

Lucyna Warot, Tomasz Załuski, Agnieszka Piernik, Andrzej Nienartowicz,
Regina Pisarek, Joanna Grzelka, Jadwiga Grabowska, Mieczysław Kunz

*Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Wydział Biologii i Nauk o Ziemi*

RÓŻNORODNOŚĆ EKOLOGICZNA KRAJOBRAZU W DOLINIE RZĘKI ZGŁOWIĄCZKI

Ecological landscape diversity in the river Zgłowiączka valley (Kujawy, Central Poland)

Przedmiotem badań były zależności pomiędzy różnorodnością ekologiczną a gradientami wilgotności, zasolenia podłoża i gospodarczej działalności człowieka w wybranym fragmencie doliny rzeki Zgłowiączki na Kujawach. Analizę struktury krajobrazu przeprowadzono w oparciu o numeryczną mapę roślinności w skali 1:10 000 oraz badania fitosocjologiczne. Fragment badanej doliny obejmował rzekę, słone źródło i różne typy zbiorowisk roślinnych. Największą powierzchnię zajmowały niehalofilne zbiorowiska łąkowe (25,53 ha), pola orne (24,42 ha), zadrzewienia (12,24 ha) i łąki halofilne (1,80 ha). Łącznie na badanej powierzchni wyróżniono 76 jednostek syntaksonomicznych. Według stopnia synantropizacji roślinności największą powierzchnię zajmowała roślinność na wpół naturalna (29,31 ha), następnie roślinność synantropijna (28,74 ha) i naturalna (4,25 ha). Różnorodność ekologiczną doliny Zgłowiączki określano na poziomach alfa, beta i gamma (*sensu* Whittaker, 1977). Średnia liczba gatunków w zdjęciu fitosocjologicznym (α -diversity) wynosiła od trzech w *Ceratophylletum demersi* do 45 w *Caricetum gracilis*. Heterogenność krajobrazu i różnorodność gatunkową na poziomie beta obliczono bazując na analizach transektów w terenie i na mapie numerycznej. Największą heterogenność stwierdzono wzdłuż transektu wytyczonego wzdłuż doliny. Różnorodność krajobrazu na poziomie gamma wyrażono liczbą gatunków występujących w dolinie rzeki. Na badanym terenie stwierdzono występowanie 324 gatunków roślin naczyniowych, glonów z pięciu rodzajów, dwóch gatunków porostów i 17 gatunków mszaków.

1. WPROWADZENIE

Spośród wyróżnianych poziomów organizacji naszej biosfery szczególne zainteresowanie wzbudza krajobraz. Wynika to z faktu, że jest on układem ekologicznym, w którym poprzez sterowanie wielkością, strukturą i rozmieszczeniem przestrzennym ekosystemów kanalizować można drogi przepływu energii i obiegu materii tak, aby zapobiec degradacji środowiska

przyrodniczego i zapewnić ciągle odnawianie zasobów naturalnych (Ryszkowski, 1979,1984).

Spośród szeregu cech krajobrazu do najczęściej badanych należy zróżnicowanie przestrzenne jego szaty roślinnej. Jest ono wynikiem działania czynników naturalnych, takich jak budowa geologiczna, geomorfologia terenu, sieć wodna, głębokość zalegania wód podziemnych oraz właściwości fizyczne i chemiczne gleb. Na czynniki te nakłada się działalność gospodarza człowieka, który poprzez użytkowanie ekosystemów wprowadza modyfikacje naturalnej struktury krajobrazu. Heterogenność krajobrazu wchodzi w zakres problematyki różnorodności biologicznej, zagadnienia intensywnie badanego poprzez współczesną ekologię. Różnorodność biologiczną można rozpatrywać na 3 poziomach organizacji biosfery: ponadorganizmalnym, gatunkowym i genowym. Dla utrzymania globalnej równowagi ekologicznej potrzebna jest ocena różnorodności biotycznej odnoszącej się do wszystkich poziomów organizacyjnych hierarchicznego systemu biosfery. Ocenę różnorodności na poszczególnych poziomach organizacji roślinności oraz metody jej wyrażania zaproponował Whittaker (1977). Pojęcia te wyrażają tzw. „zasoby różnorodności” (α , γ , ε - *diversity*) bądź też „zmiennność przestrzenną” różnorodności (β , δ - *diversity*).

α -*diversity* oznacza liczbę taksonów i ich strukturę dominacji obserwowaną na próbie powierzchniowej, reprezentatywnej dla zbiorowiska. Tak zdefiniowane pojęcie wyraża więc różnorodność wewnątrz-siedliskową (*within-habitat diversity*). Natomiast γ -*diversity* oznacza bogactwo gatunkowe krajobrazu lub zbioru prób reprezentujących więcej niż jeden rodzaj zbiorowiska. Jest to tzw. różnorodność krajobrazowa (*landscape diversity*). Ostatnie z wymienionych pojęć - ε -*diversity* stosowany jest dla dużych regionów geograficznych zawierających różne typy krajobrazu. Na tak pojmowaną różnorodność stosowany jest też termin *regional diversity*.

