, wypasane i nawożone łąki świeże z *Dactylis glomerata*; 12. Agrocenozy: zbiorowiska pastwiskowe z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*; 13. Agrocenozy: zbiorowiska pól uprawnych (segetalne) z klasy *Stellarietea mediae*; 14. Agrocenozy: nieużytki, ugory, zbiorowiska chwastów towarzyszące gruntom ornym z klasy *Stellarietea mediae*; 15. Zabudowania, w tym hotel (H) i park golfowy (G) oraz zbiorowiska ruderalne z klasy *Artemisietea*; 16. Zadrzewienia olchowe, olchowo-brzozowe, inicjalne olszyny połąkowe i zakrzewienia wierzbowe (łozowiska) z klasy *Alnetea glutinosae*; 17. Łąki mokre – Zbiorowisko *Deschampsia caespitosa*; 18. Ziolorośla połąkowe *Lythro-Filipenduletum ulmariae* Hadać et al. 1997; 19. Intensywnie użytkowane łąki wilgotne – Zbiorowisko *Poa trivialis-Festuca rubra* (Łaska et al. 2011-2013); 20. Zbiorowiska szuwarów turzycowych *Caricetum gracilis* (Graebn. et Hueck 1931) R.Tx. 1973; 21. Zbiorowiska szuwarów trzcinowych *Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939, w tym facja z *Typha latifolia*; 22. Zbiorowiska szuwarów mozgowych *Phalaridetum arundinaceae* (Koch 1926 n.n.) Libb. 1931; 23. Facje z *Juncus effusi*; 24. Facje z *Rubus idaeus*; 25. Zbiorowiska roślin wodnych związku *Nymphaeion*; 26. Zbiorowiska roślin wodnych sztucznych rowów melioracyjnych; 27. Zbiorowiska roślin wodnych cieków rzecznych Słoi oraz innych zbiorników i oczek wodnych ukształtowanych sztucznie; 28. Drogi; 29. Skarpy piaszczysto-żwirowe.

Stanowiska gatunków roślin objętych ochroną ścisłą (czerwone kółka)

1. *Daphne mezereum*; 2. *Succisella inflexa*; 3. *Hepatica nobilis*.

Dolną część doliny Słoi badano w miejscowości Lipowy Most, w gminie Szudziałowo, na południowy wschód od drogi Białystok-Krynki, w odległości 6 km od osady i Arboretum w Kopnej Górze na terenie Puszczy Knyszyńskiej. Dolina rzeczna znajduje się w centrum kompleksu puszczańskiego, jest w dużej mierze zalesiona (61,7%) i w niewielkim stopniu zagospodarowana rolniczo.

Badany fragment doliny Czarnej zlokalizowany jest w gminie Czarna Białostocka, w miejscowości Ruda Rzecznka, w bliskim sąsiedztwie Kolonii Złotoria, w odległości 500 m na zachód od drogi krajowej nr 19 Białystok-Czarna Białostocka. Teren badań w dolinie Czarnej obejmuje jej górny odcinek oddalony o około jeden kilometr od źródła (ryc. 1). Zlewnia Czarnej na terenie kompleksu Puszczy Knyszyńskiej należy do jednej z najbardziej naturalnych, pokrytej na 71,5% powierzchni lasem.

Obszar doliny Białej badano w południowo-wschodniej części miasta Białegostoku pomiędzy ulicami Cz. Miłosza, J.K. Branickiego i Pod Krzywą oraz w śródmiejskiej strefie miasta w sąsiedztwie ulicy Sitarskiej. Biała jest rzeką IV rzędu, lewostronnym dopływem rzeki Supraśli. Z całkowitej powierzchni zlewni Białej (133,4 km²), 83 km² (62%) znajduje się na terenie miasta, a z łącznej długości rzeki (32,7 km), 27,3 km przepływa przez Białystok (Tyszewski, Kardel 2009). W odróżnieniu od pozostałych dolin rzecznych zlokalizowanych w zasięgu kompleksu puszczańskiego, dolina Białej położona w śródmiejskiej strefie Białegostoku, jest prawie bezleśna i w znacznej mierze zurbanizowana. Dominującymi formami użytkowania na jej terenie są obszary zabudowane (29%), grunty orne (20%) oraz łąki i pastwiska (9%).

Materiał i metody

Badania wybranych fragmentów szaty roślinnej dolin rzecznych Słoi, Płaskiej, Czarnej i Białej na Wysoczyźnie Białostockiej prowadzono w latach 2008–2013. W każdym przypadku, wstępny etap prac rozpoczynano od przygotowania podkładów map do szczegółowych badań geobotanicznych, co wymagało przeglądu, szczegółowej analizy i opracowania wielu danych analogowych oraz cyfrowych. Następnym etapem prac była ich konfrontacja i szczegółowa weryfikacja w trakcie badań terenowych. Prace terenowe obejmowały inwentaryzację przyrodniczą, badania kartograficzne i fitosocjologiczne oraz identyfikację siedliskową i ocenę walorów przyrodniczych wybranych fragmentów szaty roślinnej dolin rzecznych. W końcowym etapie prac kameralnych dokonano przetworzenia informacji środowiskowej na informację komputerową oraz jej opracowania z wykorzystaniem procedur badawczych syntaksonomii numerycznej, technik GIS i programów statystycznych.

