INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 7/2008, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 255–266
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Justyna Hachoł, Elżbieta Bondar-Nowakowska, Andrzej Reinhard

ODDZIAŁYWANIE WYBRANYCH ELEMENTÓW KORYTA CIEKU NA ZBIOROWISKA NACZYNIOWYCH ROŚLIN WODNYCH

INFLUENCE OF THE CHOSEN ELEMENTS OF WATERCOURSE'S BED ON THE AQUATIC PLANT COMMUNITIES

Streszczenie

Każdy ciek jest złożonym systemem kształtowanym przez elementy zarówno o charakterze technicznym, jak i przyrodniczym. Liczba tych elementów oraz ich wzajemne powiązania nie są do końca rozpoznane. Celem pracy jest ocena oddziaływania wybranych elementów tego systemu na roślinność naczyniową dna cieku. W badaniach skoncentrowano się na takich czynnikach, jak: spadek podłużny, szerokość dna, substrat dna, miąższość zamulenia, nachylenie skarp, rodzaj ich umocnienia oraz czas, jaki upłynął od ostatniej ingerencji w koryto cieku, tj. regulacji lub robót konserwacyjnych.

Praca oparta jest na badaniach i obserwacjach terenowych, które wykonano w sezonie wegetacyjnym 2007 roku na 13 małych ciekach nizinnych Dolnego Śląska. Dla uzyskania postawionego w pracy celu zastosowano metodę statystyczną – teorię zbiorów przybliżonych. Na jej podstawie określono hierarchię oddziaływania analizowanych elementów systemu koryta cieku na roślinność naczyniową występującą w jego dnie.

Słowa kluczowe: analiza systemowa, regulacja cieków, konserwacja cieków, makrofity, teoria zbiorów przybliżonych

Summary

Every water-course is a complicated system which consists of technical and natural elements. The number of these elements and the connections between them are little-known. The aim of the studies was to evaluate the effect of chosen system elements on the aquatic plant communities on the bottom. Longitudinal profile,

bottom width, watercourse depth, substrate, level of bed silting, inclination of the slopes, slope protection and the time from the last interference in watercourse's bed (regulation, maintenance works) were the chosen system elements.

The basis of this paper were field studies, which were carried out in 13 small lowland watercourses in the Lower Silesia during the vegetation season in year 2007. For estimating the results of the studies, the rough sets theory was used. On this basis the hierarchy of the influence of elements of the water-course's bed on the makrophyten communities was determined.

Key words: *system analysis, watercourses regulation, maintenance works, makrophyten, rough sets theory*

WSTĘP

Zarastanie koryt, zwłaszcza małych cieków, jest zjawiskiem naturalnym. Silnie rozwinięta roślinność w cieku powoduje znaczne podniesienie zwierciadła wody, co stwarza zagrożenie podtopienia terenów przyległych, jest przyczyną osuwania się skarp, a także prowadzi do pogorszenia bilansu tlenowego w cieku na skutek zachodzących w dnie procesów rozkładu obumarłych szczątków roślinnych [Rojek i in. 1997].

W Polsce nie opracowano dotąd strategii zarządzania roślinnością w ciekach. Najczęściej usuwa się ją z dna i skarp, stosując metody mechaniczne i chemiczne. Jednak roślinność ta szybko odrasta. Dlatego konieczne jest wypracowanie innego podejścia do problemu zarastania koryt. W tym celu niezbędna jest znajomość biologicznych i ekologicznych wymagań roślin oraz rozpoznanie czynników, które wpływają na ich rozmieszczenie [Caffrey i in. 2006].

W niniejszej pracy podjęto próbę oceny wpływu wybranych elementów koryta cieku na skład ilościowy i jakościowy zbiorowisk roślinnych występujących w jego dnie. W badaniach skoncentrowano się na takich elementach koryta cieku, jak: spadek podłużny, szerokość dna, głębokość koryta, substrat dna, miąższość zamulenia, nachylenie skarp oraz rodzaj ich umocnienia. Dodatkowym elementem ujętym w analizie był czas, jaki minął od ostatniej konserwacji koryta cieku.

METODYKA

Badania terenowe przeprowadzono w sezonie wegetacyjnym 2007 roku na 13 ciekach nizinnych Dolnego Śląska. Wykaz ich przedstawiono w tabeli 1. Na ciekach tych wyznaczono 46 odcinków badawczych o dużym, średnim i słabym stopniu przekształcenia antropogenicznego. Na każdym odcinku wykonano szczegółową inwentaryzację naczyniowej roślinności wodnej oraz pomierzono i opisano analizowane elementy koryta cieku.

