

# OKREŚLENIE ZA POMOCĄ TEORII ZBIORÓW PRZYBLIŻONYCH HIERARCHII CZYNNIKÓW ODDZIAŁUJĄCYCH NA BEZKRĘGOWCE WODNE W WYNIKU ROBÓT KONSERWACYJNYCH

## EVALUATION OF HIERARCHY OF FACTORS AFFECTING THE WATER INVERTEBRATES AS A RESULT OF MAINTENANCE WORKS WITH USE OF THE ROUGH SET THEORY.

*Elżbieta Bondar - Nowakowska, Donat Dejas, Andrzej Reinhard*

Instytut Melioracji i Kształtowania Środowiska.  
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

### Wstęp

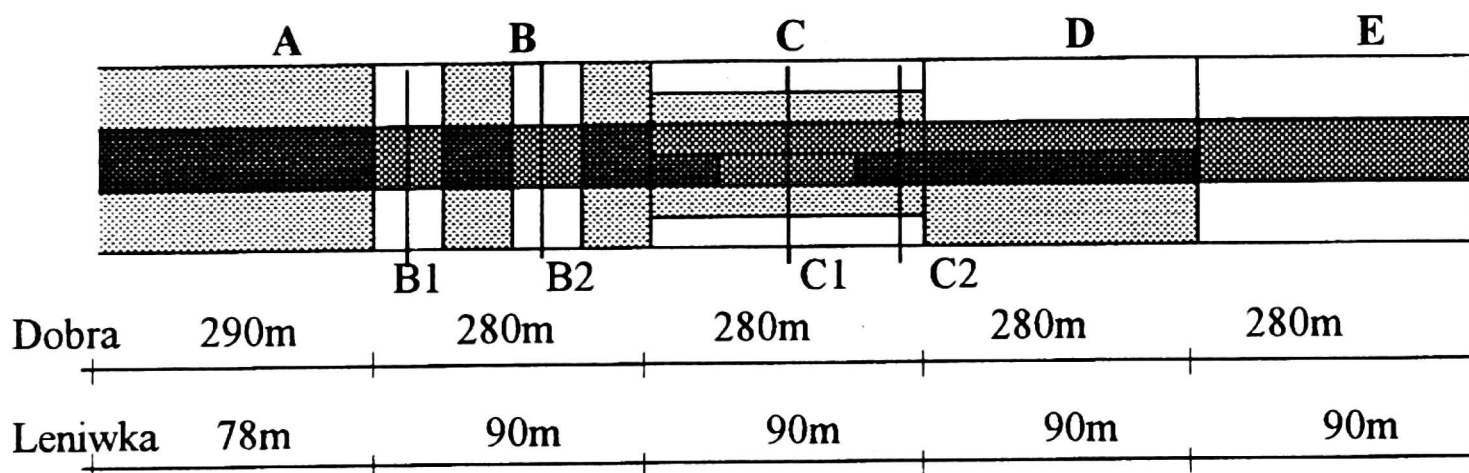
Odmulenie dna przywraca ciekom ich wymagane parametry przekroju, umożliwia odpływ uchodzących do nich systemów odwadniających a także zapobiega deformacji koryta. Jednocześnie odmulenie powoduje zmiany w biocenozie obszaru dennego. Zastosowanie teorii zbiorów przybliżonych pozwoliło określić hierarchię wpływu mechanicznego pogłębienia dna i usunięcia roślinności dennej na zmiany w bezkręgowcach wodnych w dwu ciekach.

### Material i metody badań

Aby ciek mogły w sposób niezawodny pełnić swoją rolę, zwłaszcza te, których zadaniem jest regulacja stosunków wodno – powietrznych na przyległych terenach i ochrona od powodzi, należy wykonywać zabiegi konserwacyjne, powtarzane na ogół co 2 lub 3 lata (Bala, Kwapisz, Wróbel 1991). Ogranicza to zatem okresy prowadzenia badań nad oddziaływaniem robót konserwacyjnych na biocenozę cieków do 2 lub 3 lat, co nie uniemożliwia wyciąganie wniosków i zaleceń, zwłaszcza do ich stosowania. (Bostelmann, Menze 1987, Menze 1992)

Podstawą analizy są obserwacje zmienności występowania organizmów wodnych w 2 ciekach - Dobra i Leniwka ( dopływy Widawy) w wyniku wykonania zabiegów konserwacyjnych. Roboty te, wykonane w 1994 roku, polegały na częściowym lub całkowitym odmuleniu dna wraz z usunięciem roślinności dennej

koparko - odmularką Pelikan oraz ręcznym wykoszeniu całych lub części skarp według poniższych schematów:



#### Legenda: Legend:

- Skarpa wykoszona, slope mowed
- Skarpa nie wykoszona, slope unmowed
- Dno ciek nie wykoszone i nie odmulone, bottom unelutriated and unmowed
- Dno ciek wykoszone i odmulone, bottom elutriated and mowed

Rys 1. Schematy konserwacji cieków Dobra i Leniwka

Ryc.1 Schemes of maintenance works on the water - courses Leniwka and Dobra

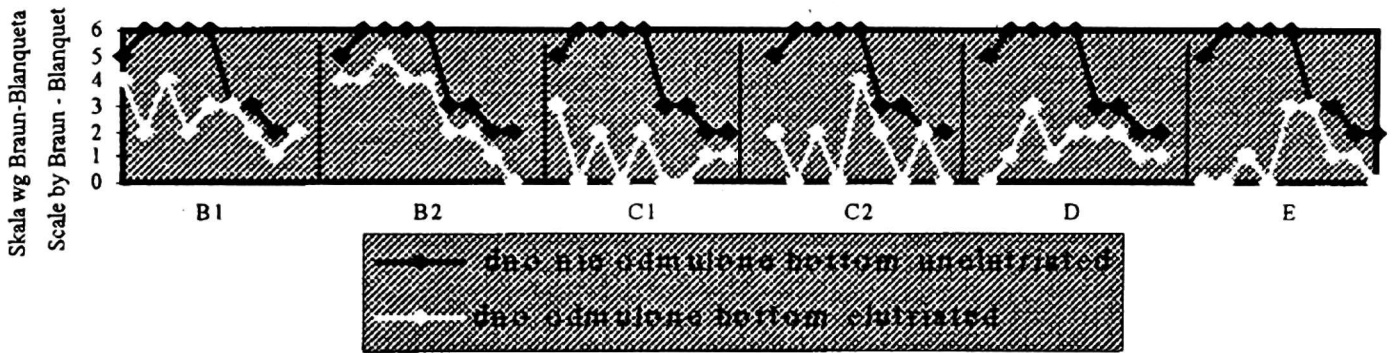
Na odcinku badawczym ciek Dobra średni spadek podłużny wynosił 0,24‰, szerokość dna 4m., nachylenie skarp 1: 2,5, głębokość ok.1,7m. Na ciek Leniwka średni spadek podłużny wynosił 1,7 ‰, średnia szerokość dna 1,8 m., nachylenie skarp 1:1,5, a głębokość ok.0,7m.

Ocenę zmian w ilości organizmów występujących w miejscach B1, B2, C1, C2, D i E na ciek Dobra oraz B1, C, D i E na ciek Leniwka, określano w stosunku do nie konserwowanego odcinka A. Badania wykonano w 9 terminach - 22 XI 1994r, oraz 6 IV, 20 V, 28 VI, 17 VII, 24 VIII, 7 X, 28 X, 8 XII 1995r metodą szacunkową wg skali Braun - Blanqueta. (Bondar - Nowakowska, Dejas, Polechoński 1997)

Na rysunku 2 przedstawiono ilościowe zmiany na przykładzie skąposzczeta - rurecznika pospolitego (*Tubifex tubifex*) w ciek Dobra w poszczególnych miejscach i terminach badawczych w stosunku do nie konserwowanego odcinka A. Wskazują one na wyraźny spadek liczebności tego gatunku na konserwowanych odcinkach ciek.

Celem niniejszej pracy jest określenie, czy zaobserwowane w roku 1994 i 1995 ilościowe zmiany rurecznika pospolitego i 26 innych bezkręgowców wodnych są wynikiem robót konserwacyjnych przeprowadzonych w pierwszej dekadzie

października 1994 oraz jaka jest kolejność oddziaływania czynników konserwacyjnych na zmiany liczebności analizowanych gatunków.