Materiały źródłowe i opracowanie danych analogowych

W pierwszym, wstępnym etapie prac, przygotowano kartograficzne podkłady map w skali 1:1000 do szczegółowych badań geobotanicznych i inwentaryzacji w terenie. W tym celu, wśród licznych materiałów źródłowych, dla dolin rzecznych zlokalizowanych na terenie Puszczy Knyszyńskiej przeanalizowano:

1. osiem arkuszy Map Przeglądowych wybranych Nadleśnictw i Obrębów leśnych (Plany Urządzenia Gospodarstwa Leśnego Nadleśnictwa Czarna Białostocka, Krynki, Supraśl), w tym:
 - w dolinie Czarnej – Nadleśnictwa Czarna Białostocka i Obrębu Złota Wieś w skali 1:25 000,
 - w dolinie Słoi – Nadleśnictwa i Obrębu Krynki oraz Nadleśnictwa Supraśl i Obrębu Sokółka w skali 1:20 000;
 - w dolinie Płoski – Nadleśnictwa Supraśl i Obrębu Supraśl w skali 1:20 000;
2. sześć arkuszy map topograficznych (OPGK, Białystok), w tym:
 - Supraśl (245.22), Sochonie (245.21) i Ostrów (246.11) w skali 1:25 000,
 - Ożynnik (245.221), Wólka Ratowiecka (245.212) i Lipowy Most (246.113) w skali 1:10 000;
3. trzy arkusze map roślinności Puszczy Knyszyńskiej w skali 1:100 000 (Łaska 2006):
 - Dzisiejszej potencjalnej roślinności naturalnej Puszczy Knyszyńskiej,
 - Dzisiejszej roślinności rzeczywistej Puszczy Knyszyńskiej,
 - Antropogenicznych przeobrażeń roślinności Puszczy Knyszyńskiej.

W opracowaniu danych analogowych wykorzystano również arkusze map geomorfologicznych i geologicznych:

- arkusz Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski w skali 1:500 000 (Starkel 1980),
- arkusz Mapy Geologicznej Polski – Białystok w skali 1:200 000 i 1:50 000 (Malinowski 1971, Nowicki 1971),
- trzy arkusze szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:25 000 – Supraśl (301), Wasilków (300) i Wiechrzylesie (302) (Centralne Archiwum Państwowe Instytutu Geologicznego w Warszawie).

Na terenie doliny Białej w centrum Białegostoku, poza kompleksem leśnym, dodatkowo analizowano 2 arkusze map – zasadniczej w skali 1:500 i ewidencji gruntów w skali 1:1000 (Departament Geodezji Urzędu Miejskiego w Białymstoku) oraz liczne arkusze ortofotomapy Białegostoku w skali 1:500, 1:1000, 1:2500, 1:5000 dostępne na portalu Urzędu Miasta (*Miejski System...* 2015).

Na podstawie dostępnej literatury, dokumentacji leśnej oraz analizy materiałów analogowych i cyfrowych wytypowano obszary przyrodniczo cenne, ze szczególnym uwzględnieniem występowania gatunków roślin z Załącznika II Dyrektywy Rady 92/43/EWG oraz siedlisk przyrodniczych z Załącznika I Dyrektywy Rady 92/43/EWG (Herbich 2004). Na podstawie analizy map topograficznych, geomorfologicznych i geologicznych dokonano rozpoznania typów rzeźby, głównych jednostek geomorfologicznych i utworów powierzchniowych, jak również określono podstawy do opisów i identyfikacji siedlisk w konfrontacji z typami dzisiejszej potencjalnej roślinności naturalnej w terenie. Opracowane dane analogowe w postaci przygotowanego podkładu kartograficzno-geobotanicznego w skali 1:1000 posłużyły do identyfikacji typów jednostek roślinności w terenie, ich charakteru i oceny stanu zachowania pod względem zachodzących przemian antropogenicznych i sposobów użytkowania.

Metody terenowe badań zmienności szaty roślinnej

Drugi etap prac to badania terenowe szaty roślinnej wybranych fragmentów dolin rzecznych prowadzone w trzech różnych terminach, z uwzględnieniem wczesnowiosennego pojawu geofitów (kwiecień-maj), w pełni sezonu wegetacyjnego (lipiec-sierpień) i po zakończeniu prac polowych na łąkach kośnych i polach uprawnych (wrzesień). W dolinie Płoski prowadzono je w 2008 roku, w dolinie Słoi – w 2009 roku, w dolinie Czarnej – od września 2010 roku do połowy lipca 2011 roku. Na terenie doliny Białej w Białymstoku badania terenowe przy ulicy Cz. Miłosza prowadzono w 2010 roku, a przy ulicy Sitarskiej – od lipca 2012 roku do lipca 2013 roku.

Prace terenowe obejmowały badania kartograficzne i fitosocjologiczne zbiorowisk roślinnych oraz charakterystyki cech struktury przestrzennej fitocenoz i ich identyfikację siedliskową. Na przygotowanych podkładach kartograficzno-geobotanicznych dokonywano bezpośredniej rejestracji spostrzeżeń na temat lokalizacji, zasięgu i warunków występowania w terenie badanych płatów roślinnych. W badaniach zastosowano dwie metody – topograficzną (marszrutowo-observacyjną) i metodę punktów rozproszonych z wykorzystaniem zdjęć fitosocjologicznych (Faliński 1990). Na tej podstawie dokonano identyfikacji i delimitacji zbiorowisk roślinnych oraz oceny ich stopnia i zasięgu przekształceń antropogenicznych.

W badaniach szaty roślinnej dolin rzecznych wykonano łącznie 484 zdjęcia fitosocjologiczne metodą analizy bezpośredniej i z punktowym kartowaniem ich lokalizacji techniką GPS. W zbiorowiskach leśnych badania prowadzono w postaciach naturalnych i w zbiorowiskach zastępczych określonego kręgu roślinności (Schwickerath 1954). W dolinie Płoski wykonano 66 zdjęć fitosocjologicznych, w dolinie Słoi – 128 zdjęć, w dolinie Czarnej – 72 zdjęcia, a na terenie doliny Białej – 104 zdjęcia przy ulicy Cz. Miłosza i 114 zdjęć przy ulicy Sitarskiej. W zbiorowiskach leśnych zdjęcia wykonywano na powierzchniach o wielkości 400 m² (20x20 m) i 200 m² (10x20 m), w zbiorowiskach nieleśnych na powierzchni 100 m² (10x10 m), 50 m² (5x10 m) lub 25 m² (5x5 m), co było uzależnione od wielkości i różnorodności biologicznej badanych płatów. Zdjęcia wykonywano z wykorzystaniem sześciostopniowej skali ilościowości Braun-Blanqueta. Każdy płat roślinny scharakteryzowano pod względem struktury pionowej i składu gatunkowego oraz stopnia przekształceń roślinności wynikającej z różnych form użytkowania.

