

**Elżbieta Królak*, Małgorzata Korycińska*, Katarzyna Diadik*,
Sylvia Godziuk***

CZY LOKALNE OCZYSZCZALNIE ŚCIEKÓW WPŁYWAJĄ NA JAKOŚĆ WÓD W ICH ODBIORNIKACH?

DO LOCAL SEWAGE TREATMENT PLANTS INFLUENCE THE QUALITY OF WATER IN SEWAGE RECEIVING RIVERS?

Słowa kluczowe: rzeki, oczyszczalnia ścieków, parametry fizyczno-chemiczne, ocena biologiczna, ocena hydromorfologiczna.

Keywords: rivers, sewage treatment plants, physical and chemical parameters, biological assessment, hydromorphological assessment.

The chemical content of sewage piped off two small sewage treatment plants (capacity: 200 m³·day⁻¹) in Wisznice and Piszczac (Lublin Voivodeship) was analysed. The aim of the study was to assess the impact of sewage on water quality of rivers (the Zielawa River, the Lutnia River) being sewage receivers. On each river three study sites were located: 200 m in front of the sewage outlets and 200 m and 5 km beyond the outlets. The following parameters were analysed both in sewage and water: conductivity, pH, oxygen concentration, BOD₅, as well as ammonium, nitrogen, phosphate and chloride ions concentrations. Additionally, the taxonomic composition of macrofauna invertebrate was studied in the rivers. It was established that the taxonomic composition of macroinvertebrates depends on hydro-morphological aspects of rivers to a greater extent than the quality of sewage piped off a sewage treatment plant.

* **Dr hab. Elżbieta Królak, dr Małgorzata Korycińska, mgr Katarzyna Diadik, mgr Sylvia Godziuk – Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska, Instytut Biologii, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, 08-110 Siedlce, ul. Prusa 12; tel.: 25 643 12 17, e-mail: kruell@02.pl, tel.: 25 643 12 15, gosia_k@uph.edu.pl, k_diadik@wp.pl, sylvia.godziuk@interia.pl**

1. WPROWADZENIE

Jednym z ważniejszych zadań gospodarki wodnej w Europie jest przywrócenie ekosystemom wysokiej jakości ekologicznej. Elementami składowymi oceny ekologicznej jakości rzek jest ocena jakości wód, z uwzględnieniem wskaźników fizyczno-chemicznych, biologicznych i hydromorfologicznych [Directive 2000]. Analiza wskaźników fizyczno-chemicznych umożliwia identyfikację rodzaju zanieczyszczeń, analiza biologiczna, oparta na składzie taksonomicznym makrofauny bezkręgowej, odzwierciedla warunki panujące w środowisku w dłuższym okresie [Hellawell 1986, Rosenberg i Resh 1993]. Skład taksonomiczny makrozoobentosu zależy od czystości wody [Cao i in. 1996, Fleituch i in. 2002, Thiébaud i in. 2006], jak również typu siedlisk [Pliūraitė i Kesminas 2004, Thiébaud i in. 2006, Wright i in. 1994]. O typach siedlisk w zbiornikach wodnych decydują m.in. czynniki, które uwzględnia się w hydromorfologicznej charakterystyce środowisk rzecznych [Adynkiewicz-Piragas 2006, Szoszkiewicz i in. 2009]. Zgodnie z zaleceniami Ramowej Dyrektywy Wodnej państwa członkowskie Unii Europejskiej są zobowiązane do osiągnięcia do 2015 roku przynajmniej dobrego stanu ekologicznego wód w obszarach dorzeczy [Directive 2000, Szoszkiewicz i in. 2009].

Stan czystości rzek województwa lubelskiego podlega corocznej ocenie w ramach realizacji monitoringu wód płynących. Badania są prowadzone głównie na rzekach znaczących w skali województwa, ze względów ekologicznych i gospodarczych [Raport... 2010]. O jakości wód w rzekach decyduje m.in. jakość ich dopływów. Często niewielkie cieki są odbiornikami zanieczyszczeń dopływających z małych miejscowości, m.in. z gminnych oczyszczalni ścieków. Taką rolę odgrywają m.in. rzeki Zielawa i Lutnia, przepływające przez województwo lubelskie.