Rys. 2. Zmiany liczebności rurecznika pospolitego (*Tubifex tubifex*) w sektorach konserwowanych w porównaniu do nie konserwowanego odcinka A

Ryc.2 Size changes of *Tubifex tubifex* on sectors after maintenance works in comparison to the non maintenance sector A

Do przeprowadzenia takiej analizy zastosowano teorię zbiorów przybliżonych. (Bondar - Nowakowska, Dejas, Reinhard 1996), której główną zaletą jest uzyskanie wyników obliczeń bez konieczności prowadzenia długich ciągów obserwacji i przy małej liczebności pomiarów. (Pawlak 1982, Słowiński 1992) Jej podstawę stanowią 53 tablice decyzyjne zawierające blisko 28000 informacji odnoszących się do 27 gatunków występujących w cieku Dobra i 26 w cieku Leniwka. Są to: rurecznik pospolity (*Tubifex tubifex*), odlepka ślimacza (*Glossiphonia complanata*), *Erpobdella lineata*, błotniarka stawowa (*Lymnea stagnalis*) błotniarka pospolita (*Galba palustris*), zatoczek rogowy (*Planorbarius corneus*) zatoczek pospolity (*Planorbis planorbis*), kielż zdrojowy (*Gammarus pulex*), ośliczka wodna (*Asellus aquaticus*), pluskolec pospolity (*Notonecta glauca*), nartniki (*Hydrometra sp.*), pływak żółto-brzeżek (*Dytiscus marginalis*), komar pospolity (*Culex sp.*, *Sphaeromias fasciatus*), wypławek czarny (*Polycelis nigra*), żagnica wielka (*Aeschna grandis*), *Nemura variegata*, skójką zaostroszoną (*Unio tumidus*), gałeczka rzeczna (*Sphaerium rivicola*), groszkówka rzeczna (*Pisidium amnicum*) wodopójki (*Hydracarina*), niesporczaki (*Tardigrada*), skoczogony (*Collembola*), jętka pospolita (*Ephemera vulgata*), *Limnophilus flavicornis*, *Rammotaulius atomarius*, pająki, (*Araneida*) siatkoskrzydłe (*Neuroptera*), kielb (*Gobio gobio*).

Przykład jednej tablicy, odnoszącej się do rurecznika pospolitego w cieku Dobra, przedstawiony jest w tabeli 1. W tabeli tej w 6 kolumnach zapisane są atrybuty warunkowe, a w kolumnie 7 atrybut decyzyjny.

Jako pierwszy atrybut warunkowy (tabl.1) przyjęto ilość organizmów danego gatunku na odcinku, w którym w ogóle nie wykonywano robót

konserwacyjnych w okresie badań. Jest on sektorem porównawczym z sektorami B, C, D, E na których przeprowadzono roboty konserwacyjne. Przyjęto tutaj klasyfikację według sześciostopniowej skali Braun-Blanqueta, gdzie 0 oznacza brak organizmu, 1 - pojedyncze okazy, 2 - spotykane, 3 - liczne egzemplarze, 4 - bardzo liczne, 5 - masowe występowanie.

Tabela 1. Przykład tablicy decyzyjnej dla rurecznika pospolitego (*Tubifex tubifex*) w cieku Dobra

Table 1. Example of decision table for *Tubifex tubifex* on Dobra water course.

atrybuty warunkowe condition attributes						Atrybut decyzyjny decision attribute
1	2	3	4	5	6	7
5	1	1	1	1	4	4
6	1	1	1	1	1	2
6	1	1	1	1	1	4
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
3	1	1	3	6	2	3
3	1	1	3	6	3	1
2	1	1	3	6	3	1
2	1	1	3	6	4	0

Atrybutowi 2 przypisano zakres konserwacji dna cieku. Jeżeli całe dno odmulono wraz z usunięciem roślinności dennej, przyjęto - 1, gdy dno zostało odmulone w połowie, przyjęto 2 (przekrój C2 i D).

Atrybut 3 odnosi się do powierzchni skarpy znajdującej się bezpośrednio obok badanego stanowiska. Jeśli była ona wykoszona, to atrybutowi przypisywano wielkość 1, jeśli zaś pozostała w stanie naturalnym, to wielkość - 2. Atrybuty 2 i 3 zostały zróżnicowane w celu zbadania, czy pozostawienie swoistego „rezerwatu fauny dennej” w nie odmulonej części dna i na nie wykoszonym odcinku skarpy, wpływa na liczebność organizmów w części objętej konserwacją.