Tabela 1. Obiekty badawcze
Table 1. Study objects

Nazwa cieku Watercourse's name	Odbiornik Receiver	Długość cieku Length of watercourse [km]
Czarna Woda	Bystrzyca	47,0
Dobra	Widawa	32,0
Głęboki Rów	Sąsiecznica	22,0
Leniwka	Widawa	8,8
Oleszna	Ślęza	19,7
Poręba	Sąsiecznica	5,7
Potok Sulistrowicki	Czarna Woda	14,7
Sąsiecznica	Barycz	43,3
Smortawa	Odra	39,0
Struga II	Sąsiecznica	21,1
Ślęza	Odra	78,6
Żalina	Żurawka	11,0
Żurawka	Ślęza	28,5

Tabela 2. Punktowa ocena analizowanych elementów koryta cieku
Table 2. Point estimation of the chosen components of the watercourse's bed

Ocena Point estimation	Elementy koryta cieku Elements of the watercourse's bed							
	Spadek podłużny Longitudinal slope [‰]	Szerokość dna Bottom width [m]	Głębokość koryta Watercourse depth [m]	Substrat dna Substrate	Poziom zamulenia dna Level of bed silting [cm]	Nachylenie skarp Inclination of the slope	Umocnienie skarp Slope protection	Czas od ostatniej konserwacji [lata] Time from the last maintenance works [years]
1	0,10–1,78	1,0–2,8	1,0–1,5	piasek	0–6	1:1 <	brak	0–1
2	1,79–3,46	2,9–4,6	1,6–2,0	piasek, żwir	7–12	1:1	darnina	2–5
3	3,47–5,14	4,7–6,4	2,1–2,5	piasek, żwir, kamienie	13–18	1:1,5	faszyna	6–10
4	5,15–6,82	6,5–8,2	2,6–3,0	piasek, kamienie	19–24	1:2	narzut kamienny	10 <
5	6,83–8,50	8,3–10,0	3,1–3,5	płyty betonowe	25–30 i >30	< 1:2	płyty betonowe	brak

Badania roślinności wodnej obejmowały identyfikację gatunków roślin występujących w korycie cieku oraz określenie ich procentowego udziału w badanym zbiorowisku. Udział ten określono poprzez oszacowanie stopnia

pokrycia dna przez osobniki każdego gatunku. W tym celu zastosowano pięciostopniową skalę Braun-Blanquetta, w której 1 oznacza, że dany gatunek pokrywa do 5% powierzchni dna, 2 – od 6 do 25%, 3 – od 26 do 50%, 4 – od 51 do 75%, 5 – od 76 do 100% powierzchni dna.

Ocenę poszczególnych elementów koryt cieków oraz czasu, który minął od ostatniej konserwacji przeprowadzono w skali punktowej. Zakres jej przedstawiony jest w tabeli 2.

W celu określenia hierarchii oddziaływania wyszczególnionych elementów na roślinność występującą w dnie cieku zastosowano metodę statystyczną – teorię zbiorów przybliżonych [Pawlak 1982; Słowiński 1992; Bondar-Nowakowska 2000]. Metoda ta wymaga opracowania tablic decyzyjnych, zawierających atrybuty warunkowe, czyli elementy, których wpływ oceniamy oraz atrybut decyzyjny – element, który podlega ich oddziaływaniom.

W teorii zbiorów przybliżonych przez system informacyjny rozumiemy

$$S = (U, Q, V, \rho),$$

gdzie:

U – skończony zbiór obiektów,

Q – skończony zbiór atrybutów:

$$V = \bigcup_{q \in Q} V_q \quad \rho$$

gdzie V_q jest dziedziną atrybutu q, $\rho : U \times Q \to V$ zaś jest funkcją, że $\rho(x,q) \in V_q$ dla każdego $q \in Q$ oraz $x \in U$ i nazywamy ją funkcją informacyjną.

Tak zdefiniowany system informacyjny może być rozumiany jako skończona tablica, której kolumny są etykietowane atrybutami, a wiersze obiektami. Ponadto wartością elementu o współrzędnych (r, q), gdzie r – etykieta wiersza, q – etykieta kolumny, jest wartość $\rho(x,q)$. Każdy wiersz w tablicy reprezentuje informacje o obiekcie w systemie S (tab. 3 i 4).