Rzeka Zielawa jest prawobrzeżnym dopływem Krzny. Według danych zamieszczonych w raporcie WIOŚ [Raport... 2010] jej stan ekologiczny w dolnym biegu oceniono jako umiarkowany. Rzeka Lutnia, będąca dopływem Zielawy nie jest objęta monitoringiem WIOŚ. Obie rzeki są odbiornikami ścieków z gminnych oczyszczalni o przepustowości około 200 m³·d⁻¹. Interesująca wydała się ocena wpływu oczyszczalni ścieków w miejscowościach Wisznice i Piszczac na jakość wód Zielawy i Lutni oraz próba odpowiedzi na pytania:

- 1) Czy gminne oczyszczalnie ścieków zmieniają skład chemiczny wód w rzekach będących ich odbiornikami?
- 2) Czy dopływ oczyszczonych ścieków z gminnych oczyszczalni wpływa na biologiczną ocenę jakości wód?
- 3) Jakie czynniki decydują o tzw. ekologicznej charakterystyce niewielkich cieków, będących odbiornikami ścieków oczyszczonych w gminnych oczyszczalniach?

W celu udzielenia odpowiedzi na te pytania podjęto badania, których zakres obejmował:

- 1) wytypowanie trzech stanowisk na rzece Zielawa w pobliżu miejscowości Wisznice i trzech stanowisk na rzece Lutnia koło miejscowości Piszczac, zlokalizowanych: ok. 200 m przed ujściem kanału z oczyszczalni oraz 200 m i ok. 5 km za kanałem zrzutowym;

- 2) analizę wybranych wskaźników fizyczno-chemicznych wody w rzekach na wytypowanych stanowiskach oraz w kanałach odprowadzających oczyszczone ścieki z oczyszczalni;
- 3) analizę składu taksonomicznego makrofauny bezkręgowej w rzekach na wybranych stanowiskach;
- 4) hydromorfologiczną ocenę wytypowanych odcinków rzek.

2. TEREN BADAŃ

Badania prowadzono w dorzeczu rzeki Krzna, która płynie przez południowe Podlasie i Nizinę Południowopodlaską. Powierzchnia dorzecza Krzny wynosi 3353 km². Jednym z większych prawobrzeżnych dopływów Krzny jest rzeka Zielawa (długość 68 km, powierzchnia dorzecza 1226 km², średni przepływ 6,36 m³·s⁻¹). Głównym dopływem Zielawy jest rzeka Lutnia (długość ok. 35 km).

Zielawa jest odbiornikiem ścieków z gminnej oczyszczalni w Wisznicach (miejscowość gminna liczy ok. 1 500 mieszkańców). Lutnia, podobnie jak Zielawa, jest odbiornikiem ścieków z miejscowości Piszczac (miejscowość zamieszkuje ok. 3 000 mieszkańców).

Oczyszczalnia w Wisznicach, typu BIO-KON, powstała w 1992 r. Oczyszczalnia w Piszczacu, typu BIO-PAK, została oddana do użytku w 1999 r. W obu oczyszczalniach ścieki są oczyszczane w sposób mechaniczno-biologiczny. Do oczyszczalni, systemem kanalizacji, są dostarczane ścieki bytowe. Oczyszczalnie przyjmują także ścieki dowożone z terenu gmin wozami asenizacyjnymi. Średni dobowy przepływ ścieków w obu oczyszczalniach jest mniejszy niż 200 m³.

3. MATERIAŁ I METODY

Próbki wody ze stanowisk wytypowanych na rzekach oraz z kanału pobierano 6-krotnie, w okresie od kwietnia 2009 r. do listopada 2010 r. W maju i październiku 2009 i 2010 r. pobierano z rzek organizmy bentosowe.