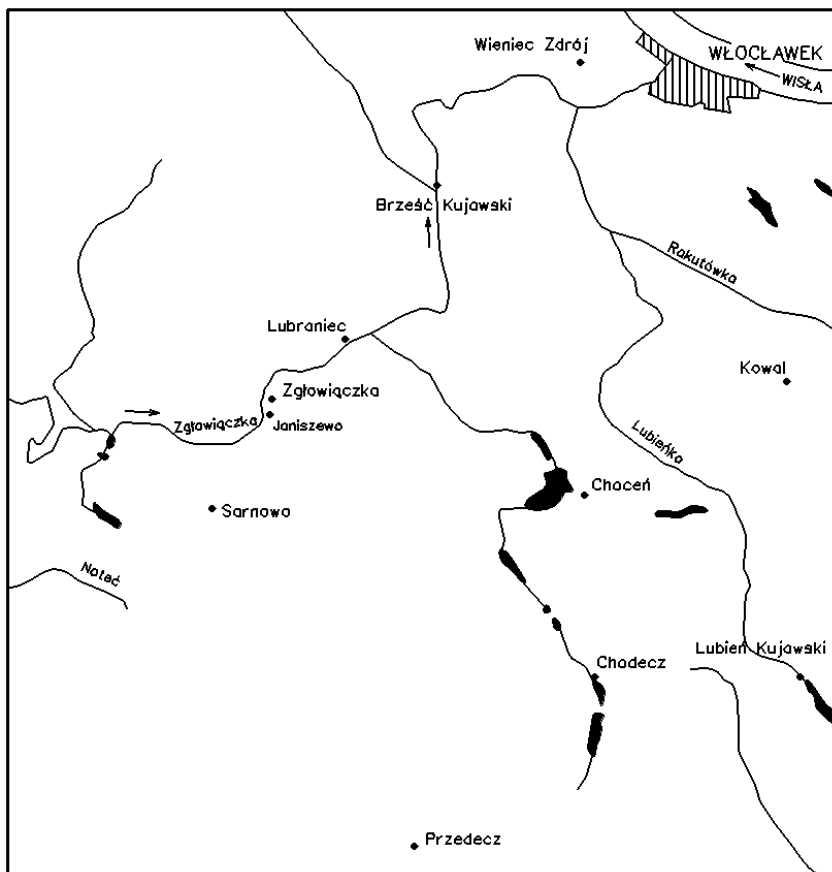
Zmiennność przestrzenną różnorodności wyrażają β i δ -*diversity*. Pierwsze pojęcie oznacza zmiany wewnętrzne pomiędzy częściami tego samego zbiorowiska i bywa też określane terminem *pattern diversity*. Symbolu β -*diversity* Whittaker (1977) używa też na określenie zmiany różnorodności gatunkowej wzdłuż gradientu siedliskowego pomiędzy różnymi zbiorowiskami lub krajobrazami (*różnorodność pomiędzy-siedliskowa* lub *between-habitat landscape diversity*). Pod pojęciem δ -*diversity* rozumie się natomiast zmiany występowania gatunków na dużym obszarze wzdłuż gradientu klimatycznego lub pomiędzy regionami geograficznymi. Jest to więc zróżnicowanie geograficzne lub *geographic differentiation*.

Niniejsza praca przedstawia różnorodność szaty roślinnej wybranego odcinka rzeki Zgłowiączki na Kujawach. Głównymi czynnikami ekologicznymi wpływającymi na rozmieszczenie fitocenoz są tu naturalne gradienty wilgotności oraz zasolenia gleb. Ten ostatni czynnik został zmodyfikowany działalnością ludzką polegającą na eksploatacji solanki w XIX i na początku XX wieku. Duży wpływ na strukturę roślinności badanego obszaru wywiera ponadto działalność gospodarza, przede wszystkim rolnicze użytkowanie gleb.

2. TEREN BADAŃ

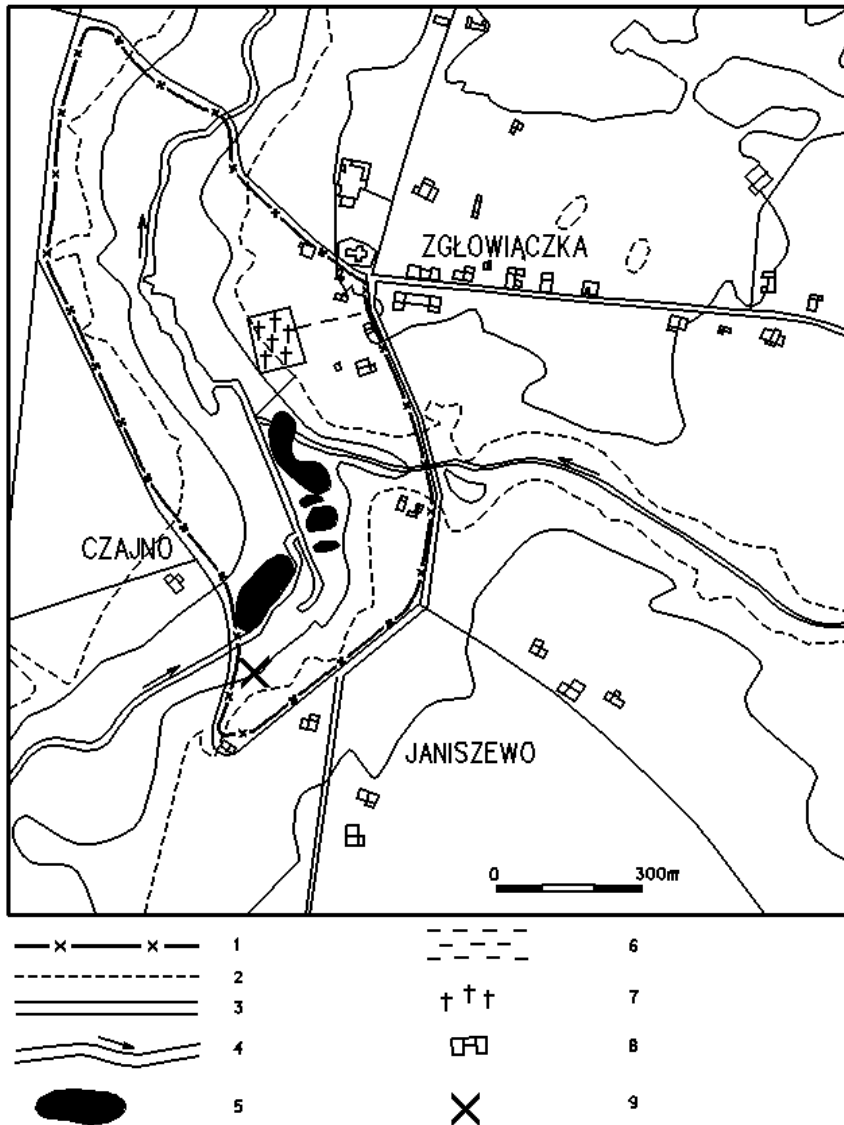
Obszar na którym przeprowadzono badania nad strukturą krajobrazu znajduje się na terenie historycznej dzielnicy Polski Kujaw. Według regionalizacji fizyczno-geograficznej Kondrackiego (1981) jest to makroregion Pojezierze Wielkopolskie, mezoregion Pojezierze Kujawskie. Pod względem geobotanicznym jest to Poddział Wielkich Dolin, Kraina Wielkopolsko-Kujawska, Okręg Kujawski (Szafer i Zarzycki, 1972). Obszar Kujaw należy do terenów o najniższej rocznej sumie opadów w Polsce. Według danych Zakładu Klimatologii Instytutu Geografii UMK średni opad roczny zanotowany w Izbicy Kujawskiej wynosił 517 mm w czterdziestoleciu 1951–1990 i 498 mm w latach 1981–1990. Natomiast średnia roczna temperatura powietrza zanotowana w mieście Koło wyniosła w tym samym czasie 7,9°C i 8,3°C.