Metoda umożliwia między innymi wyznaczenia przybliżenia dolnego: $\underline{P}X_i$

$$\underline{P}X_i = \left\{ x \in U \middle| x \in x_j, \quad \underline{x}_j \subseteq X_i \quad \text{dla } j = 1,2,...,k \quad \right\}$$

oraz jakości aproksymacji γ_p

$$\gamma_p = \frac{\sum_{i=1}^{n} card(\underline{P}X_i)}{card(U)} \text{ dla } F = \{X_1, X_2, ..., X_n\}.$$

W celu określenia wpływu danego atrybutu na badany proces, na podstawie wartości jakie przyjmuje współczynnik γ_p, wzięto pod uwagę wszystkie atrybuty warunkowe, a następnie usuwano spośród nich kolejno po jednym atrybucie. Wartości γ_p mogły przyjmować wartości: 0 – gdy brak było jakichkolwiek związków zachodzących pomiędzy badanymi atrybutami, 1 – gdy związki takie istniały. Następnie obserwowano wartości, jakie przyjmował współczynnik γ_p po usunięciu danego atrybutu. Gdy przyjął najmniejszą wartość, oznaczało to, że właśnie ten atrybut wpłynął najbardziej na badaną zależność. Dalszy wzrost wartości γ_p wyznaczał kolejność wpływu następnych atrybutów na badaną roślinność w dnie cieku. W praktyce okazuje się często, że atrybut decyzyjny zależy nie tylko od analizowanych pojedynczo atrybutów warunkowych, ale także od oddziałujących jednocześnie kilku atrybutów warunkowych. Dlatego w dalszej części pracy przeanalizowano wpływ na roślinność dna cieku dwóch, trzech i czterech atrybutów rozpatrywanych we wzajemnym połączeniu.

Tabela 3. Fragment tablicy decyzyjnej dla liczby gatunków roślin w dnie cieku
Table 3. Decision table for the number of aquatic plant species on the river bottom

Odcinek badawczy Study section	Atrybuty warunkowe Conditional attributes								Atrybut decyzyjny Decidive attribute
	Spadek podłużny Longitudinal slopee	Szerokość dna Bottom width	Głębokość koryta Watercourse depth	Substrat dna Substrate	Miąższość zamulenia dna Level of bed silting	Nachylenie skarp Inclination of the slope	Rodzaj umocnienia skarp Slope protection	Czas od ostatniej konserwacji Time from the last maintenance works	Liczba gatunków roślin Number of plant species
1	1	4	2	1	4	4	1	1	10
2	1	5	1	1	2	4	1	1	8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
46	1	1	1	1	5	1	3	4	4

Tabela 4. Fragment tablicy decyzyjnej dla pokrycia dna przez rośliny
Table 4. Decision table for aquatic plants abundant

Odcinek badawczy Study section	Atrybuty warunkowe Condition attributes								Atrybut decyzyjny Decidive attribute
	Spadek podłużny Longitudinal slopee	Szerokość dna Bottom width	Głębokość koryta Watercourse depth	Substrat dna Substrate	Miąższość zamulenia dna Level of bed silting	Nachylenie skarp Inclination of the slope	Rodzaj umocnienia skarp Slope protection	Czas od ostatniej konserwacji Time from the last maintenance works	Zagęszczenie roślin Aquatic plants abundant
1	1	4	2	1	4	4	1	1	5
2	1	5	1	1	2	4	1	1	3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Na podstawie danych uzyskanych z badań terenowych opracowano dwie tablice decyzyjne. Fragmenty ich przedstawione są w tabelach 3 i 4. W obu tablicach atrybutami warunkowymi były sklasyfikowane wg tabeli 2: spadek podłużny, szerokość dna, głębokość koryta, rodzaj materiału zalegającego w dnie cieku, miąższość zamulenia, nachylenie skarp, rodzaj umocnienia oraz czas jaki upłynął od ostatniej konserwacji. Atrybutem decyzyjnym w tablicy pierwszej (tab. 3) była liczba gatunków roślin oznaczonych na badanym odcinku koryta cieku, natomiast w tablicy drugiej (tab. 4) było to zagęszczenie roślin w tym miejscu.