W próbkach oznaczano wybrane wskaźniki fizyczno-chemiczne wody: odczyn – potencjometrycznie, przewodność elektrolityczną – konduktometrycznie, zawartość tlenu i BZT₅ – metodą Winklera, stężenie azotanów, jonów amonowych i fosforanowych – spektrofotometrycznie, stężenie jonów chlorkowych – metodą analizy miareczkowej [Hermanowicz i in. 1976].

Makrofaunę bezkręgową pobierano skrobakiem z dna z reprezentatywnych siedlisk, z powierzchni ok. 1 m². Organizmy oznaczano za pomocą kluczy [Czachorowski i Pietrzak 2003, Kołodziejczyk i Koperski 2000, Piechocki 1979] z dokładnością do rodziny, jedynie skąposzczęty oznaczono z dokładnością do gromady. Na podstawie oznaczeń zoobentosu

obliczono wartości indeksu BMWP-PL (w obliczeniach korzystano ze standardowej tabeli opracowanej przez Kownackiego i in. [2004]).

Na wytypowanych odcinkach rzek dokonano oceny hydromorfologicznej wg opracowania Ilnickiego i Lewandowskiego [1997].

4. WYNIKI

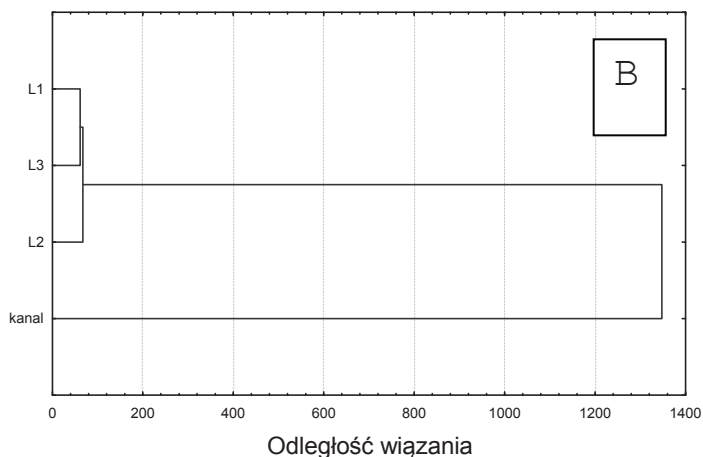
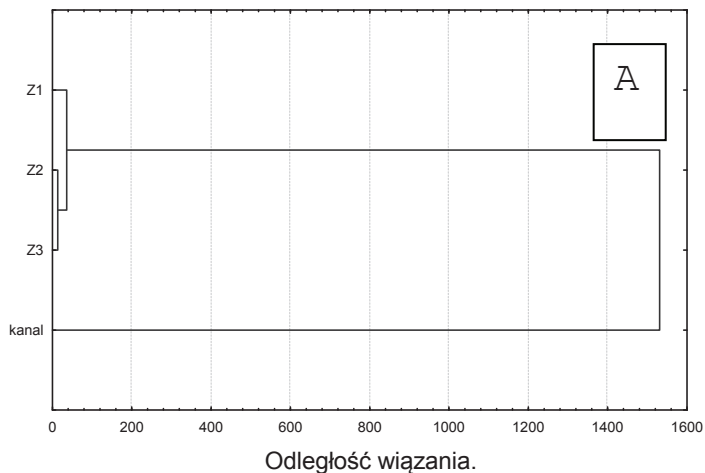
Wartości pH wód na badanych stanowiskach obu rzek oraz w kanałach zmieniały się w przedziale 6,1–7,98. Oznaczone w ściekach wartości pH były zbliżone do wartości mierzonych w rzekach. W odprowadzanych z oczyszczalni ściekach odnotowano zasolenie, stężenie jonów amonowych, azotanowych, fosforanowych i chlorkowych większe niż w rzekach. Ścieki odprowadzane z oczyszczalni w Piszczacu charakteryzowały się mniejszym natlenieniem i większą wartością BZT₅ niż wody Lutni. Na stanowiskach zlokalizowanych za ujściem kanałów z obu oczyszczalni notowano nieznacznie podwyższoną wartość przewodnictwa oraz większe stężenie jonów amonowych i azotanowych niż na stanowiskach położonych przed zrzutem ścieków (tab. 1).