Rzeka Zgłowiączka nad którą prowadzono obserwacje jest największym lewobrzeżnym dopływem Wisły biorącym początek z Kanału Głuszyńskiego i odprowadzającym wody z Wysoczyzny Kujawskiej i Pradoliny Wisły (rys. 1).



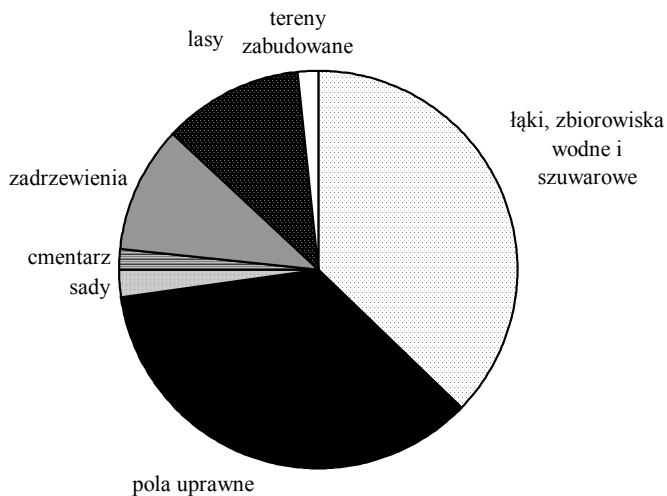
Rys. 1. Położenie rzeki Zgłowiączki we wschodniej części Kujaw

Lewobrzeżne dopływy Zgłowiączki to: Struga Bachorska, Bachorka, prawobrzeżne: Kocięca, Chodeczka, Lubieńka z Rakutówką. Do Wisły Zgłowiączka wpada we Włocławku, osiągając długość 79 km. Badany teren znajduje się na ok. 44 km rzeki rozciągając się pomiędzy miejscowościami Janiszewo i Zgłowiączka na długości około 1,5 km i szerokości 1 km (rys. 2).



Rys. 2. Mapa okolic wsi Janiszewo i Zgłowiączka
(1 – granica obszaru badań, 2 – granica wysoczyzny, 3 – drogi, 4 – cieki, 5 – solniska, 6 - mokradła, 7 – cmentarz, 8 – zabudowania, 9 – dawny odwiert solanki)

Badany fragment doliny Zgłowiączki zajmuje obszar 62,30 ha. Obejmuje rzekę, przylegające do niej łąki i pastwiska, pola uprawne, las sosnowy i liczne nasadzenia drzew. Znajduje się tu również cmentarz, grodzisko oraz słone źródło, które w przeszłości było eksploatowane, a obecnie nie spełnia żadnych funkcji użytkowych. Krajobraz jest typowo rolniczy, obejmuje siedem zabudowań gospodarczych rozmieszczonych głównie po stronie wschodniej i południowej badanego terenu. Rolnicy uprawiają zboża, rośliny okopowe, pastewne i strączkowe. Łąki są koszone kilka razy w ciągu roku w okresie letnim, o ile nie utrudniają tego wody roztopowe i podeszczowe. Zgłowiączka charakteryzuje się bowiem dwoma okresami wezbrań: wiosennym i letnim. Oprócz uprawy pól rolnicy zajmują się hodowlą zwierząt. W warunkach prowadzonej tu działalności gospodarczej struktura użytkowania terenu przedstawia się następująco: łąki, zbiorowiska wodne i szuwarowe zajmują 40,98%, pola uprawne 39,21%, sady i ogrody 1,53%, cmentarz 1,29%, zadrzewienia 6,94%, lasy 7,96%, tereny zabudowane 1,09% powierzchni (rys. 3).



Rys. 3. Użytkowanie terenu w dolinie Zgłowiączki

Na badanym terenie występuje znaczna różnorodność zbiorowisk roślinnych, wśród których na szczególną uwagę zasługują łąki halofilne. Dawniej badania nad halofitami w dolinie Zgłowiączki prowadzili Kobendza (1922) i Wilkoń-Michalska (1963). W latach 1991-1994 prowadzili tu obserwacje przyrodnicze ekolodzy i floryści z Instytutu Biologii i Ochrony Środowiska UMK w ramach grantu KBN 6 0404 91 01 pt. „Funkcjonowanie ekosystemów w warunkach zasolenia podłoża”. Obecnie badania te są kontynuowane w ramach grantu KBN 6 P04F 03217 pt.

”Historyczne i współczesne tendencje rozwojowe halofitów na stanowiskach śródlądowych”.

Kobendza (1922) stwierdził występowanie na tym terenie 4 gatunków halofitów fakultatywnych, Wilkoń-Michalska (1963) bogactwo tej grupy roślin oceniła na dziesięć. W ostatnim okresie zanotowano tu 7 gatunków słonolubnych z tej grupy roślin. Halofitów indyferentnych zanotowano w tych okresach odpowiednio: 4, 16, 17. Natomiast skład gatunkowy halofitów obligatorycznych na przestrzeni ponad siedemdziesięciu lat nie uległ większym zmianom.

Znaczne różnice zanotowano w ilościowości gatunków tej grupy roślin. We wszystkich omawianych opracowaniach z halofitów obligatorycznych wymieniane są: *Atriplex hastata* var. *salina*, *Glaux maritima*, *Spergularia marina*, *Triglochin maritima*. O ile jednak *Glaux maritima* i *Triglochin maritima* w opracowaniu Wilkoń-Michalskiej (1963) i w badaniach przeprowadzonych w ostatnim czasie określone zostały jako panujące na znacznym obszarze łąk, o tyle w badaniach Kobendzy (1922) uznane zostały za rzadkie. Z halofitów fakultatywnych w opracowaniu florystycznym okolic Zgłowiączki z lat dwudziestych nie występowały: *Puccinellia distans*, *Carex distans*, *Festuca arundinacea*, *Scirpus maritimus* ssp. *tabernaemontani*. Wyraźnym zmianom uległa też powierzchnia zajmowana przez *Phragmites australis*. Ostatnio gatunek ten opanował znaczny obszar. Autorzy poprzednich opracowań (Kobendza, 1922, Wilkoń-Michalska, 1963) nie odnotowali tak obfitego występowania tego gatunku na całej powierzchni badanego terenu.