WYNIKI BADAŃ

W badanych odcinkach cieków zinwentaryzowano 21 gatunków roślin naczyniowych. Wykaz ich przedstawiony jest w tabeli 5. Do najczęściej występujących gatunków należały mozga trzcinowata, manna mielec, jeżogłówka pojedyncza, potocznik wąskolistny, rzęsa drobna oraz trzcina pospolita. Tylko na pojedynczych stanowiskach badawczych występowały żabiściek pływający, rdestnica nitkowata oraz kosaciec żółty. Gatunkiem dominującym we wszystkich ciekach była mozga trzcinowata.

Tabela 5. Gatunki roślin wodnych występujących w badanych odcinkach cieków
Table 5. Aquatic plant species recorded in the study sections

Gatunki roślin wodnych Aquatic plant species		Liczba odcinków badawczych, na których oznaczono gatunek Number of study sections where the plant species were recorded
Grążel żółty	*Nuphar lutea* L.	4
Jeżogłówka pojedyncza	*Sparganium emersum* Rehmann	15
Kosaciec żółty	*Iris pseudacorus* L.	1
Kropidło wodne	*Oenanthe aquatica* L. (Poir).	2
Manna mielec	*Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb.	16
Moczarka kanadyjska	*Elodea canadensis* Michaux	9
Mozga trzcinowata	*Phalaris arundinacea* L.	29
Niezapominajka wodna	*Myosotis palustris* (L.)L.em Rchb	3
Pałka wąskolistna	*Typha angustifolia* L.	11
Potocznik wąskolistny	*Berula erecta* (Hudson) Coville	15
Rdestnica grzebieniasta	*Potamogeton pectinatus* L.	3
Rdestnica kędzierzawa	*Potamogeton crispus* L.	3
Rdestnica nitkowata	*Potamogeton filiformis* Pers.	1
Rdestnica pływająca	*Potamogeton natans* L.	2
Rogatek sztywny	*Ceratophyllum demersum* L.	4
Rzęsa drobna	*Lemna minor* L.	15
Strzałka wodna	*Sagittaria sagittifolia* L.	14
Trzcina pospolita	*Phragmites communis* Trin.	14
Żabieniec Babka Wodna	*Alisma plantago-aquatica* L.	3
Żabiściek pływający	*Hydrocharis morsus-ranae* L.	1
Żęśl wiosenna	*Callitriche palustris* L.	8

Zastosowanie do analizy wyników badań terenowych metody teorii zbiorów przybliżonych pozwoliło stwierdzić, że związek pomiędzy wyszczególnionymi elementami koryta cieku a składem jakościowym i ilościowym występujących w nim zbiorowisk roślinnych jest w każdym przypadku podobny. Przedstawione w tabeli 6 wartości współczynników jakości aproksymacji γ_p, wskazują, że pod względem oddziaływania tych elementów na skład jakościowy i ilościowy naczyniowej roślinności wodnej nie można żadnego z nich wyróżnić.

Z tego względu przeanalizowano oddziaływanie na roślinność cieku elementów łączonych w zespoły po dwa, trzy i cztery. Za przeprowadzeniem takiej analizy przemawia fakt, że ciek jest złożonym systemem, w którym pomiędzy poszczególnymi elementami istnieją zależności, również o charakterze sprzężeń zwrotnych [Żelazo, Popek 2002]. Dlatego wydzielenie z tego systemu i ocena wpływu poszczególnych elementów na roślinność naczyniową dna cieku są bardzo trudne. Dopiero analiza elementów połączonych w zespoły pozwoliła na określenie ich znaczenia na oddziaływanie na roślinność wodną. Analizą tą objęto wszystkie rozpatrywane elementy, łącząc je w zespoły po dwa, trzy i cztery. Rozpatrzono wszystkie możliwe kombinacje rozpatrywanych elementów.

Tabela 6. Wartości współczynnika γ_p obliczone dla pojedynczych atrybutów
Table 6. γ_p–values calculated for simple attributes

Atrybuty warunkowe Condition attributes	Współczynnik jakości aproksymacji γ_p dla γ_p–values calculated for	
	liczby gatunków roślin number of plant species	zagęszczenia roślin w korycie abundance of aquatic plants species
Spadek podłużny	0,89	0,86
Szerokość dna	0,89	0,89
Głębokość koryta	0,84	0,84
Substrat dna	0,89	0,89
Miąższość zamulenia dna	0,82	0,82
Nachylenie skarp	0,84	0,84
Rodzaj umocnienia skarp	0,89	0,89
Czas od konserwacji koryta	0,89	0,89

W tabeli 7 przedstawiona jest uzyskana z obliczeń kolejność oddziaływania poszczególnych zespołów, złożonych z rozpatrywanych elementów, na liczbę gatunków, a w tabeli 8 na zagęszczenie roślin w dnie. Uwzględniono tu zespoły elementów, które w hierarchii oddziaływań okazały się najsilniejsze.