Tabela 1. Wybrane wskaźniki fizyczno-chemiczne (\pm SD) oraz biologiczna i hydromorfologiczna ocena wód Zielawy i Lutni

Table 1. Chosen physical and chemical parameters (\pm SD) and biological and hydromorphological assessment of the Zielawa and Lutnia Rivers

Parametr	Jednostka	Zielawa – stanowiska				Lutnia – stanowiska			
		1	kanał	2	3	1	kanał	2	3
Ocena fizyczno-chemiczna									
pH		7,18-7,83	6,1-7,52	7,25-7,76	6,71-7,64	6,93-7,60	7,15-7,59	7,24-7,80	7,22-7,98
Przewodnictwo elektrolityczne	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	439 \pm 12,9	851 \pm 428,4	456 \pm 34,3	443 \pm 13,8	382 \pm 19,7	1572 \pm 611,7	419 \pm 23,5	405 \pm 32,5
O ₂	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	7,4 \pm 2,76	6,4 \pm 3,54	6,4 \pm 3,78	7,4 \pm 3,06	10,6 \pm 2,95	8,7 \pm 1,78	10,7 \pm 2,22	9,5 \pm 0,74
BZT ₅		2,06 \pm 1,29	2,02 \pm 0,65	1,86 \pm 1,96	2,8 \pm 2,11	5,48 \pm 4,4	17,7 \pm 8,4	6,62 \pm 3,15	5,6 \pm 1,3
NO ₃ ⁻		2,05 \pm 0,48	7,3 \pm 7,76	2,85 \pm 0,65	2,37 \pm 0,77	2,7 \pm 1,04	4,3 \pm 3,1	2,9 \pm 2,0	2,85 \pm 1,3
NH ₄ ⁺		0,28 \pm 0,09	6,55 \pm 4,33	0,77 \pm 0,54	0,23 \pm 0,10	0,23 \pm 0,15	2,5 \pm 11,02	0,98 \pm 0,79	0,31 \pm 0,16
PO ₄ ³⁻		0,27 \pm 0,16	11,6 \pm 7,19	0,30 \pm 0,06	0,23 \pm 0,08	0,48 \pm 0,59	5,8 \pm 8,26	0,40 \pm 0,41	0,26 \pm 0,22
Cl ⁻		35,3 \pm 25,7	89,3 \pm 55,4	28,5 \pm 15,02	22,7 \pm 5,16	25,5 \pm 14,9	132,3 \pm 22,6	21,5 \pm 1,1	20,3 \pm 1,9
Ocena biologiczna									
Liczba rodzin w okresie badań		22	–	19	15	15	–	15	15
Wartość indeksu BMWP-PL		48	–	42	39	34	–	30,5	31
Ocena hydromorfologiczna									
Kategoria naturalności		IV				IV			

Analiza statystyczna wykonana metodą skupień na podstawie właściwości fizyczno-chemicznych wód wykazała w Lutni podobieństwo stanowisk 1 i 3, w Zielawie zaś – stanowisk 1 i 2. Wartości wskaźników fizyczno-chemicznych mierzonych w ściekach odprowadzanych kanałem z obu oczyszczalni wyraźnie różnią się od mierzonych na stanowiskach zlokalizowanych na obu rzekach. W przypadku Lutni charakterystyka stanowiska 2 nieznacznie różni się od stanowisk 1 i 3, natomiast w Zielawie – nieznacznie, pod względem właściwości fizyczno-chemicznych, od stanowisk 1 i 2 różni się stanowisko 3 (rys.1).