W trakcie badań terenowych wszystkie informacje środowiskowe, związane zarówno z przestrzennym zróżnicowaniem jednostek roślinności, jak i – ze zmiennością elementów środowiska abiotycznego

(zróżnicowanie wysokościowe, typy rzeźby, utwory powierzchniowe, jednostki geomorfologiczne), konfrontowano i weryfikowano bezpośrednio z opracowanymi wcześniej podkladami map. W ten sposób uzyskano podstawowe informacje o zróżnicowaniu przestrzennym elementów biotycznych i abiotycznych środowiska przyrodniczego.

Opracowanie i przetwarzanie informacji środowiskowej

W trzecim etapie prac dokonano kameralnego opracowania wyników badań. Wszystkie zdjęcia fitosocjologiczne zbiorowisk roślinnych opracowano w postaci analitycznych tabel zbiorowisk, które odpowiadały charakterystyce jednorodnych płatów roślinnych i odzwierciedlały ich obserwowaną zmienność w terenie. W tabelach, przynależność gatunków do poszczególnych jednostek roślinności ustalono za W. Matuszkiewiczem (2001). Nazwy gatunków roślin naczyniowych przyjęto za Z. Mirkiem i in. (2002), nazwy mszaków za R. Ochyra i in. (2003), a porostów – za W. Fałtynowiczem (2003). Zasady systematyki fitosocjologicznej i identyfikacji zbiorowisk roślinnych przyjęto zgodnie z kierunkiem francusko-szwajcarskim, szkoły Zürich-Montpellier – Josiasa Brauna-Blanqueta. Syntaksonomię jednostek roślinności naturalnej przyjęto za W. Matuszkiewiczem (2001) i A. Czerwińskim (1995), uwzględniając w tym przypadku specyfikę roślinności terenów północno-wschodniej Polski. Do kodowania zbiorowisk roślinnych i gatunków roślin wymienionych w Załącznikach I i II Dyrektywy Rady 92/43/EWG zastosowano ujęcie J. Herbicha (2004).

W celu identyfikacji i klasyfikacji hierarchicznej zbioru zdjęć fitosocjologicznych badanych zbiorowisk roślinnych wykorzystano metody syntaksonomii numerycznej programu MVSP Plus ver. 3.1., w tym klasyfikacji hierarchicznej kumulacji (*Cluster Analysis*) i ordynacji (PCA). Wśród algorytmów klasyfikacyjnych wykorzystano metody aglomeracyjne (Kovach 1986-1993). Punktem wyjścia dla algorytmów klasyfikacyjnych jest macierz współczynników podobieństwa. Podobieństwo florystyczne między zdjęciami wyrażono w skali procentowej (Percent Similarity). Do grupowania wykorzystano metodę nieważonej pary-grupy z użyciem średnich arytmetycznych. Hierarchię klasyfikacyjną zbiorowisk uzyskaną za pomocą numerycznych metod klasyfikacji przedstawiono graficznie w postaci dendrogramów.

W ocenie walorów przyrodniczych szaty roślinnej badanych dolin rzecznych zastosowano metodę waloryzacji mokradeł i siedlisk hydrogenicznych J. Oświta (2000). W tym celu wykorzystano dziesięciopunktową skalę oceny walorów reprezentowanych przez poszczególne gatunki, którym przypisano odpowiednią liczbę punktów. Następnie, na podstawie klas waloryzacyjnych siedlisk mokradłowych, określono walory przyrodnicze i rangę zbiorowisk roślinnych z całego badanego obszaru dolin rzecznych.

W analizie czasowo-przestrzennej przemian szaty roślinnej i struktury krajobrazu badanych dolin rzecznych, z uwzględnieniem różnych form użytkowania terenu, wykorzystano archiwalne zdjęcia lotnicze, mapy topograficzne i arkusze ortofotomapy. Zmienność szaty roślinnej analizowano w latach 1966–2008 (w dolinie Płoski) i w latach 1966–2011 (w dolinie Czarnej), z wykorzystaniem zdjęć lotniczych z lat 1966 w skali 1:17 000, w skali 1:18 000 i 1982 w skali 1:25 000 (CODGiK, Warszawa) oraz arkuszy ortofotomapy z 2006 r. w skali 1:10 000 (Ministerstwo Środowiska, Warszawa). Wykorzystano również archiwalne mapy topograficzne w układzie współrzędnych „42” z 1969 r. w skali 1:50 000 (PPGK, Warszawa) oraz inne w układzie „65” z 1982 r. w skali 1:10 000, z 2006 r. w skali 1:25 000 i w układzie współrzędnych „92” z 2000 roku (OPGK, Białystok).

W analizie danych szaty roślinnej dolin rzecznych wykorzystano również oprogramowanie GIS (Geomedia Professional 6.1) i pakiet statystyczny Statistica 10. Na podstawie analiz przestrzennych budowano numeryczne mapy zasięgów zbiorowisk roślinnych oraz warstwy tematyczne ich walorów przyrodniczych w zależności od średniego wskaźnika waloryzacji czy zmienności czasowo-przestrzennej roślinności. Oprogramowanie statystyczne wykorzystano do określenia korelacji przestrzennej wskaźnika waloryzacji w zależności od odległości zbiorowisk roślinnych od koryta rzecznego. Danymi wejściowymi do analiz statystycznych są pomiary odległości punktów badawczych od koryta rzecznego w środowisku programu Geomedia.

Ocena zmienności szaty roślinnej w dolinach rzecznych Wysoczyzny Białostockiej

W badaniach dokonano oceny zmienności fitosocjologicznej, florystycznej i walorów przyrodniczych szaty roślinnej badanych fragmentów doliny Płoski, Śloi, Czarnej i Białej.