Atrybut 4 opisuje długość odcinków poddanych konserwacji w poszczególnych sektorach. Dane te są związane ze schematem konserwacyjnym. Klasyfikacja ta ma na celu wyjaśnienie, czy w przypadku różnych schematów konserwacji, ich długość może oddziaływać na liczebność fauny dennej. Tutaj oznaczają 1 - długość odcinka

równa 70 m. (przekrój B1, B2, C2) 2 - 140 m. (przekrój C1), 3 - 280 m. (sektor D,E) na cieku Dobra oraz 1 - 22m. (przekrój B1), 2 - 45m (przekrój C1) 3 - 90m. (sektor D,E) na cieku Leniwka.

Jako atrybut 5 oznaczono odległość badanego przekroju od sektora A nie poddanego konserwacji. Badaniom przeprowadzonym w przekroju B1, odległym od sektora A o 11 m. na cieku Leniwka i o 35 m. na cieku Dobra przypisano - klasę 1 i odpowiednio w przekroju B2 56m. i 175 m - klasę 2, w przekroju C1 135m. i 420m - klasę 3, w przekroju C2 170m. i 535m. klasę 4, w przekroju D 225m. i 700m. - klasę 5, w przekroju E 315 m. i 980 m. - klasę 6.

W atrybucie 6 wprowadzono terminy pobierania próbek jako wskaźnik zmiany liczebności bezkręgowców, od czasu wykonania konserwacji w pierwszej dekadzie października 1994 do końca następnego roku.

Kolumna 7 zawiera atrybut decyzyjny, który określa stan ilościowy organizmów po wykonaniu konserwacji. Zastosowano tutaj tę samą klasyfikację jak w kolumnie 1 tabeli 1

## Wyniki badań

Wyniki badań wskazują, że poszczególne gatunki reagowały odmiennie na roboty konserwacyjne. Współczynnik  $\gamma$  pozwala ocenić wpływ tych robót, opisanych atrybutami warunkowymi 1 - 6 (tabl.1), na zmiany liczebności fauny dennej, przy czym wyższe wartości tego współczynnika oznaczają, że liczebność danego gatunku reagowała silniej na odmulenie dna i usunięcie roślinności dennej. Szczegółowe wartości współczynnika  $\gamma$  dla poszczególnych organizmów przedstawione są w tabeli 2. Świadczą one, że fauna denna w cieku Dobra silniej zareagowała na wykonanie robót konserwacyjnych. Wartości współczynników  $\gamma$  na Dobrej były w przypadku 12 gatunków wyższe niż na cieku Leniwka, w 6 takie same, zaś w 8 osiągały wartości niższe. Do gatunków, których zmiana liczebności na odcinkach konserwowanych obu rozpatrywanych cieków była bardzo silnie powiązana z wykonaniem zabiegu należą: zatoczek pospolity, wypławek czarny, nemura variegata, skoczogony, jętka pospolita ( $\gamma=1$ ). Na cieku Dobra do takich organizmów należą dodatkowo: błotniarka pospolita, pluskolec pospolity, żagnica wielka, pająki i siatkoskrzydłe, zaś na Leniwce: nartniki, komar pospolity, skójka zaostzona, gałeczka rzeczna, *limnophilus flavicornis* i kielb. W przypadku pozostałych gatunków, współczynniki  $\gamma$  wahają się w granicach 0,44 – 0,93 na rzece Dobra i 0,33 – 0,92 na Leniwce. Najślabszą zależność od czynników, opisanych atrybutami warunkowymi 1- 6 na obu ciekach, wykazuje groszkówka rzeczna.

W tabeli 2 przedstawiono również kolejność oddziaływania poszczególnych atrybutów na zmiany liczebności bezkręgowców wodnych. Analiza

statystyczna 53 tablic decyzyjnych wskazuje że oddziaływanie atrybutu 6, spośród pozostałych atrybutów jest dominujące.

Spośród 27 rozpatrywanych gatunków, dla 14 z nich w cieku Dobra i 10 w cieku Leniwka, atrybut ten jest najważniejszą przyczyną zaobserwowanych zmian. Kolejnym czynnikiem, który na odcinkach konserwowanych oddziałuje na ilościowe zmiany bezkręgowców, jest ich liczebność jaka znajduje się na wyżej leżącym odcinku nie konserwowanym. Czynnikiem ten opisany jest atrybutem 1. Na pierwszym miejscu wystąpił on w przypadku 11 gatunków na Dobrej i 13 gatunków na Leniwce

Trzecią cechą w hierarchii oddziaływania robót konserwacyjnych na liczebność bezkręgowców wodnych jest odległość przekroju badawczego od sektora nie konserwowanego A (atrybut 5). Wpływ tej cechy na zmniejszenie liczebności organizmów jest szczególnie wyraźny na Dobrej, gdzie odległości te są większe niż na Leniwce.