Rys. 1. Wyniki analizy skupień badanych parametrów fizyczno-chemicznych wód: A - Zielawy, B – Lutni

Fig. 1. The results of cluster analysis of physical and chemical parameters of water: A – the Zielawa River, B – the Lutnia River

Skład taksonomiczny makrobezkręgowców na wytypowanych do badań odcinkach był bardziej bogaty w Zielawie niż Lutni. W całym okresie badań w wodach Zielawy na poszczególnych stanowiskach zlokalizowanych wzdłuż biegu rzeki oznaczono kolejno: 22, 19 i 15 rodzin makrobezkręgowców, w Lutni na każdym z wytypowanych stanowisk w okresie badań oznaczono po 15 rodzin (tab. 1). Średnie wartości indeksu BMWP-PL w Zielawie to kolejno: 48, 42 i 39 pkt, w Lutni – 34, 30,5 i 31 pkt. Wyniki analizy biologicznej wskazują na nieznaczne pogorszenie jakości wody na stanowiskach zlokalizowanych za ujściem kanałów z oczyszczalni. Na dalszym odcinku Zielawy zmniejsza się różnorodność taksonomiczna organizmów bentosowych. Zmian takich nie odnotowano w Lutni.

Zarówno Zielawa, jak i Lutnia na wytypowanych odcinkach są uregulowane, charakteryzują się niewielką liczbą przegłębień, namulisk, piaszczystym lub piaszczysto-mulistym podłożem, jednolitą szerokością lustra wody, sporadycznie występują rośliny wodne. Oba ciekі stale prowadzą wodę i charakteryzują się zmianami wielkości przepływu. W strefie przybrzeżnej występują pojedyncze drzewa i krzewy, zajmujące 10–20% długości brzegów. W pobliżu rzek przeważa roślinność ruderalna i trawiasta, szerokość strefy przybrzeżnej wynosi 2–5 m. W dolinach obu rzek dominują grunty orne. Średnia wartość punktowa przypisana elementom, składającym się na ocenę hydromorfologiczną w przypadku każdego wytypowanego odcinka, oceniana w skali 1–5, wyniosła 2 pkt., co w końcowej ocenie oznacza, że charakteryzują się one małą atrakcyjnością krajobrazową oraz zmienionym ekosystemem.

5. DYSKUSJA

Kompleksowa charakterystyka środowisk wodnych, zgodnie z zaleceniami RDW, powinna uwzględniać wskaźniki fizyczno-chemiczne, biologiczne i hydromorfologiczne. Te trzy komponenty składają się na tzw. ekologiczną ocenę jakości wód [Directive 2000]. Charakterystyka przeprowadzana z uwzględnieniem wskaźników fizyczno-chemicznych wody i składu taksonomicznego makrozoobentosu na wybranych stanowiskach Zielawy i Lutni umożliwiła ocenę wpływu oczyszczonych ścieków, odprowadzanych z niewielkich oczyszczalni, na jakość rzek będących ich odbiornikami.

Wartości wybranych wskaźników fizyczno-chemicznych wody na stanowiskach położonych ok. 200 m za ujściem kanału zrzutowego są porównywalne z wartościami mierzonymi w punkcie poboru próbek wody zlokalizowanym przed ujściem kanału zrzutowego. Duże podobieństwo tych stanowisk jest szczególnie wyraźne w Zielawie. Biorąc pod uwagę wartości odległości euklidesowej (rys. 1) należy podkreślić, że skład chemiczny ścieków wyraźnie odbiega od składu chemicznego wód w obu rzekach, chociaż w ostatecznej ocenie nie rzutuje on wyraźnie na zmianę klasyfikacji wód w ciekach.