Wyniki badań terenowych

W dolinie Płoski stwierdzono występowanie 8 zbiorowisk roślinnych, należących do 5 klas fitosocjologicznych. W dolinie Śloi zidentyfikowano 20 zbiorowisk roślinnych z 8 klas (ryc. 2), a w dolinie Czarnej 12 zbiorowisk z 6 klas. Na terenie Białegostoku, w dolinie Białej przy ulicy Cz. Miłosa, stwierdzono występowanie 11 zbiorowisk roślinnych reprezentujących 5 klas fitosocjologicznych, a przy ulicy Sitarskiej w centrum miasta – 24 zbiorowiska z 6 klas. W zmienności szaty roślinnej badanych dolin rzecznych stwierdzono występowanie 5 cennych zbiorowisk leśnych wymienionych w Załączniku I Dyrektywy Rady 92/43/EWG. Na terenie kompleksu puszczańskiego są to dwa zbiorowiska łągowo-łąkowych, łągi jesionowo-olszowego *Fraxino-Alnetum* W. Mat. 1952 (kod 91E0-3, dolina Płoski, Czarnej) i łągi świerkowo-olszowego *Piceo-Alnetum* Sokoł. 1980 (kod 91E0-3, dolina Płoski, Śloi, Czarnej) reprezentującego formę północno-wschodnią (ryc. 2). W dolinie Płoski zidentyfikowano ponadto zbiorowisko borealnej świerczyny niżowej *Sphagno girgensohnii-Piceetum* Polak. 1962 (kod 91D0-5). Na terenie miasta Białegostoku, w dolinie Białej, są to także 2 zbiorowiska łąkowe – nadrzeczne łągi wierzbowego *Salicetum albo-fragilis* R.Tx. 1955 (kod 91E0-1) i nadrzeczne łągi topolowego *Populetum albae* Br.-Bl. 1931 (kod 91E0-2, tylko przy ul. Cz. Miłosa). Razem z cennymi zbiorowiskami leśnymi, w zmienności szaty roślinnej doliny Białej, tylko na terenie miasta, stwierdzono również występowanie 4 cennych zbiorowisk nieleśnych wymienionych w Załączniku I Dyrektywy Rady 92/43/EWG. Do grupy tej należą ziołorośla nadrzeczne *Urtico-Calystegietum sepium* Görs et Th. Müll. 1969 (kod 6430) oraz występujące w dolinie Białej, tylko przy ulicy Sitarskiej – niżowe łąki użytkowane ekstensywnie *Arrhenatheretum elatioris* Br.-Bl. ex Scherr. 1925 (kod 6510) oraz ziołorośla nadrzeczne *Calystegio-Angelicetum archangelicae litoralis* Pass. (1957) 1959 i *Calystegio-Epilobietum hirsuti* Hilbig, Heinrich et Nieman 1972 (kod 6430).

Waloryzacja przyrodnicza

Walory przyrodnicze szaty roślinnej wybranych fragmentów dolin rzecznych określone na podstawie waloryzacji siedlisk mokradlowych J. Oświata (2000) wykazały znaczne zróżnicowanie ze względu na dokonane przemiany antropogeniczne i zmiany w sposobie ich użytkowania. Mokradła doliny Płoski, w niewielkim stopniu przekształcone antropogenicznie i użytkowane rolniczo, reprezentują płaty roślinne o walorach umiarkowanych (klasa IV – zbiorowiska łąkowe), średnio umiarkowanych (klasa V – łąki wilgotne, ziołorośla połąkowe, zarośla łozowe, ols porzeczkowy i borealna świerczyna niżowa) i umiarkowanie dużych (klasa VI – zbiorowiska szuwarowe) (tab. 1). W dolinie Czarnej, płaty roślinne przekształcone antropogenicznie i użytkowane rolniczo, reprezentują obszary o umiarkowanych (klasy IV-VI) lub małych walorach (klasy I i III) (tab. 1). Umiarkowanie duże walory (klasa VI) stwierdzono dla szuwarów turzycowych, średnio umiarkowane (klasa V) określono dla zbiorowisk szuwarowych, a umiarkowane (klasa IV) – dla ziołorośli połąkowych oraz mokrych i wilgotnych łąk. W dolinie Czarnej, małe walory przyrodnicze (klasa III) stwierdzono dla porzuconych łąk z *Deschampsia caespitosa*, a bardzo małe (klasa I) – dla zbiorowisk łągowych (tab. 1).

W dolinie Białej, na terenie zurbanizowanym miasta stwierdzono najniższe walory przyrodnicze. Tylko jedno zbiorowisko – ziołorośla połąkowe – osiąga umiarkowane walory (klasa IV) i jedno – szuwarów trzcinowych – średnio umiarkowane (klasa V). Walory przyrodnicze pozostałych ocenionych zbiorowisk są małe (klasa I-III) (tab. 1).

W ocenie walorów przyrodniczych szaty roślinnej wybranych fragmentów dolin rzecznych uwzględniono również liczne stanowiska gatunków roślin naczyniowych i mchów objętych prawną ochroną ścisłą i ochroną częściową (Dz.U. Nr 168, poz. 1764) (ryc. 2).