Pozostałe cechy, tj. zakres konserwacji dna - pełne lub częściowe odmulenie (atrybut 2), skarpa wykoszona lub nie wykoszona (atrybut 3), długość odcinka poddanego konserwacji (atrybut 4), oddziaływały na obu ciekach słabiej niż atrybuty 6 i 1 a na Dobrej słabiej także niż atrybut 5. Obliczenia wykazały, że stopień oddziaływania tych cech był podobny. Można zatem przyjąć, że najbardziej odpowiednim schematem konserwacji, która została wykonana w październiku 1994, jest schemat przedstawiony jako sektor B. Umożliwia on migrację bezkręgowców z odcinka nie konserwowanego do odcinka pozostawionego w stanie naturalnym.

## Wnioski

1. Konserwacja cieków Dobra i Leniwka spowodowała spadek liczebności bezkręgowców wodnych, przy czym poszczególne gatunki reagowały odmienne na przeprowadzony zabieg.
2. Analiza wykonana teorią zbiorów przybliżonych wykazała, że czynniki opisane atrybutami warunkowymi wpłynęły na ciekach Dobra i Leniwka w silnym stopniu na zmianę liczebności 11 gatunków bezkręgowców, tj. na te, których współczynnik  $\gamma = 1$
3. Oddziaływanie atrybutów na stan ilościowy organizmów było zróżnicowane. Najsilniejszy wpływ wykazywały czynniki naturalne tj. pora roku w której wykonano obserwacje oraz liczebność bezkręgowców w sektorze nie konserwowanym. W cieku Dobra dość wyraźnie zauważa się ponadto oddziaływanie odległości przekroju badawczego od sektora nie konserwowanego.
4. Przeprowadzone badania wskazują, że schemat sektora B jest najbardziej odpowiedni dla zminimalizowania powstałych w wyniku robót konserwacyjnych ilościowych zmian bezkręgowców wodnych.

Tabela 2 wartości współczynników  $\gamma$  oraz hierarchia atrybutów warunkowych  
 Table 2 Value of  $\gamma$  coefficient and hierarchy of condition attributes

<i>Tubifex tubifex</i>		<i>Glossiphonia complanata</i>		<i>Erpobdella lineata</i>	
Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka
$\gamma = 0,67$	$\gamma = 0,92$	$\gamma = 0,93$	$\gamma = 0,62$	$\gamma = 0,75$	$\gamma = 0,75$
1	1	1	6	6	6
6	6	6	1	1	1
5	2,3,4,5	5	2,3,4,5	5	2,3,4,5
2,3,4		2,3,4		2,3,4	
<i>Lymnea staginalis</i>		<i>Galba palustris</i>		<i>Planorbarius corneus</i>	
Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka
$\gamma = 0,69$	$\gamma = 0,33$	$\gamma = 1$	$\gamma = 0,75$	$\gamma = 1$	$\gamma = 1$
1	6	6	1,6	1	1
6	1,2,3,4,5	1	2,3,4,5	6	6
5		5		5	2,3,4,5
2,3,4		2,3,4		2,3,4	
<i>Planorbis planorbis</i>		<i>Gammarus pulex</i>		<i>Asellus aquaticus</i>	
Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka
$\gamma = 0,48$	$\gamma = 0,83$	$\gamma = 0,81$	$\gamma = 0,50$	$\gamma = 0,70$	$\gamma = 0,50$
6	1	1	6	1	6
1	6	6	1	5, 6	1
5	2,3,4,5	5	2,3,4,5	2,3,4	2,3,4,5
2,3,4		2,3,4			
<i>Notonecta glauca</i>		<i>Hydrometra sp</i>		<i>Dytiscus marginalis</i>	
Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka
$\gamma = 1$	$\gamma = 0,67$	$\gamma = 0,81$	$\gamma = 1$	$\gamma = 1$	$\gamma = 0,83$
1	1	1	1	6	1,6
6	6	6	6	1	2,3,4,5
5	2,3,4,5	5	2,3,4,5	5	
2,3,4		2,3,4		2,3,4	
<i>Culex sp, Sphaeromias fasciatus</i>		<i>Polycelis nigra</i>		<i>Aeschna grandis</i>	
Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka
$\gamma = 0,87$	$\gamma = 1$	$\gamma = 1$	$\gamma = 1$	$\gamma = 1$	$\gamma = 0,62$
1	1	6	1	6	1
5	6	1	6	1	6
2,3,4,6	2,3,4,5	5	2,3,4,5	5	2,3,4,5
		2,3,4		2,3,4	