Wody Lutni na każdym stanowisku oceniono jako III klasy czystości, a wody Zielawy – jako II klasy czystości. Wyniki oznaczeń wskaźników fizyczno-chemicznych w wodach obu rzek wskazują, że jakość ścieków odprowadzanych z obu oczyszczalni nie ma bezpośrednie-

go wpływu na klasyfikację wód w rzekach, należy jednak zauważyć, że oznaczane w ściekach wskaźniki charakteryzują się dużym odchyleniem standardowym, co wskazuje na duży rozrzut mierzonych wartości. Oznacza to, że jakość ścieków, w zależności od okresu poboru próbek (okres ten był wybierany przypadkowo), była różna – w niektórych terminach dopuszczalne wartości podane w rozporządzeniu Ministra Środowiska [2006] ($N(NH_4) - 10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, $N(NO_3) - 30 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, $P_{\text{całk}} - 1,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) były przekroczone. Analiza chemiczna wody charakteryzuje jej jakość w chwili pobierania próbek i może ulegać dużym zmianom w krótkim okresie. Powinna być wykonywana z większą częstotliwością niż analiza biologiczna.

W literaturze podkreśla się, że wybrane wskaźniki fizyczno-chemiczne wód mają bezpośredni wpływ na wskaźniki biologiczne [Cao i in. 1996; Chainho i in. 2006; Fleituch i in. 2002; Thiébaud i in. 2006]. Za dobre wskaźniki jakości wód są uważane makrobezkręgowce [Hellawell 1986, Rosenberg i Resh 1993]. Są one wykorzystywane w różnych indeksach biotycznych, w tym w indeksie BMWP-PL [Kownacki i in. 2004], który od 2004 r. jest często stosowany do oceny jakości rzek [Czerwiński i in. 2009; Korycińska i Królak 2007; Rybak i Umińska-Wasiluk 2007; Zdoliński i in. 2009]. Według wskaźników biologicznych wody Zielawy na stanowiskach 1 i 2 oceniono jako III klasy, a na stanowisku 3 – jako IV klasy. Wody Lutni na wszystkich stanowiskach, zgodnie z wartościami indeksu BMWP-PL, zaklasyfikowano do IV klasy czystości. Wartość indeksu BMWP-PL na stanowiskach 2 i 3 Zielawy jest zbliżona do dolnej granicy wartości przyjętej dla III klasy (70–40 pkt.) i górnej granicy wartości dla IV klasy (39–10 pkt.), wg klasyfikacji przyjętej w rozporządzeniu Ministra Środowiska z 2004 r. Ocena biologiczna badanych odcinków obu rzek była mniej korzystna niż ocena chemiczna. Podobnie jak w przypadku oceny chemicznej nie odnotowano wyraźnego pogorszenia jakości wód na stanowiskach zlokalizowanych bezpośrednio za ujściem ścieków z oczyszczalni, jednak w przypadku Zielawy, na stanowisku za kanałem zrzutowym, odnotowano nieco mniejszą liczbę rodzin makrobezkręgowców niż na stanowisku położonym wyżej. W literaturze [np. Feituch i in. 2002; Kornijów i Lachowska 2002; Stańczykowska i in. 2002] podkreśla się, że dopływ punktowych zanieczyszczeń z oczyszczalni ścieków zmniejsza różnorodność taksonomiczną makrobezkręgowców; wyniki przeprowadzonych badań własnych nie potwierdzają w pełni danych literaturowych.

Spośród różnych, proponowanych metod hydromorfologicznej oceny rzek [Adynkiewicz-Piragas 2006; Ogłęcki 2006; Szoszkiewicz i in. 2009] na potrzeby niniejszej pracy wybrano metodę opracowaną przez Ilnickiego i Lewandowskiego [1997], która zdaniem Ogłęckiego [2006] zapewnia maksymalny stopień dokładności, a jej wykonanie i interpretacja są stosunkowo proste. Ocena hydromorfologiczna wskazuje na duży stopień przekształceń antropogenicznych badanych odcinków rzek. Nieznaczne pogorszenie jakości wód Zielawy (wg oceny biologicznej) na 5-kilometrowym odcinku za kanałem zrzutowym może sugerować dopływ niekontrolowanych zanieczyszczeń ze źródeł obszarowych bądź punktowych. Sprzyja temu charakter zagospodarowania zlewni (głównie pola uprawne), mała ilość zadrzewień w strefie przybrzeżnej oraz uregulowane koryto.