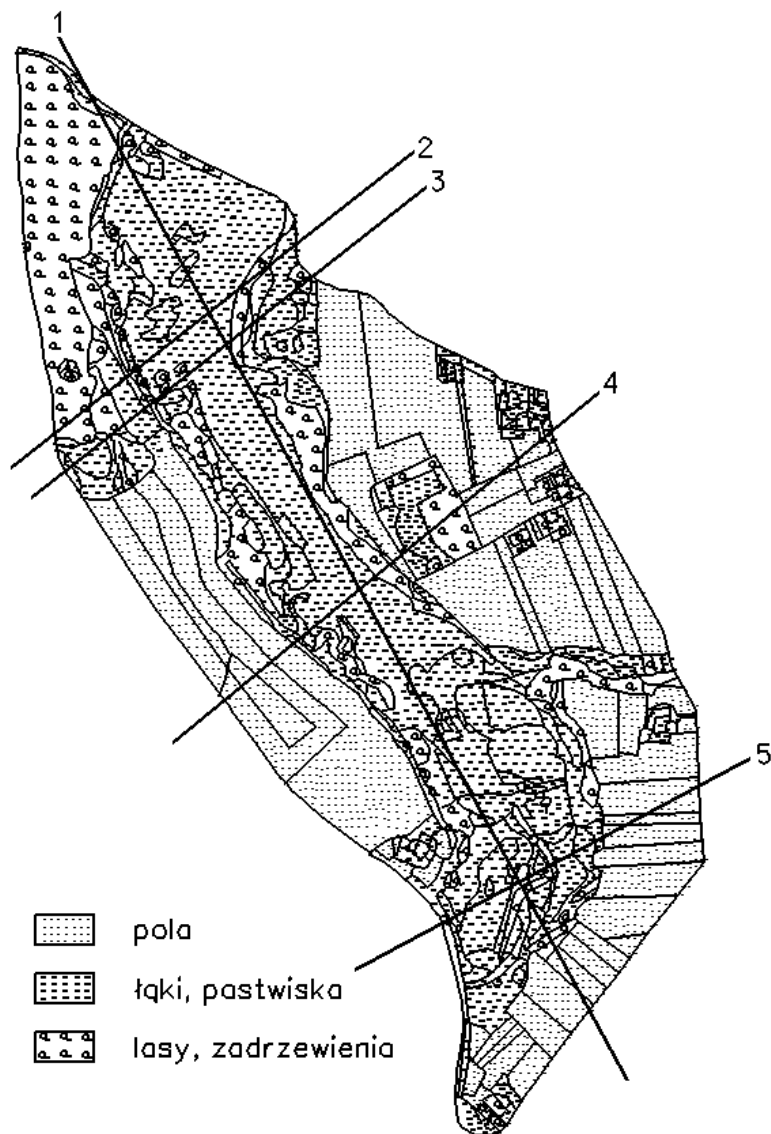
3. METODY BADAŃ

W przeprowadzonych badaniach różnorodność ekologiczną doliny Zgłowiączki określono na poziomie α , γ i *between habitat landscape diversity*.

Analizę struktury krajobrazu przeprowadzono w oparciu o mapę roślinności rzeczywistej (skala 1:10 000) i opracowania fitosocjologiczne rejonu Zgłowiączki. Na sporządzaną mapę nanoszono płyty roślinności nie mniejsze niż 0,01ha. Płyty mniejsze (o powierzchni zbyt małej by można je było zaznaczyć na mapie) włączono do wyższych jednostek syntaksonomicznych lub do równorzędnych syntaksonów o podobnym składzie fitosocjologicznym. Przy wykonywaniu szkicu mapy wykorzystywano zdjęcia lotnicze badanego terenu.

Podstawą wyróżnienia poszczególnych syntaksonów była obserwacja i analiza fitosocjologiczna szaty roślinnej na badanym obszarze. Zdjęcia fitosocjologiczne wykonywano metodą Braun-Blanqueta. Łącznie wykonano 152 zdjęcia, z których 130 zestawiono w tabelę fitosocjologiczną zamieszczoną w odrębnym opracowaniu.

Na podstawie sporządzonego szkicu terenu wykonano mapę numeryczną roślinności rzeczywistej przy użyciu programów IRAS i MicroStation firmy Intergraph/Bentley (rys. 4). Na odrębnych warstwach informacyjnych (*levels*) umieszczono płyty roślinności, sieć hydrograficzną, drogi, zabudowania oraz rozmieszczenie zdjęć fitosocjologicznych i transektów. Korzystając z programu MicroStation obliczono z mapy powierzchnię badanego terenu i płatów roślinnych składających się na tzw. „teksturę” krajobrazu.



Rys. 4. Heterogenność krajobrazu w dolinie rzeki Zgłowiączki

Różnorodność gatunkową fitocenoz (α -diversity) wyrażono liczbą gatunków oraz za pomocą wzoru Shannona-Wienera:

$$H' = -\sum_{i=1}^n n_i/N \log n_i/N$$

W powyższym wzorze n_i oznacza ilościowość i -tego gatunku w zdjęciu, N sumę współczynników pokrycia wszystkich gatunków, zaś s liczbę taksonów w zdjęciu fitosocjologicznym. Na podstawie różnorodności obliczonej wzorem Shannona obliczono równocześnie zdjęć korzystając ze wzoru:

$$e = H/H_{max} = H/\log s$$

przy czym H_{max} oznacza różnorodność gatunkową osiąganą przez zdjęcie przy założeniu, że występujące w nim gatunki mają jednakową wartość współczynników pokrycia. Obliczenia wykonano przy pomocy programu MVSP (Kovach, 1993). Przy wprowadzaniu danych do pamięci komputera dokonywano konwersji współczynników pokrycia w skali Braun-Blanqueta na następujące odpowiedniki liczbowe: r-1, + -2, 1-3, 2-5, 3-7, 4-8, 5-9 (Janssen, 1975; van der Maarel, 1979). W obliczeniach zastosowano logarytm o podstawie 2.

β -diversity obliczono w kwadratach wyznaczonych wzdłuż transektów w których notowano jedynie występowanie poszczególnych gatunków (dane binarne) (Wilson i Shmida, 1984).

β -diversity obliczono przy wykorzystaniu wzorów:

$$\begin{aligned} \beta W &= s/\alpha - 1 && \text{(Whittaker, 1960)} \\ \beta T &= (g + l) / 2\alpha && \text{(Wilson i Shmida, 1984)} \end{aligned}$$

gdzie,

s - liczba gatunków

g - liczba gatunków napotkanych jeszcze po przeanalizowaniu pierwszego kwadratu

l - liczba gatunków ominiętych przy analizowaniu tylko ostatniego kwadratu

α - średnia liczba gatunków w kwadratach transektu

Powyższe wskaźniki obliczono dla dwóch transektów wyznaczonych prostopadle do brzegu rzeki Zgłowiączki po wschodniej stronie doliny. Oba transekty zawierały po 6 kwadratów o boku 4 m. Wskaźniki β -diversity obliczono przy pomocy programu DIVERSIT.