Przedstawiona w tabeli 7 kolejność zespołów złożonych z dwóch elementów wykazała, że największe znaczenie w kształtowaniu liczby gatunków roślin wodnych występujących w cieku mają miąższość zamulenia i czas jaki upłynął od ostatniej konserwacji. Analiza dotycząca oddziaływania zespołów złożonych z trzech elementów wskazała również na te elementy połączone z nachyleniem skarp cieku. W przypadku czterech rozpatrywanych razem elementów trzy zespoły wykazały równorzędne oddziaływanie. W każdym z tych zespołów zawsze obecne są trzy elementy – miąższość zamulenia, czas od ostatniej konserwacji i szerokość dna, a czwartym był spadek na cieku, głębokość koryta i sposób umocnienia skarp.

Zagęszczenie roślin w dnie cieku kształtowane jest przez podobne układy elementów jak liczba gatunków (tab.8). Miąższość zamulenia i czas jaki upłynął od ostatniej konserwacji wchodzą w skład dominującego pod względem oddziaływania zespołu dwuelementowego. Te dwa czynniki wraz ze spadkiem podłużnym i nachyleniem skarp występują w dominujących zespołach składających się z trzech elementów. W składzie, dwu najsilniej oddziałujących na roślinność dna cieku zespołów złożonych z czterech elementów znalazły się miąższość zamulenia, czas od ostatniej konserwacji, sposób umocnienia skarp, spadek podłużny i szerokość dna.

Tabela 7. Oddziaływanie zespołów elementów na liczbę gatunków roślin w dnie cieku
Table 7. The effect of the combined parameters on the number of the aquatic plant species on the bottom

Zespoły Groups of	Współczynnik γ_p γ_p–value	Elementy koryta cieku Elements of the watercourse's bed							
		Spadek podłużny Longitudinal slope	Szerokość dna Bottom width	Głębokość koryta Watercourse depth	Substrat dna Substrate	Miąższość zamulenia Level of bed silting	Nachylenie skarp Inclination of the slopes	Umocnienie skarp Slope protection	Czas od ostatniej konserwacji Time from the last maintenance works
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 atrybutów 2 attributess	0,71					X			X
	0,76			X			X X		X
	0,78	X		X		X X X	X		
	0,80		X				X		
3 atrybutów 3 attributes	0,60					X	X		X
	0,63	X	X			X X X		X	X X X
	0,67		X	X			X X		X X
	0,69	X X	X X X	X X		X X X X X	X X		
4 atrybutów 4 attributes	0,39	X	X X X	X		X X X			X X X
	0,43		X			X	X		X
	0,45	X	X X	X		X X X X	X X	X X X	X X
	0,47	X	X X	X X		X X	X		

Tabela 8. Oddziaływanie grup czynników na zagęszczenie roślin w korycie cieku
Table 8. The effect of the combined parameters on the abundance of the aquatic plants

Zespoły Groups of	Współczynnik γ_p γ_p–value	Elementy koryta cieku Elements of the watercourse's bed							
		Spadek podłużny Longitudinal slope	Szerokość dna Bottom width	Głębokość koryta Watercourse depth	Substrat dna Substrate	Miąższość zamulenia Level of bed silting	Nachylenie skarp Inclination of the slopes	Umocnienie skarp Slope protection	Czas od ostatniej konserwacji Time from the last maintenance works
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 atrybutów 2 attributess	0,71					X			X
	0,76	X				X			
							X		X
	0,78			X		X			
						X	X		
	0,80		X				X		
				X			X		
3 atrybutów 3 attributes	0,61	X				X			X
						X	X		X
	0,63	X	X			X			
						X		X	X
	0,67	X		X		X			
			X			X			X
	0,69	X		X			X		
		X				X	X		
4 atrybutów 4 attributes	0,39	X				X		X	X
			X			X		X	X
	0,41	X	X			X			X
	0,47	X	X	X		X			
		X		X		X			X
			X			X	X		X
	0,50	X				X		X	X
			X	X		X			X
						X	X	X	X