Ocena hydromorfologiczna jest elementem wspierającym monitoring biologiczny – określa zdolność do ekologicznego funkcjonowania rzeki [Adynkiewicz-Piragas 2006]. W literaturze [Ogłęcki 2006] podkreśla się, że elementy abiotyczne, związane m.in. z morfologią cieków, mają ogromne znaczenie dla różnorodności przyrodniczej i funkcjonowania środowiska biotycznego. Mała atrakcyjność krajobrazowa wytypowanych do badań odcinków rzek oraz zmieniony, na skutek uregulowania obu cieków, ekosystem wydaje się być w większym stopniu elementem decydującym o biologicznej ocenie jakości rzek niż dopływ oczyszczonych ścieków z małych gminnych oczyszczalni.

W świetle zaprezentowanej oceny wybranych odcinków dwóch niewielkich cieków wydaje się mało prawdopodobne, by – zgodnie z zaleceniami Ramowej Dyrektywy Wodnej – udało się do 2015 r. osiągnąć przynajmniej dobry stan ekologiczny wód w obszarach dorzeczy [Directive 2000; Szoszkiewicz i in. 2009].

O jakości wód Zielawy i Lutni w większym stopniu decyduje hydromorfologia cieków niż dopływające do nich ścieki z oczyszczalni.

PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- ADYNKIEWICZ-PIRAGAS M. 2006. Hydromorfologiczna ocena cieków wodnych w krajach Unii Europejskiej jako element wspierający ocenę ekologicznego stanu rzek zgodnie z wymogami Ramowej Dyrektywy wodnej. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 4(3): 7–15.
- CHAINHO P., COSTA J. L., CHAVES M. L., LANE M. F., DAUER D. M., COSTA M. J. 2006. Seasonal and spatial patterns of distribution of subtidal benthic invertebrate communities in the Mondego River, Portugal. *Hydrobiologia* 555(1): 59–74.
- CAO Y., BARK A. W., WILLIAMS W. P. 1996. Measuring the responses of macroinvertebrate communities to water pollution: a comparison of multivariate approaches, biotic and diversity indices. *Hydrobiologia* 341: 1–19.
- CZACHOROWSKI S., PIETRZAK L. 2003. Klucz do oznaczania rodzin chruścików (*Trichoptera*) występujących w Polsce. Larwy. Wydawnictwo Mantis, Olsztyn.
- CZERWIAWSKI R., DOMAGAŁA J., PILECKA-RAPACZ M., PÓŁGĘSEK M. 2009. The BMWP–PL method applied for evaluation of water purity in the catchment area of the middle and lower Drawa River. *EJPAU* 12(4) art. – 05. Topic Fisheries.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 Oct. 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.** OJEC L 327/1 of 22.12.2000.
- FLEITUCH T., SOSZKA H., KUDELSKA D., KOWNACKI A. 2002. Macroinvertebrates as indicators of water quality rivers: a scientific basis for Polish standard method. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 141(3–4): 225–239.