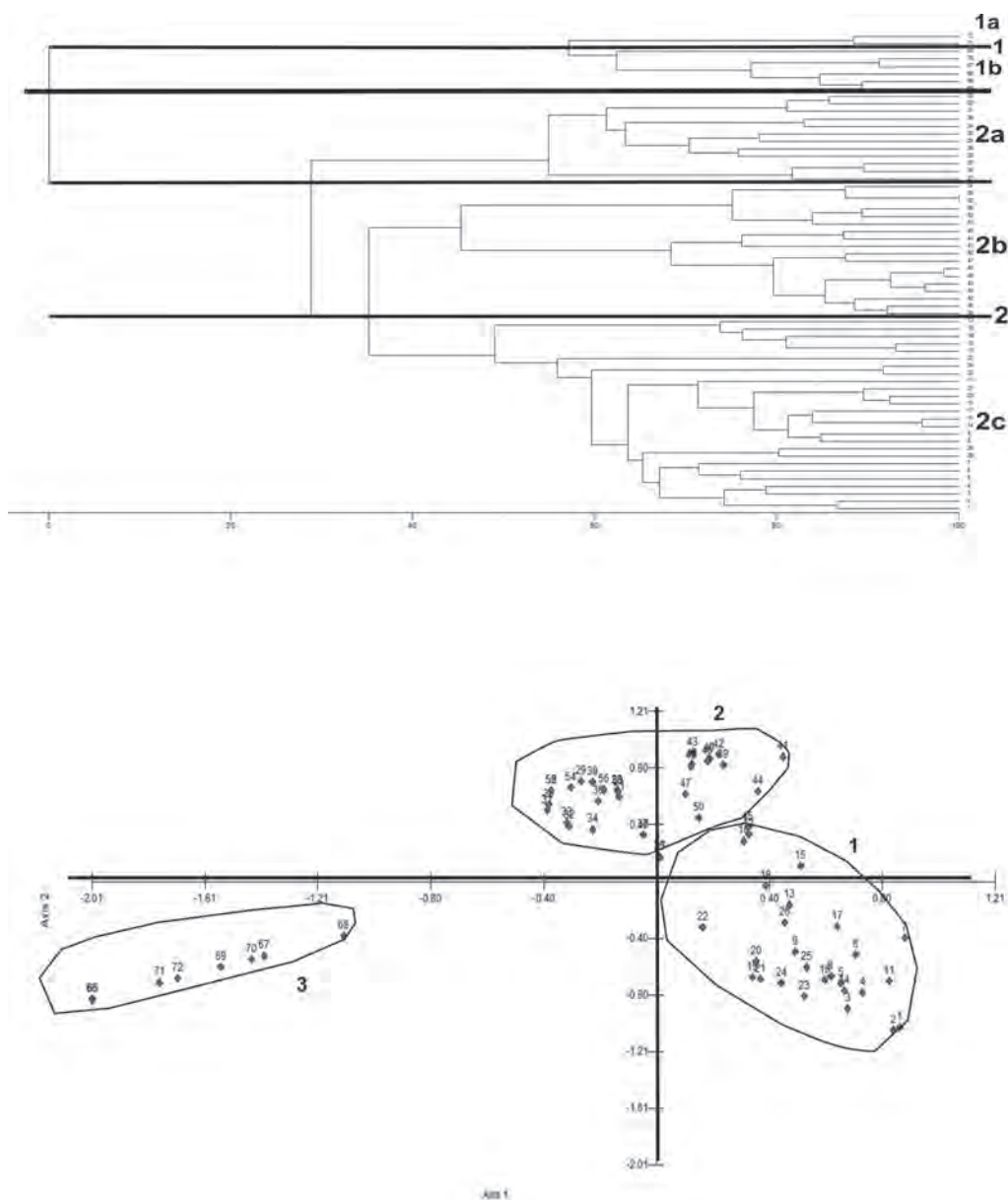
Tabela 1. Klasy waloryzacyjne zbiorowisk roślinnych w dolinie Płoski, Czarnej i Białej przy ulicy Cz. Miłosza (Łaska 2009, 2012, 2015, zmienione)

Table 1. Valorisation classes of plant communities in the Płoska, Czarna and Biała valleys, by the Cz. Miłosz street (Łaska 2009, 2012, 2015, modified)

Zbiorowiska roślinne	Klasa waloryzacyjna		Określenie walorów przyrodniczych	Średni wskaźnik waloryzacji
Roślinność doliny Płoski				
<i>Phragmitetum australis</i>	VI	B	umiarkowanie duże	3,2
<i>Sphagno girgensohnii-Piceetum</i>	V	B	średnio umiarkowane	2,9
<i>Lysimachio vulgaris-Filipenduletum</i>	V	B	średnio umiarkowane	2,8
<i>Salicetum pentadro-cinereae</i>	V	B	średnio umiarkowane	2,8
<i>Ribeso nigri-Alnetum</i>	V	B	średnio umiarkowane	2,8
<i>Angelico-Cirsietum oleracei</i>	V	B	średnio umiarkowane	2,7
<i>Fraxino-Alnetum, Piceo-Alnetum</i>	IV	B	umiarkowane	2,5
Roślinność doliny Czarnej				
<i>Caricetum appropinquatae</i>	VI	B	umiarkowanie duże	3,4
<i>Phragmitetum australis</i>	V	B	średnio umiarkowane	3,0
<i>Lysimachio vulgaris-Filipenduletum</i>	IV	B	umiarkowane	2,6
<i>Scirpetum silvatici</i>	IV	B	umiarkowane	2,6
<i>Caricetum acutiformis</i>	IV	B	umiarkowane	2,5
<i>Angelico-Cirsietum oleracei</i>	IV	B	umiarkowane	2,4
Zb, z <i>Deschampsia caespitosa</i>	III	A	małe	2,1
<i>Piceo-Alnetum</i>	I	A	bardzo małe	1,4
<i>Fraxino-Alnetum</i>	I	A	bardzo małe	1,3
Roślinność doliny Białej				
<i>Phragmitetum australis</i>	V	B	średnio umiarkowane	2,8
<i>Lythro-Filipenduletum ulmariae</i>	IV	B	umiarkowane	2,3
<i>Caricetum acutiformis</i>	III	A	małe	2,2
<i>Phalaridetum arundinaceae</i>	III	A	małe	2,0
<i>Urtico-Calystegietum sepium</i> facja z <i>Phalaris arundinacea</i>	II	A	średnio małe	1,8
<i>Alopecuretum pratensis</i>	II	A	średnio małe	1,5
Łęg wierzbowy z <i>Salix fragilis</i>	II	A	średnio małe	1,5
<i>Urtico-Aegopodietum podagrariae</i>	I	A	bardzo małe	1,4
<i>Convolvulo arvensis-Agropyretum repentis</i>	I	A	bardzo małe	1,3
<i>Echio-Mellilotetum</i>	I	A	bardzo małe	1,3
Łęg topolowy z kręgu <i>Populetum albae</i>	I	A	bardzo małe	1,2

Metody numeryczne, statystyczne i techniki GIS jako skuteczne narzędzia opracowania prac terenowych

Zidentyfikowane w badaniach terenowych płaty roślinne sklasyfikowano hierarchicznie metodami syntaksonomii numerycznej (*Cluster Analysis*), a analizy ordynacji PCA wykorzystano do uporządkowania punktów badawczych zgodnie z gradientem wilgotności siedlisk mokradłowych (ryc. 3). Wyniki klasyfikacji numerycznej wskazują na zróżnicowanie roślinności doliny Czarnej na dwie odrębne grupy: zbiorowiska leśne i nieleśne. Pierwszą grupę (1 – zdjęcia 65–72) reprezentują dwa cenne zbiorowiska leśne – łęg świerkowo-olszowy *Piceo-Alnetum* (1a) i niżowy łęg jesionowo-olszowy *Fraxino-Alnetum* (1b). Drugą grupę (2) reprezentują zbiorowiska nieleśne – szuwarowe, turzycowe i łąkowe – zróżnicowane na trzy podgrupy: 2a – szuwały wielkoturzycowe *Caricetum acutiformis* (zdjęcia 27–38), 2b – szuwały wielkoturzycowe *Caricetum appropinquatae* (zdjęcia 51–56) i szuwały trzcinowe *Phragmitetum australis* (zdjęcia 39–50) oraz 2c – wszystkie zbiorowiska łąkowe klasy *Molinio-Arrhenatheretea* (zdjęcia 1–26) (ryc. 3).