Oceniono też heterogenność krajobrazu na podstawie analizy pięciu transektów usytuowanych na mapie numerycznej roślinności rzeczywistej. Jeden transekt (1) wytyczono wzdłuż doliny, a cztery pozostałe (2, 3, 4, 5) poprzecznie (rys. 4). Przy pomocy programu MicroStation dla każdego transektu określono liczbę i długość odcinków przechodzących przez poszczególne zbiorowiska roślinne. Heterogenność wyrażono wzorem Shannona. W tym przypadku n_i oznaczało długość odcinków przechodzących przez poszczególne syntaksony, zaś N – długość transektu (odległość z mapy w linii prostej pomiędzy zachodnią i wschodnią krawędzią doliny).

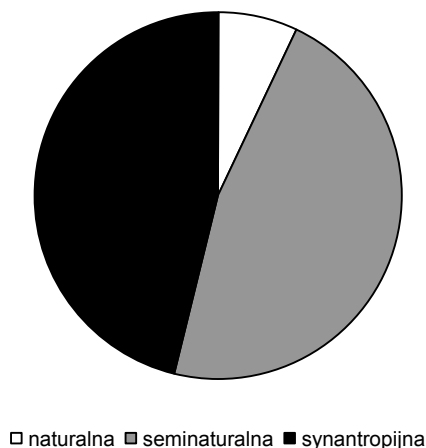
Heterogenność krajobrazu na badanym obszarze określono też na podstawie powierzchniowego udziału poszczególnych syntaksonów odczytanej z mapy za pomocą programu MicroStation. I w tym przypadku miarą heterogenności była różnorodność obliczona wzorem Shannona. Wartości n_i stanowiła powierzchnia poszczególnych typów zbiorowisk roślinnych a N całkowita powierzchnia badanego fragmentu doliny Zgłowiączki.

γ -diversity wyrażono liczbą taksonów występujących na analizowanym terenie. Określono liczbę gatunków mszaków występujących na powierzchniach w których wykonywano zdjęcia fitosocjologiczne oraz liczbę gatunków drzew i krzewów rosnących na całym badanym terenie. Dla całego badanego obszaru określono też liczbę gatunków roślin naczyniowych.

4. WYNIKI

Na badanym terenie wyróżniono 76 jednostek fitosocjologicznych, z których na mapę naniesiono 53 (tab. 1). Największą powierzchnię zajmowały łąki 25,53 ha, przy czym znaczny procent stanowiło zbiorowisko *Phragmitetum communis*, następnie pola uprawne 24,42 ha i zadrzewienia 12,24 ha. Zbiorowiska halofilne zajmowały powierzchnię 1,80 ha.

Na podstawie analizy stopnia synantropizacji roślinności stwierdzono, że największą powierzchnię zajmuje roślinność seminaturalna (rys. 5, tab. 2).



Rys. 5 . Udział zbiorowisk naturalnych w szacie roślinnej doliny Zgłowiączki

Powierzchnia tego typu zbiorowisk wynosiła 29,31 ha. Wśród roślinności seminaturalnej dominowały następujące zespoły: *Phragmitetum communis*, *Caricetum gracilis*, *Triglochino-Glaucetum maritimae*, *Cirsio-Polygonetum*, *Arrhenatheretum elatioris*, *Lolio-Cynosuretum*, zbiorowisko z *Corynephorus canescens* i *Veronica spicata*, *Urtico-Colystegietum*. Zbliżoną powierzchnię zajmują zespoły synantropijne (28,74 ha), z których największą rolę odgrywa *Centaureo-Berteroetum*, *Tanaceto-Artemisietum vulgaris*, *Digitarietum ischaemi*, *Papaveretum argemones*, *Galinsogo-Setarietum* i *Echinochloo-Setarietum*. Najmniejszą powierzchnię (4,25 ha) zajmuje roślinność naturalna, wśród której dominują lasy olszowe oraz roślinność wodna (*Ceratophylletum demersi*, *Lemno-Spirodeletum polyrhizae* i *Lemnetum gibbae* oraz *Nupharo-Nymphaeetum albae*). Największy udział ilościowy syntaksonów występuje w typie roślinności seminaturalnej (35 zespołów), najmniejszy udział mają syntaksony naturalne, których wyróżniono 9 (tab 1, rys. 5).

Tab. 1. Średnia liczba gatunków w zdjęciu fitosocjologicznym i klasyfikacja syntaksonów według stopnia synantropizacji.