<i>Nemura variegata</i> <i>Hydrometra sp</i>		<i>Unio tumidus</i>		<i>Sphaerium rivicola</i>	
Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka
$\gamma = 1$	$\gamma = 1$	$\gamma = 0,78$	$\gamma = 1$	$\gamma = 0,87$	$\gamma = 1$
6	1	6	1	6	1
1	6	1	6	1	6
5	2,3,4,5	5	2,3,4,5	5	2,3,4,5
2,3,4		2,3,4		2,3,4	
<i>Pisidium amnicum</i>		<i>Hydracarina</i>		<i>Tardigrada</i>	
Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka
$\gamma = 0,44$	$\gamma = 0,33$	$\gamma = 0,89$	$\gamma = 0,75$	$\gamma = 0,83$	nie wystąpiły
6	6	6	6	6	non found
1	1,2,3,4,5	1	1	1,2,3,4,5	
5		5	2,3,4,5		
2,3,4		2,3,4			
<i>Collembola</i>		<i>Ephemera vulgata</i>		<i>Limnophilus flavicornis</i>	
Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka
$\gamma = 1$	$\gamma = 1$	$\gamma = 1$	$\gamma = 1$	$\gamma = 0,83$	$\gamma = 1$
5	1,2,3,4,5,6	6	1	1	1
1		1	6	4	4
2,3,4,6		5	2,3,4,5	5	2,3,4,5
		2,3,4		2,3,4	
<i>Araneida</i>		<i>Neuroptera</i>		<i>Gobio gobio</i>	
Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka	Dobra	Leniwka
$\gamma = 1$	$\gamma = 0,67$	$\gamma = 1$	$\gamma = 0,67$	$\gamma = 0,89$	$\gamma = 1$
1	6	5,6	6	6	6
5	1,2,3,4,5	1	1,2,3,4,5	1	1
2,3,4,6		2,3,4		5	2,3,4,5
				2,3,4	

### Literatura

Bala W., Kwapisz J., Wróbel F. 1991. *Wyznaczenie normatywów obsługiwaniania rowów melioracyjnych na podstawie badań eksploatacyjnych*. Zesz. Nauk. A.R. w Krakowie. Nr 249, cz. 2, 107-123



- Bondar - Nowakowska E., Dejas D., Polechoński R. 1997. *Zmiany w składzie bezkręgowców wodnych wskutek odmulenia dna cieków Dobra (dopływ Widawy)* Roczn. AR Pozn. CCXCIV Melior. Inż. Środ. 19, cz.1: 227-233
- Bondar - Nowakowska E., Dejas D., Reinhard A. 1996. *Określenie hierarchii czynników wpływających na czas napełnienia tyżki maszyny Pelikan przy odmuleniu cieków z zastosowaniem teorii zbiorów przybliżonych.* Przegl. Nauk. Wydz. Melior. i Inż. Środ. SGGW Warszawa Zeszyt 12 169 -174
- Bostelmann R., Menze R. 1987. *Auswirkungen von Maßnahmen der Gewässerunterhaltung auf Gewässerlebensgemeinschaften.* DVWK Schriften. P. Parey Hamburg u. Berlin. 76 – 77
- Menze R. 1992 *Auswirkungen der maschinellen Gewässerunterhaltung auf aquatische Lebensgemeinschaften.* DVWK Schriften 99, P. Parey Hamburg u. Berlin. 78-79
- Pawlak Z. 1982. *Rough sets.* International Journal of Information and Computer Sciences 11(5) 341-356
- Słowiński R. 1992. *Intelligent decision support Applications and Advances of the Rough Sets Theory.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London. 267-286.

### Summary

**Evaluation of hierarchy of factors affecting the water invertebrates as a result of maintenance works with use of the rough set theory.** In the paper the rough set theory has been applied. With the help of this theory the hierarchy of effect, for some characteristics of the maintenance works, on quantitative changes of 27 water invertebrates has been evaluated. The maintenance works were carried out on 2 water courses in the autumn 1994

Elżbieta Bondar - Nowakowska  
Instytut Melioracji i Kształtowania Środowiska. Akademia Rolnicza we Wrocławiu  
Pl. Grunwaldzki 24  
50-365 Wrocław