Ryc. 3. Klasyfikacja hierarchiczna metodami syntaksonomii numerycznej (*Cluster Analysis*) (a) i ordynacji *Principal Cluster Analysis* (PCA) (b) zbiorowisk roślinnych doliny Czarnej (Łaska 2015, zmienione):

Fig. 3. Cluster analysis performer with a method of numerical syntaxonomy (a) and *Principal Cluster Analysis* (PCA) (b) plant communities of the Czarna valley (Łaska 2015, modified):

Legenda a)

1. Grupa 1 – Zbiorowisko łągowe: 1a – *Piceo-Alnetum*; 1b – *Fraxino-Alnetum*
2. Grupa 2 – zbiorowiska szuwarowe, turzycowe, łągowe: 2a – *Ass. Caricetum acutiformis*; 2b – *Ass. Caricetum appropinquatae* i *Ass. Phragmitetum australis*; 2c – zbiorowiska klasy *Molinio-Arrhenatheretea*

Legenda b)

1. Grupa 1 – zbiorowiska łągowe klasy *Molinio-Arrhenatheretea*
2. Grupa 2 – zbiorowiska szuwarowe i turzycowe z klasy *Phragmitetea*
3. Grupa 3 – zbiorowiska leśne – łągowe *Fraxino-Alnetum* i *Piceo-Alnetum*

W analizie ordynacji PCA, gradient środowiskowy reprezentowany przez pierwszą oś ordynacyjną zinterpretowano jako gradient wilgotności siedlisk, gdyż zespoły *Phragmitetum australis*, *Caricetum acutiformis* i *Caricetum appropinquata* (grupa 2) występują najbliżej koryta rzeki. Grupa zlokalizowana po prawej stronie wykresu (grupa 1) osiąga największe wartości na osi 2 i reprezentują ją zbiorowiska łąkowe klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, a grupa (3) po lewej stronie wykresu skupia zbiorowiska leśne *Fraxino-Alnetum* i *Piceo-Alnetum*. Gradient środowiskowy reprezentowany przez drugą oś wskazuje na znaczne wewnętrzne zróżnicowanie badanych płatów roślinnych, uzależnione od różnej struktury zespołów i ich kompozycji florystycznej (ryc. 3).

W analizie statystycznej, na podstawie dokonanej korelacji porządku rang Spearmana, wykazano istotną korelację zmniejszania się średniego wskaźnika waloryzacyjnego poszczególnych płatów roślinnych wraz ze wzrostem odległości od koryta rzecznej. Współczynnik korelacji w dolinie Białej wynosi $-0,49$, a w dolinie Czarnej $-0,52$ (tab. 2).

Tabela 2. Korelacja porządku rang Spearmana wykazująca zależność zmniejszania się wskaźnika waloryzacyjnego poszczególnych płatów roślinnych wraz ze wzrostem odległości od koryta rzecznej (poziom istotności $\alpha=0.05$).

Współczynnik korelacji: a) w dolinie Białej $-0,49$, b) w dolinie Czarnej $-0,52$

Table 2. Spearman's rank correlation which shows relationship between reduction of the valorisation index of particular vegetation patches and increase of their distance from the river bed (significance level $\alpha=0.05$ _Correlation index: a) in the Biała valle -0.49 , b) in the Czarna valley -0.52

Zmienna	Korelacja porządku rang Spearmana Oznaczone współczynniki korelacji są istotne z $p < 0,05000$			
	Odległość od koryta rzeki	Średni wskaźnik waloryzacji	Zbiorowisko	Numer zdjęcia
a) Dolina Białej				
Odległość od koryta rzeki	1,000000	$-0,489923$	0,699843	0,629111
Średni wskaźnik waloryzacji	$-0,489923$	1,000000	$-0,419235$	$-0,606362$
Zbiorowisko	0,699843	$-0,419235$	1,000000	0,682611
Numer zdjęcia	0,629111	$-0,606362$	0,682611	1,000000
b) Dolina Czarnej				
Odległość od koryta rzeki	1,000000	$-0,518931$	$-0,666332$	$-0,646898$
Średni wskaźnik waloryzacji	$-0,518931$	1,000000	0,116516	0,099817
Zbiorowisko	$-0,666332$	0,116516	1,000000	0,980585
Numer zdjęcia	$-0,646898$	0,099817	0,980585	1,000000

W analizie czasowo-przestrzennej przemian roślinności i struktury krajobrazu dolin rzecznych, z uwzględnieniem zmiany form ich użytkowania, za pomocą narzędzi GIS określono zmiany wielkości powierzchni i zasięgu występowania zidentyfikowanych zbiorowisk roślinnych, stwierdzając w jakim kierunku następują procesy dynamiczne roślinności (ryc. 4). W dolinie Czarnej, w latach 1966–2011 stwierdzono, że powierzchnia zbiorowisk leśnych na wilgotnych siedliskach, w procesie sukcesji wtórnej, zwiększyła się o $0,16 \text{ km}^2$, co stanowi wzrost o 27% w stosunku do powierzchni $0,4406 \text{ km}^2$ z 1966 roku (ryc. 5). Tendencje dynamiczne określone w badanych dolinach Płoski, Słoi, Czarnej i Białej wykazały, że zachodzące przemiany antropogeniczne roślinności związane ze zmianami w sposobie użytkowania terenu wynikają z zaniechania koszenia użytków zielonych i dokonanej w przeszłości zmiany stosunków wodnych (melioracje). Zaniechanie użytkowania w badanych dolinach rzecznych powoduje kształtowanie się ziołorośli połąkowych, a w dalszym etapie sukcesji wtórnej – zarośli wierzbowych i następnie, zespołów łąkowych (Dembek 2002; Kozłowska 2005; Kryszak i in. 2006; Łaska 2008, 2009, 2012, 2015).