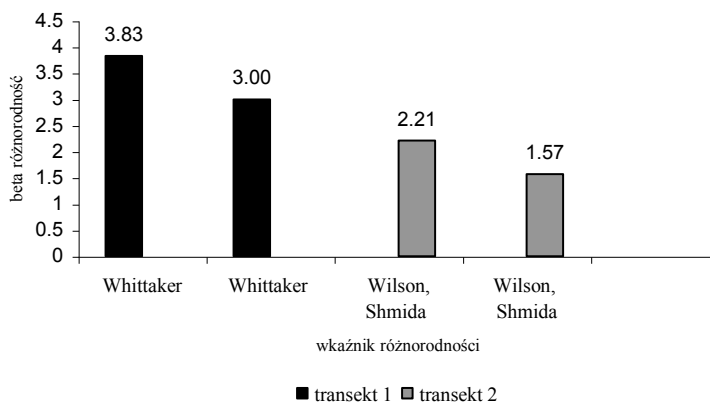
Jednostki syntaksonomiczne	Typ zbiorowiska roślinnego			Liczba zdjęć	Średnia liczba gat. w zdj. fitosocjologicznym	Wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera	
	naturalne	seminaturalne	synantropijne				
	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-
1. <i>Lemno-Spirodeletum polyrhizae</i> i <i>Lemnetum gibbae</i>	+				2	6	2,44
2. <i>Ceratophyllum demersi</i>	+				2	3	1,30
3. <i>Numpharo-Nymphaetum albae</i>	+				3	7	2,56
4. <i>Phragmitetum communis</i>			+		6	11	3,24
5. <i>Scirpetum maritimi</i>			+		2	10	3,06
6. <i>Typhaetum latifoliae</i>	+				1	9	2,98
7. <i>Glycerietum maximae</i>	+				2	11,5	3,32
8. <i>Caricetum acutiformis</i>				+	1	21	4,26
9. <i>Caricetum appropinquatae</i>				+	1	26	4,58
10. <i>Caricetum gracilis</i>				+	3	16	3,43
11. <i>Caricetum distichae</i>				+	1	24	4,44
12. <i>Phalaridetum arundinaceae</i>				+	1	13	3,54
13. <i>Puccinellio-Spergularietum salinae</i>				+	1	9	2,98
14. <i>Triglochino-glaucetum maritima</i>				+	6	9,2	2,97
15. <i>Filipendulo-Geranietum</i>				+	1	25	4,46
16. zbiorowisko <i>Lysymachia vulgaris</i>				+	1	19	4,10
17. <i>Cirsio-Polygonetum</i>				+	4	26,5	4,59
18. <i>Alopecuretum pratensis</i>				+	1	24	4,44
19. <i>Arrhenatheretum elatioris</i>				+	4	20,8	4,22
20. <i>Lolio-Cynosoretum</i>				+	3	18	4,02
21. <i>Spergulo-Corynephorretum</i> i zbiorowisko z <i>Artemisia campestris</i>				+	2	19,5	4,13
22. Zbiorowisko z <i>Corynephorus canescens</i> i <i>Veronica spicata</i>				+	1	16	3,87
23. <i>Trifolio-Agrimonetum</i>				+	1	45	5,42
24. Zbiorowisko z <i>Agrostis stolonifera</i>				+	1	15	3,73
25. Zbiorowisko z <i>Potentilla anserina</i>				+	1	11	3,27
26. <i>Potentillo-Festucetum arundinaceae</i>				+	1	22	4,36
27. <i>Lolio-Plantaginetum</i>				+	4	7,5	2,58
28. <i>Centaureo-Berteoetum</i>				+	1	18	4,00
29. <i>Tanaceto-Artemisietum vulgaris</i>				+	1	8	2,80
30. <i>Leonuro-Arctietum tomentosum</i>				+			
31. <i>Eupatorietum cannabini</i>			+				
32. <i>Urtico-Calystegietum</i>			+		1	10	3,16
33. Zbiorowisko z <i>Urtica dioica</i>			+		2	9,5	3,06
34. Zbiorowisko z <i>Rubus caesius</i>			+		1	14	3,62
35. Zbiorowisko z <i>Elymus repens</i>			+		2	13,5	3,54
36. <i>Falcario-Agropyretum</i>				+	1	23	4,30
37. <i>Epilobio hirsuti - Calystegietum</i>			+		1	17	3,89
38. Zbiorowisko z <i>Cirsium arvense</i>			+		1	8	2,87
39. Zbiorowisko z <i>Conyza canadensis</i>				+	1	19	4,13
40. Mozaika zbiorowisk z klasy <i>Chenopodietea</i>				+		12,2	
41. <i>Digitarietum ischaemi</i>				+	2	4,5	2,02
42. <i>Galinsogo-Setarietum, Echinochloo-Setarietum</i>				+	7	14,4	3,57
43. <i>Papaveretum argemones</i>				+	13	16,8	3,81

44. Zbiorowisko z <i>Sambucus nigra</i>		+		1	7	2,58
45. Zbiorowisko z <i>Rosa canina</i>		+		1	16	3,95
46. Zbiorowisko z <i>Salix fragilis</i>		+		1	19	4,04
47. <i>Salicetum pentandro-cinereae</i>	+			1	18	4,00
48. <i>Ribo nigri-Alnetum</i>	+			1	36	5,05
49. <i>Circaeo-Alnetum</i>	+			3	22,7	4,30
50. Stadia rozwojowe <i>Circaeo-Alnetum</i>	+					
51. Nasadzenia drzew - zbiorowisko <i>Robinia pseudoacacia</i>		+	+	1	24	4,37
- zbiorowisko z <i>Populus canadensis</i>		+		1	35	4,98
- zbiorowisko z <i>Salix alba</i>				1	19	4,06
52. <i>Quercu roboris-Pinetum</i>		+		3	24,7	4,39
53. Młodniki sosnowe		+			28	

Na wybranym odcinku doliny rzeki średnia liczba gatunków w zdjęciu fitosocjologicznym (α -diversity) waha się od 3 w zespole *Ceratophylletum demersi* do 45 w zespole *Caricetum gracilis* (tab. 1). Niewielką liczbę gatunków stwierdzono też w zespołach *Digitarietum ischaemi* (4,5 gatunków), *Nupharo-Nympaeetum albae* (7 gatunków) i zbiorowisko z *Cirsium arvense* (8 gatunków). Znaczną liczbą gatunków odznaczają się natomiast *Ribo nigri-Alnetum* (36 gatunków) i zbiorowisko z *Populus canadensis* (35 gatunków).

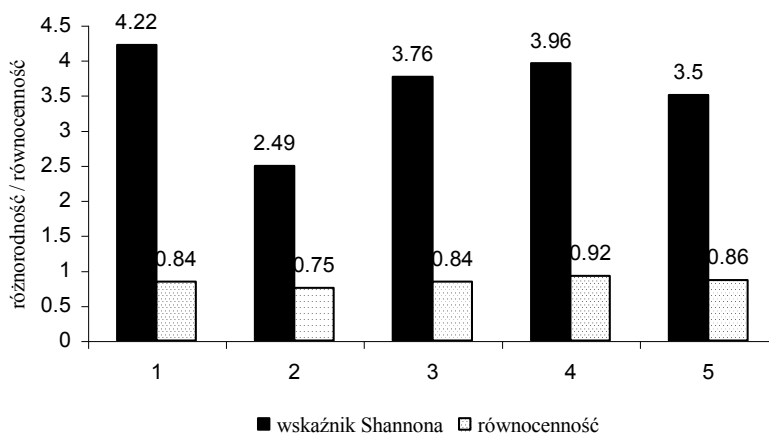
Najniższą wartość różnorodności gatunkowej zanotowano w *Ceratophylletum demersi* a najwyższą w *Trifolio-Agrimonetum* (tab. 1). W transektach dla których obliczono β -diversity było 31 gatunków (rys. 6).

W transekcie 1 zanotowano 23 gatunki, zaś w 2 18 gatunków (rys. 6). Średnia liczba gatunków w jednym kwadracie w obu przypadkach była jednakowa i wynosiła 7. Jednakowa była też liczba notowań gatunków (parametr T) w obu transektach. Wynosiła ona po 42. Natomiast większa liczba gatunków po pierwszym kwadracie i przed ostatnim kwadratem występowała w transekcie 1. Transekt ten odznaczał się też większą liczbą par gatunków występujących wspólnie na badanych powierzchniach. Głównie z powodu większej liczby gatunków pierwszy zbiór kwadratów odznaczał się wyższymi wartościami wszystkich wskaźników różnorodności β (rys. 6).