- HELLAWELL J. M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier, London: 546.
- HERMANOWICZ W., DOŻAŃSKA W., DOJLIDO J., KOZIOROWSKI B. 1976. Fizyczno-chemiczne badania wody i ścieków. Wydawnictwo Arkady, Warszawa: 846.
- ILNICKI P., LEWANDOWSKI P. 1997. Ekomorfologiczna waloryzacja dróg wodnych Wielkopolski. Wydawnictwo Naukowe Bogucki, Poznań: 128.
- KORNIJÓW R., LACHOWSKA G. 2002. Effect of treated sewage on benthic invertebrate communities in the Upland Bystrzyca Lubelska river (Eastern Poland). In: Kownacki A., Soszka H., Fleituch T., Kudelska D. (red) River biomonitoring and benthic invertebrate communities (Monograph). Inst. Env. Protection – Karol Starmach Inst. Freshwater Biol. Polish Acad. Sci. Warszawa – Kraków: 45–52.
- KOŁODZIEJCZYK A., KOPERSKI P. 2000. Bezkręgowce słodkowodne Polski. Klucz do oznaczania oraz podstawy biologii i ekologii makrofauny. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa: 249.
- KORYCIŃSKA M., KRÓLAK E. 2007. The use of BMWP–PL index for assessment of water quality in the lowland Liwiec River and its lowest tributaries (Central–Eastern Poland). Arch. Environ. Protect. 33(3): 37–52.
- KOWNACKI A., SOSZKA H., KUDELSKA D., FLEITUCH T. 2004. Bioassessment of Polish rivers based on macroinvertebrates. In: W. Galler et al. (red.) Proceedings of the 11th Magdeburg Seminar on Waters in Central and Eastern Europe: Assessment, Protection, Management, Leipzig 18-22.10.2004. UFZ Leipzig–Halle: 250–251.
- OGŁĘCKI P. 2006. Ocena hydromorfologiczna rzek nizinnych na przykładzie rzeki Wkry. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 4(1): 175–184.
- PIECHOCKI A. 1979. Mięczaki. Ślimaki. Fauna słodkowodna Polski. Zeszyt 7. PWN, Warszawa – Poznań.
- PLIŪRAITĖ V., KESMINAS V. 2004. Species composition of macroinvertebrates in medium-sized Lithuanian rivers. Acta Zoologica Lituanica 14: 10–25.
- Raport o stanie środowiska naturalnego województwa lubelskiego w roku 2010. WIOŚ, Lublin.
- ROSENBERG D. M., RESH V. H. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, Nowy Jork: 488.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. Dz.U. 2004 nr 32, poz. 283 i 284.**
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz.U. 2006 nr 137, poz. 984.**

- RYBAK J., UMIŃSKA-WASILUK B. 2007. Wykorzystanie makrobezkręgowców bentosowych do oceny jakości wód powierzchniowych na przykładzie rzeki Piławy. *Ochr. Środow.* 29(2): 55–60.
- STAŃCZYKOWSKA A., KORYCIŃSKA M., KRÓLAK E. 2002. The effect of treated wastewater on benthic invertebrate communities in the lowland Liwiec River (Central Poland). In: Kownacki A., Soszka H., Fleituch T., Kudelska D. (red.) *River biomonitoring and benthic invertebrate communities (Monograph)*. Inst. Env. Protection – Karol Starmach Inst. Freshwater Biol. Polish Acad. Sci. Warszawa – Kraków: 53–62.
- SZOSZKIEWICZ K., ZGOŁA T., GIEŁCZEWSKI M., STELMASZCZYK M. 2009. Zastosowanie metody River Habitat Survey do waloryzacji hydromorfologicznej i oceny skutków działań renaturyzacyjnych. *Natura* 3(3): 1–9.
- THIÉBAUT G., TIXIER G., GUĚROLD F., MULLER S. 2006. Comparison of different biological indices for the assessment of river quality: application to the upper river Moselle (France). *Hydrobiologia* 570: 159–164
- WRIGHT J. F., BLACBURN J. H., CLARKE R. T., FURSE M. T. 1994. Macroinvertebrate – habitat associations in lowland rivers and their relevance to conservation. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: 1515–1518.
- ZDOLIŃSKI P., GÓRAJEK A., LAMPART-KAŁUŻNIACKA M. 2009. Zastosowanie makrobentosowych indeksów do oceny renaturyzacji na przykładzie rzeki Pysznicy (dorzecze Parsęty, Polska Północna). *Nauka Przyroda Technologie* 3, 3, #109.