Fragment doliny Płoski

1966 rok



0 170 m

2008 rok




0 170 m




Legenda:

 **Fragment rzeki Płoski**
1966 rok

 Zbiorowiska nieleśne

 Zbiorowiska leśne

 Rowy melioracyjne

2008 rok

 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.

Ryc. 4. Analiza czasowo-przestrzenna przemian roślinności w dolinie Płoski, w latach 1966–2008 (Łaska 2009, zmienione); Fig 4. Temporal and spatial analysis of the vegetation changes in the Płoska valley, in 1966–2008 (Łaska 2009, modified): 1. Niżowe łąki wilgotne użytkowane ekstensywnie – *Angelico-Cirsietum oleracei* R.Tx. 1937 em. Oberd. 1967; 2. Ziolorośla połąkowe – *Lysimachio vulgaris-Filipenduletum* Bal.-Tul. 1978; 3. Zbiorowiska szuwarów trzcinowych – *Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939; 4. Zarośla łozowe – *Salicetum pentadro-cinereae* (Almq. 1929) Pass. 1961; 5. Zbiorowiska łąkowe – *Fraxino-Alnetum* W.Mat 1955 i *Piceo-Alnetum* Sokol. 1980; 6. Ols porzeczkowy – *Ribeso nigri-Alnetum* Sol.-Görn. (1975) 1987; 7. Borealna świerczyna na torfie – *Sphagno girgensohnii-Piceetum* Polak. 1962; 8. Rowy melioracyjne.

Literatura

- Brunetta G., Voghera A. 2008. Evaluating Landscape for Shared Values: Tools, Principles, and Methods. *Landscape Research* 33 (1), s. 71–87.
- Czępińska-Kamińska D. 2002. Rozpoznawanie i ocena wartości zasobów przyrodniczych na podstawie gleb. W: *Ocena i wycena zasobów przyrodniczych*. Szyszko J., Rylke J., Jeżowski (red.). Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 84–96.
- Czerwiński, A. 1995. Geobotanika w ochronie środowiska lasów Podlasia i Mazur. Wydaw. Politechniki Białostockiej, Białystok, s. 345.
- Dembek W. 2002. Problemy ochrony i restytucji mokradeł w Polsce. *Inżynieria Ekologiczna – Ekoinżynieria dla Ekorozwoju* 6, s. 65–68.
- Dembek W., Grzyb M., Mikułowski M. 2002. Łąki i lasy w dolinach – nowe zagrożenia i szanse. *Post. Nauk Rol.* 3, s. 87–119.
- Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych dzięki fauny i flory.
- Faliński J. B. 1990. Kartografia geobotaniczna. Cz. 2. Kartografia fitosocjologiczna. Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych, Warszawa–Wrocław, s. 283.
- Fałtynowicz, W. 2003. The lichens, lichenicolous and allied fungi of Poland. Annotated checklist. *Polish Academy of Sciences, Kraków*, s. 435.
- Ferrari C., Pezzi G., Diani L., Corazza M. 2008. Evaluating landscape quality with vegetation naturalness maps: an index and some inferences. *Applied Vegetation Science* 11, s. 243–250.
- Gamrat R., Burczyk P. 2007. Zbiorowiska roślinne doliny Warty na odcinku Santok–Stare Polichno. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 2 (20), s. 127–136.
- Gamrat R., Kochanowska R., Niedźwiedzki E. 2010. Zróżnicowanie warunków siedliskowych i zbiorowisk roślinnych w dolinie Iny w okolicach Sowna. Część III. Zróżnicowanie zbiorowisk łąkowych na tle warunków glebowych. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 1 (29), s. 157–165.
- Górniak A., Jekatierynczuk-Rudczyk E. 1995. Stosunki wodne regionu Puszcza Knyszyńska. W: *Puszcza Knyszyńska – Monografia przyrodnicza*. Czerwiński A. (red.). Zespół Parków Krajobrazowych w Supraślu, Supraśl, s. 49–71.
- Grzelak M., Janyszek M., Kaczmarek Z., Bocian T. 2008. Kształtowanie się różnorodności zbiorowisk szuwarowych z klasy Phragmitetea pod wpływem warunków siedliskowych. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 1 (22), s. 99–108.
- Herbich J. (red.) 2004. *Poradnik ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręczniki metodyczne*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Jeżowski P. 2002. Metoda deklarowanych preferencji na tle metod analizy i wyceny wartości ekologicznych. W: *Ocena i wycena zasobów przyrodniczych*. Szyszko J., Rylke J., Jeżowski P. (red.). Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 237–252.
- Kamiński J., 2008. Zróżnicowanie florystyczne i walory przyrodnicze łąk 2-kośnych na zagospodarowanym torfowisku w zależności od warunków wilgotnościowych. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 2 (23), s. 87–104.
- Klimaszewski K. 2007. Fauna. W: *Inwentaryzacja i waloryzacja przyrodnicza*. Obidziński A., Żelazo J. (red.). Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 65–95.
- Kotowski W. 2002. Wartości przyrodnicze fitocenoz siedlisk rolniczych w dolinach rzecznych. W: *Aktualne problemy ochrony mokradeł: walory przyrodnicze mokradeł a ich rolnicze użytkowanie*. Dembek W. (red.). IMUZ, Falenty, s. 43–61.
- Kovach L. W. 1986–1993. *MVSP Plus, version 3.1. Users' Manual*. Kovach Computing Services Pentraeth, Wales U.K., s. 55.