Rys. 6. Wartość wskaźnika β -różnorodności dwóch transektów

Spośród pięciu transektów dla których heterogenność obliczono z mapy roślinności rzeczywistej w oparciu o długość odcinków przechodzących przez poszczególne syntaksony, największą różnorodnością charakteryzował się transekt 1, przeprowadzony wzdłuż doliny. Przecinał on 33 zbiorowiska roślinne. Nieco mniejsze zróżnicowanie przestrzenne występowało w transekcie 4 biegnącym prostopadłe do doliny rzeki. Transekt ten przecinał 20 zbiorowisk: wodnych, szuwarowych, zieleń cmentarza, pola uprawne, zadrzewienia. Najmniejszą różnorodność przestrzenną osiągnął transekt 2. Był on najkrótszy i przechodził tylko przez 10 syntaksonów. (rys. 7).



Rys. 7. Różnorodność i równocенność zbiorowisk roślinnych badanego terenu oznaczona na podstawie pięciu transektów przeprowadzonych na mapie roślinności rzeczywistej

Dla transektu 1 heterogenność wyliczona za pomocą wzoru Shannona przy podstawie logarytmu równej 2 wynosiła 4,22. W transekcie 2 wartość tego wskaźnika wynosiła tylko 2,49. Równocенność natomiast osiągnęła najwyższą wartość w transekcie czwartym (0,92), zaś najmniejszą w drugim (0,75).

Heterogenność krajobrazu, obliczona na podstawie udziału powierzchniowego poszczególnych zbiorowisk roślinnych, przy zastosowaniu wzoru Shannona i podstawy logarytmu równej 2 wynosiła 4,49. Równocенność w tym przypadku osiągnęła wartość 0,75, czyli znacznie mniej niż miało to miejsce w przypadku transektów (rys. 7).

Różnorodność krajobrazu na poziomie γ wyrażono liczbą gatunków. Na badanym odcinku doliny Zgłowiączki zanotowano łącznie 324 gatunki roślin naczyniowych. Rosły tu 33 gatunki drzew i krzewów, a na powierzchniach na których wykonywano zdjęcia fitosocjologiczne zanotowano głony z 5 rodzajów (*Spirogyra*, *Oedogonium*, *Enteromorpha*, *Navicula*, *Cladophora*), 2 gatunki porostów i 17 gatunków mszaków (rys. 8).



Rys. 8. Liczba taksonów (ε - różnorodność) badanego terenu

Drzewa występujące na badanym terenie tworzyły lasy, młodniki sosnowe i zadrzewienia pasmowe wzdłuż dróg i cieków wodnych. Rosły też na cmentarzu, w sadach i ogrodach. Najbardziej zróżnicowane pod względem gatunkowym były zadrzewienia cmentarza (10 gatunków) oraz zadrzewienia i zakrzewienia pasmowe (12 gatunków drzew i krzewów). Gatunkami drzew występującymi w największej liczbie zbiorowisk okazały się *Robinia pseudacacia* i *Sambucus racemosa*.

5. DYSKUSJA

W wyniku przeprowadzonej analizy struktury roślinności stwierdzono, że w badanym fragmencie doliny Zgłowiączki udział zbiorowisk roślinnych o różnym stopniu naturalności jest podobny jak w dolinach innych, niewielkich rzek. Na przykład Loster (1985) podaje, że w dolinie Wierzbanówki koło Krakowa największą rolę odgrywają również zbiorowiska synantropijne, mniejszą seminaturalne a naturalnych pod względem zajmowanej powierzchni jest najmniej. Autorka ta podkreśla, że przy klasyfikowaniu zbiorowisk do trzech wymienionych kategorii często występują spore trudności z określeniem przynależności niektórych fitocenoz, zwłaszcza zbiorowisk szuwarowych i łąkowych do wymienionych kategorii.

Różnorodność ekologiczna - wyrażona w niniejszej pracy liczbą gatunków – jest, według hipotez podawanych przez wielu ekologów wyższa w ekosystemach naturalnych i starszych, które to systemy ekologiczne mają być przy tym stabilniejsze i bardziej produktywne. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że w obrębie szaty roślinnej nie zawsze występuje taka zależność. Od zasady takiej odbiega na przykład zespół *Phragmitetum*, który wykazuje wysoką trwałość i produkcję przy stosunkowo niskim bogactwie biotycznym, bo liczącym zaledwie 11 gatunków. Na brak jednokierunkowej zależności pomiędzy różnorodnością ekologiczną a stopniem oddziaływania człowieka wskazywał Odum (1975). Według tego autora wysoką różnorodność gatunkową mogą osiągnąć zarówno zbiorowiska naturalne, jak i rozwijające się w warunkach silnej antropopresji. Jednakże biomasa

obu układów charakteryzujących się wysoką różnorodnością może być bardzo różna. Na konieczność uwzględniania biomasy w studiach nad różnorodnością gatunkową zwracał uwagę Margalef (1989).

Różnorodność gatunkowa zbiorowisk roślinnych doliny Zgłowiączki jest zbliżona do bogactwa gatunkowego fitocenozy zaliczanych do tych samych syntaksonów, lecz pochodzących z innych regionów. Na przykład liczba gatunków w zespole *Quercus robur*- *Pinetum* w badanej dolinie wynosi 22, a Prusinkiewicz i Plichta (1965), którzy na podstawie liczby gatunków określali żyzność gleb leśnych, podają, że średnio w tym zespole występują 24 gatunki roślin naczyniowych i mchów.

Przeprowadzone pomiary β -diversity potwierdzają opinię, że najbardziej przydatne do określania zróżnicowania siedlisk są wzory, które opracowali Whittaker (1960) oraz Wilson i Shmida (1984). Przede wszystkim są one mało skomplikowane i stosowane jednocześnie do tych samych zbiorów danych wskazują zgodnie na wzrost lub spadek różnorodności w poszczególnych systemach ekologicznych. Do drugiego wskaźnika można mieć tylko zastrzeżenie, że przy rozpatrywaniu gatunków nowych, napotykanym po pierwszym kwadracie i taksonów występujących w ciągu prób poprzedzających ostatni kwadrat można uzyskać tę samą wartość, zarówno w przypadku, gdy wszystkie próby będą miały ten sam skład gatunkowy, jak i wówczas, gdy pierwszy oraz ostatni kwadrat będą jednakowe a kombinacje gatunków w pozostałej części transektu w obrębie tego samego zbioru gatunków będą różniły się.