Przedstawione wyniki obliczeń wskazują, że na skład jakościowy i ilościowy naczyniowej roślinności wodnej w największym stopniu wpływają czynniki bezpośrednio związane z realizacją robót konserwacyjnych. Wpływ ten, znany przyrodnikom i technikom, jest przedmiotem wielu badań pod kątem

ograniczenia zmian w ekosystemie koryta cieku wskutek odmulania dna wraz z usunięciem roślinności dennej [Rojek i in. 1997, Bondar-Nowakowska 2000]. Oddziaływanie tych dwóch czynników na roślinność cieku jest tak silne, że trudno określić znaczenie, pozostałych elementów rozpatrywanych w przeprowadzonej analizie. W celu rozwiązania tego problmu konieczne jest zatem rozszerzenie badań terenowych i przeprowadzenie dalszych analiz, poprzez zebranie danych do budowy tablic decyzyjnych w ciekach, w których roboty konserwacyjne nie były dotychczas przeprowadzane.

PODSUMOWANIE

Liczba gatunków naczyniowej roślinności wodnej oraz ich zagęszczenie w korycie cieku są uzależnione od wielu czynników. Przeprowadzone badania terenowe i analizy wykonane metodą teorii zbiorów przybliżonych wykazały, że do czynników tych należą również spadek podłużny cieku, szerokość dna, głębokość koryta, rodzaj materiału dennego, miąższość zamulenia, nachylenie i sposób umocnienia skarp oraz czas jaki upłynął od ostatniej konserwacji. Spośród tych czynników największe znaczenie w kształtowaniu naczyniowej roślinności dna, zarówno pod względem jakościowym jak i ilościowym, mają elementy, które są związane z konserwacją polegającą na odmuleniu dna i usunięciu roślinności dennej. Z uwagi na zmiany w biocenozie koryta cieku zachodzące w wyniku prowadzenia tych robót należy dążyć do tego, aby kształtować roślinność cieku również poprzez inne elementy. Wymaga to dalszego ich rozpoznawania i wskazuje na potrzebę rozszerzenia i kontynuowania przedstawionych w pracy badań.

Uzyskane w pracy wyniki świadczą o dużej przydatności teorii zbiorów przybliżonych do ustalania hierarchii oddziaływania elementów technicznych i przyrodniczych koryta cieku na skład jakościowy i ilościowy zbiorowisk roślinnych występujących w dnie cieku. Szczególnie cenne są tu możliwości oceny wpływu elementów koryta cieku połączonych w zespoły, co w systemowym podejściu do tego zagadnienia pozwala na wykonanie pełnej analizy.

BIBLIOGRAFIA

Bondar-Nowakowska E. *Oddziaływanie robót konserwacyjnych na florę i faunę koryt wybranych cieków nizinnych*. Zesz. Nauk. AR Wroc. Rozprawy CLXXIII, nr 391, 2000, s. 100.

Bondar-Nowakowska E., Dejas D. *Zarządzanie ryzykiem ekologicznym na przykładzie robót konserwacyjnych na ciekach.* Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCLXV, Melior. Inż. Środ. 26, 2000, s. 57–62.

Caffrey J. M., Monahan C., Tierney D. *Factors influencing the distribution of aquatic plant communities in Irish canals.* Hydrobiologia 570: 2006, s. 133–139.

Pawlak Z., *Rough sets*. International Journal. of Information and Computer Sciences. Nr 11 (5), 1982, s. 341–356.

Rojek S., Bondar-Nowakowska E., Dejas D., Chmura K. *Wpływ konserwacji cieku na zmiany szaty roślinnej*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie 2, 1997, s. 57–60.
Słowiński R. *Intelligent decision support. Applications and advances of the rough sets theory*. Kluwer Academic Publ., Dordrecht 1992.
Żelazo J., Popek Z. *Podstawy renaturyzacji rzek*. Wyd. SGGW, Warszawa 2002, s. 319.

Mgr inż. Justyna Hachoł
Dr hab. inż. Elżbieta Bondar-Nowakowska
Prof. dr hab. Andrzej Reinhard
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
50-365 Wrocław, Plac Grunwaldzki 24
tel. 071 3205590
e-mail: elzbieta.bondar-nowakowska@up.wroc.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Włodzimierz Parzonka*