- Kozłowska T. 2002. Przeobrażenia siedlisk zbiorowisk łąkowych na obszarach źródliskowych. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 1 (4), s. 77–87.
- Kozłowska T. 2005. Zmiany zbiorowisk łąkowych na tle różnicowania się warunków siedliskowych w charakterystycznych obszarach dolin rzecznych Polski Centralnej. *IMUZ, Falenty*, s. 170.
- Kryszak A., Grynia M., Kryszak J., Będziński M., Grzelak M. 2004. Zmiany różnorodności florystycznej nadwarciańskich łąk zalewanych. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 1 (10), s. 209–218.
- Kryszak A., Kryszak J., Grynia M., Czernko M. 2006. Dynamika zmian różnorodności florystycznej zbiorowisk trawiastych doliny Obry. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 1 (16), s. 229–237.
- Kryszak A., Kryszak J. 2007. Użytkowanie a walory przyrodnicze zbiorowisk łąkowych. *Fr. Agron.* 3, s. 258–267.
- Kryszak J., Grynia M. 2005. Zbiorowiska trawiaste siedlisk nadmiernie uwilgotnionych w dolinach rzecznych. *Łąkarstwo w Polsce* 8, s. 97–106.
- Łaska G. 2006. Tendencje dynamiczne zbiorowisk zastępczych w Puszczy Knyszyńskiej. *Bogucki Wyd. Nauk., Białystok–Poznań*, s. 500.
- Łaska G. 2008. Plant communities in wetland habitats in the Knyszyńska Forest – present state and anthropogenic transformations in the GIS approach. *Polish Journal Environmental Studies* 15, s. 207–214.
- Łaska G. 2009. Zbiorowiska roślinne siedlisk mokradłowych w Dolinie Płoski – ocena aktualnego stanu w zależności od różnych form użytkowania. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 4 (28), s. 141–162.
- Łaska G. 2012. Różnorodność i walory przyrodnicze zbiorowisk mokradłowych w dolinie Białej, w centrum Białegostoku. *Inżynieria Ekologiczna* 29, s. 87–98.
- Łaska G. 2015. The use of digital and numerical methods in the analysis of time and space of the transformation and renewal of the vegetation in the Czarna Valley. *Polish Journal Environmental Studies* (in press).
- Mahon J. R., Miller R. W. 2003. Identifying high-value greenspace prior to land development. *Journal of Arboriculture* 29 (1), s. 25–33.
- Malinowski J. (red.) 1971. Mapa geologiczna Polski, A – Mapa utworów powierzchniowych, ark. Białystok 1:200 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Masuyama T., Yamamoto T., Hara K., Yasuda Y. 2004. GIS approach to landscape evaluation based on small watershed units. *ISPRS Archives*, t. 35, część B7.
- Matuszkiewicz W. 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN, Warszawa, s. 537.
- Matysiak A., Dembek W. 2006. Różnorodność florystyczna zbiorowisk roślinnych na wybranych terenach porolnych Kampinowskiego Parku Narodowego. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 2 (18), s. 231–254.
- Miejski System Informacji Przestrzennej. Urząd Miejski w Białymstoku, <http://gisbialystok.pl> [dostęp: 23.10.2015].
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A., Zając M. 2002. Flowering Plants and Pteridophytes of Poland. A Checklist. Polish Academy of Sciences, Kraków, s. 442.
- Nowicki A. J. 1971. Mapa podstawowa 1:50 000, arkusz Białystok (N-34-107A-D: Wasilków, Supraśl, Białystok, Zabłudów; N-34-108A-D: Wierzchlesie, Krynki, Gródek, Bobrowniki). W: Mapa geologiczna Polski, A – Mapa utworów powierzchniowych, ark. Białystok: 1971. Malinowski, J. (red.). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Obidziński A., Lesiński G. 2007. Waloryzacja przyrodnicza. W: *Inwentaryzacja i waloryzacja przyrodnicza: 2007*. Obidziński A., Żelazo J. (red.). Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 106–109.
- Oświt J. 2000. Metoda przyrodniczej waloryzacji mokradel i wyniki jej zastosowania na wybranych obiektach. *IMIUZ, Falenty*, s. 35.
- Pawłaczyk P., Jermaczek A. 2000. Poradnik lokalnej ochrony przyrody. Wydawnictwo Lubuskiego Klubu Przyrodników, Świebodzin, s. 287.

- Piórkowski H. 2002. Kształtowanie szaty roślinnej, warunków siedliskowych i struktury przestrzennej krajobrazu doliny dolnej Pilicy pod wpływem antropopresji. W: Aktualne problemy ochrony mokradeł: walory przyrodnicze mokradeł a ich rolnicze użytkowanie. Dembek W. (red.). IMUZ, Falenty, s. 12–42.
- Rembiałkowska E., Lesiński G. 2007. Krajobraz. W: Inwentaryzacja i waloryzacja przyrodnicza. Obidziński A., Żelazo J. (red.). Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 95–106.
- Richling A., Malinowska E., Wolski P. 2004. Walory i zasady ochrony krajobrazu. W: Kotlina Biebrzańska i Biebrzański Park Narodowy. Banaszuk, H. (red.). Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok, s. 337–342.
- Schwickerath M. 1954. Die Landschaft und ihre Wandlung auf geobotanischer Grundlage entwickelt und erläutert im Bereich des Messtichblattes Stolberg. Aachen, s. 128.
- Starkel L. (red.) 1980. Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Polski w skali 1:500 000. Inst. Geogr. PAN, Warszawa.
- Szyszek J., Rylke J., Jeżewski P., Dymitryszyn I. 2010. Ocena i wycena zasobów przyrodniczych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 411.
- Tyszewski S., Kardel I. 2009. Studium hydrograficzne doliny rzeki Białej z wytycznymi do zagospodarowania rekreacyjno-wypoczynkowego i elementami małej retencji, Urząd Miejski w Białymstoku, s. 176.
- Uuemaa E., Antrop M., Roosare J., Marja R., Mander U. 2009. Landscape Metrics and Indices: An Overview of Their Use in Landscape Research, *Living Rev. Landscape Res.* 3 (1).
- Wysocki C., Sikorski P. 2002. Ocena środowiska przyrodniczego na poziomie krajobrazowym. W: Ocena i wycena zasobów przyrodniczych. Szyszek J., Rylke J., Jeżewski P. (red.). Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 112–117.
- Żarska B. 2005. Ochrona krajobrazu. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 252.