Różnorodność gatunkowa pozostaje w zależności do intensywności działań człowieka w krajobrazie. Odum (1975) określa zależność pomiędzy intensywnością antropopresji a strukturą układów przyrodniczych stwierdzeniem, że różnorodność jest funkcją przepływu energii. W ekologii przeważa pogląd, że wzrost intensywności działań ludzkich w krajobrazie prowadzi do uproszczenia składu gatunkowego zbiorowisk i spadku różnorodności (np. Ehrlich, 1994). Podobnie zmniejsza się liczba gatunków na całym obszarze, czyli obserwuje się spadek γ -diversity. Jako przykłady zmian o takim przebiegu, zachodzących na poziomie fitocenozy podaje się najczęściej uprawy rolne i leśne. Intensyfikacji rolnictwa i leśnictwa zazwyczaj faktycznie towarzyszy zmniejszanie się liczby gatunków w uprawie. Również, jak podaje Prończuk (1973), na łąkach liczba gatunków jest efektem zabiegów gospodarczych stosowanych przez człowieka.

Różnorodność siedlisk w krajobrazie rolniczym badał m.in. Mizgajski (1988, 1990). Stwierdził on, że w warunkach postępującej mechanizacji rolnictwa na przestrzeni XIX i XX wieku w krajobrazie północnych Niemiec i Wielkopolski następował spadek liczby biotopów. Pomiędzy intensywnością oddziaływania człowieka a heterogennością krajobrazu nie istnieją jednak tylko zależności odwrotne. Działalność człowieka prowadzi często do przestrzennego zróżnicowania roślinności w krajobrazie. Podobnie w poddanych silnej antropopresji może wzrastać γ -diversity. Przykładem może być wprowadzenie wielu gatunków ozdobnych drzew, krzewów i roślin zielnych na terenie miast i osiedli.

LITERATURA

- Ehrlich P. R., 1984. Energy use and biodiversity loss. *Phil. Trans. Royal. Soc. London B*, 34: 99-104.
- Kobendza R., 1922. Solanki i roślinność halofilna w Zgłowiączce na Kujawach. *Kosmos* 47: 52-59.
- Kondracki J., 1981. *Geografia fizyczna Polski*. PWN, Warszawa.
- Loster S., 1985. The Wierzbanówka Valley: 8. Evaluation of the flora by means of numerical coefficients. *Zesz. Nauk. UJ, Prace Bot.*, 13: 29-58.
- Loster S., 1991. Różnorodność florystyczna w krajobrazie rolniczym i znaczenie dla niej naturalnych i półnaturalnych zbiorowisk wyspowych. *Fragmenta Flor. Geobot.* 36: 427-457.
- Margalef R., 1989. On diversity and connectivity as historical expressions of ecosystems. *Coenoses* 4: 121-126.
- Mizgajski A., 1988. Historical changes of energy input into agro-ecosystems and their landscape ecological consequences: The Lingen/Emsland County (West Germany) case study. *Ecosystems and Environment* 20: 245-258.
- Mizgajski A., 1990. *Entwicklung von Agrarlandschaften in Mitteleuropäischen Tiefland seit dem 19. Jahrhundert in energetischer Sicht Beispiele aus dem Emsland und Wielkopolska*. Ferdinand Schoningh, Paderborn.
- Odum E., 1975. Diversity as a function of energy flow. W: W. H. van Dobben, R. H. Lowe-McConnel (eds.), *Unifying concepts in ecology*, pp. 11-14. Dr W. Junk b.v. Publishers, The Hague, Pudoc, Wageningen.
- Prończuk J., 1973. Ocena stanu badań nad składem szaty roślinnej użytków zielonych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 145: 113-137.
- Prusinkiewicz Z., Plichta W., 1965. Naukowe problemy żyzności gleb leśnych i kryteria jej ilościowej oceny. *Roczniki Gleboznawcze* 15 (2): 549-570.
- Ryszkowski L., 1979. Produkcja rolna a przepływ energii i obieg materii w agroekosystemach. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 223: 29-50.
- Ryszkowski L., 1984. Ekologiczne zasady kształtowania obszarów wiejskich. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej* 1/84: 16-22.
- Szafer W., Zarzycki K., 1972. *Szata roślinna Polski*. PWN, Warszawa.
- Whittaker R. H., 1972. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecol. Monogr.* 30: 279-338.
- Whittaker R. H., 1977. Evolution of species diversity in land communities. In: M. K. Hecht, W. C. Steere, B. Wallace (eds.), *Evolutionary Biology*, vol 10. Plenum Publishing Corporation.
- Wilkoń-Michalska J., 1963. Halofity Kujaw. *Stud. Soc. Sci. Torun., Sec. D. Bot.*, 7 (1): 1-122.
- Wilson M. V., Shmida A., 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *J. Ecol.* 72: 1055-1064.

SUMMARY

The object of study was the relationship between ecological diversity and gradients humidity the substratum salinity and man's economic activity of the river Zgłowiączka valley. The analysis of landscape structure was carried out basing on a map of real vegetation (1:10 000) and phytosociological studies. The valley fragment under study included the river, a saline spring and various types of plant communities. The largest area was occupied by grassland (25.53 ha), the crop fields (24.42 ha), groves of trees (12.24 ha) and halophilous communities (1.80 ha). 76 syntaxonomical units have been distinguished in the area. According to synanthropization degree of the vegetation, it has been found that seminatural vegetation occupies the largest area (29.31 ha), followed by communities of synanthropous vegetation (28.74 ha) and natural vegetation (4.25 ha). The ecological diversity of the Zgłowiączka valley has been estimated at level alfa, beta, and gamma (*sensu* Whittaker, 1977). The mean number of species in the phytosociological relevé (α - diversity) ranged from three in *Ceratophylletum demersi* to 45 in *Caricetum gracilis*. Landscape heterogeneity was calculated basing on the analysis of transects demarcated in the terrain and on the numerical map. The greatest heterogeneity was found in the transect along the valley. The landscape diversity at level gamma (γ) was expressed by the number of species. In the area under study there have been found 324 species of vascular plants, algae of five genera, two lichen species and 17 bryophyte species.

**Lucyna Warot, Tomasz Załuski, Agnieszka Piernik, Andrzej Nienartowicz,
Regina Pisarek, Joanna Grzelka, Jadwiga Grabowska**

Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Instytut Ekologii i Ochrony Środowiska
ul. Gagarina 9, 87-100 Toruń
e-mail: nienart@biol.uni.torun.pl

Mieczysław Kunz

Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Instytut Geografii
ul. Gagarina 5, 87-100 Toruń
e-mail: met@cc.uni.torun.pl