

Anna SALACHNA¹, Adrianna KUMOREK², Anna LEGIERSKA², Michał JANECKI²

¹ University of Bielsko-Biala, Department of Environmental Protection and Engineering, Willowa 2,
43-309 Bielsko-Biala, Poland

² Graduate of the University of Bielsko-Biala

ORCID / e-mail:

¹ 0000-0002-3789-2765 / asalachna@ath.bielsko.pl

Jakość wody rzeki Wisły i jej dopływów na terenie wybranych gmin powiatu cieszyńskiego (Polska południowa)

Słowa kluczowe:

jakość wody, stan ekologiczny ekosystemu wodnego, makrobezkręgowce bentosowe, indeks BMWP-PL, indeks bioróżnorodności Margalefa

Water quality of the Vistula River and its tributaries in selected municipalities in the Cieszyn district (South Poland)

Keywords:

water quality, ecological state of the water ecosystem, benthic macroinvertebrates, BMWP-PL index, Margalef's biodiversity index

Abstract

The paper presents an assessment of the water quality of the Vistula river and its tributaries in selected municipalities in the Cieszyn district based on benthic macroinvertebrates. A total of 45 samples were taken on nine positions. Most of the collected individuals were identified to the family level, except: *Heptageniidae* which was diagnosed to the genus; *Turbellaria* and *Oligochaeta* identified into the class. The conducted research showed that 54 taxa of benthic macroinvertebrates occurred at the analyzed sites. Among them, 40 taxa have a bioindicative value. The most sensitive to pollution are mayflies from the family *Ameletidae* and caddisflies from the families *Glossosomatidae*, *Leptoceridae* and *Beraeidae*. However, their frequency and density at the study sites was very low. The families *Ephemerellidae*, *Heptageniidae*, *Hydropsychidae* and *Polycentropodidae* as well as annelids from the *Oligochaeta* class were much more frequent. Based on macrozoobenthos diversity data, two biological indices were calculated: BMWP-PL index and Margalef's biodiversity index. The values of these biological indicators was using to the classification of water into the appropriate quality class. The final classification showed that the examined sections of the Vistula river represents the I, II and III class of water quality what indicated high, good and moderate ecological potential/state. The first class of water quality in terms of both indices was recorded at the sites located in Ustroń, Skoczów and Drogomyśl. For these positions, the value of the BMWP-PL index was over 100, while the value of the Margalef's index was in the range of 6.26–7.17. The lowest, third class of water quality was found in Kiczyce and Ochaby Wielkie. In these places, the diversity of macroinvertebrates was the lowest, which was reflected in the low values of both studied indices (BMWP-PL: 40; 41, Margalef's index: 2.6; 3.37).

1. WSTĘP

Woda, ze względu na swe niezwykle właściwości fizyczne i chemiczne, jest jednym z kluczowych elementów warunkujących życie na Ziemi. Należy podkreślić szczególne znaczenie ekosystemów wodnych w świadczeniu usług zaopatrzeniowych, regulacyjnych i kulturowych, które decydują o jakości życia ludzi [Millennium Ecosystem Assessment 2003]. Jednak ilość wody użytecznej dla człowieka stanowi tylko niewielką część całkowitych zasobów wody na kuli ziemskiej. Ponadto jest ona ciągle narażona na degradację w wyniku rozwoju działalności rolniczej, przemysłu, transportu oraz gospodarki komunalnej. Dlatego jakość wody na przestrzeni wieków podlegała różnym regulacjom prawnym, które miały na celu jej ochronę i racjonalne wykorzystanie. Przez wiele lat w polskim prawodawstwie obowiązywał system trzech klas jakości wody, w którym główną rolę w klasyfikacji odgrywały parametry fizykochemiczne. Zgodnie z tym podejściem jakość wody sprowadzała się głównie do jej czystości i miała znaczenie wyłącznie ze względu na użyteczność dla człowieka. Dopiero przyjęta w Europie Ramowa Dyrektywa Wodna (RDW) wprowadziła zupełnie nowy sposób oceny jakości wody poprzez ocenę stanu ekologicznego cieków i zbiorników wodnych, w którym główną rolę odgrywają elementy biologiczne, a parametry fizykochemiczne i hydromorfologiczne pełnią jedynie funkcję pomocniczą [Water Framework Directive 2000].

Makrobezkręgowce bentosowe od dawna były wykorzystywane w bioindykacji ekosystemów wodnych [Kolkwitz i Marsson 1908, Rosenberg i Resh 1993]. Obecnie są jednym z głównych wskaźników biologicznych stosowanych w monitoringu wód powierzchniowych wg zasad RDW. Ze względu na właściwości biologiczne i wymagania ekologiczne organizmy te są bardzo dobrymi indykatorami zanieczyszczeń organicznych wody i przekształceń hydromorfologicznych koryta rzecznego [Bis i Mikulec 2013, Lewin i in. 2015, Kolada (red.) 2020, Kownacki i Szarek-Gwiazda 2022].

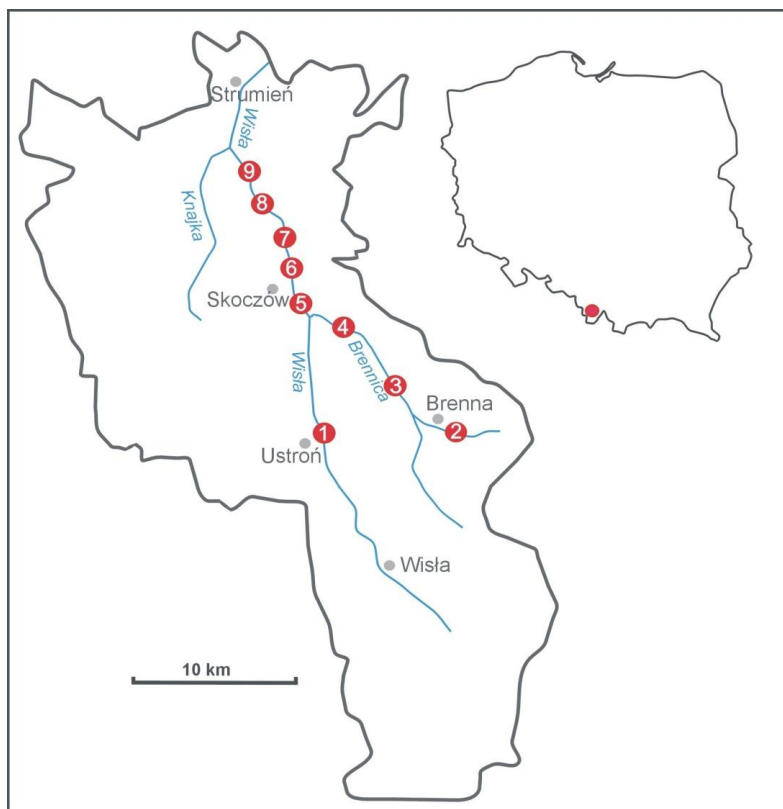
Głównym celem pracy była ocena jakości wody rzeki Wisły na odcinku od Ustronia do Drogomyśla w powiecie cieszyńskim, na podstawie struktury zgrupowań makrobezkręgowców bentosowych.

2. METODY BADAŃ

2.1. Lokalizacja stanowisk badawczych

Badania makrobezkręgowców bentosowych przeprowadzono w latach 2018-2020 na dziewięciu stanowiskach badawczych, zlokalizowanych na rzece Wiśle oraz jej prawostronnym dopływie Brennicy (Rys. 1).

Zgodnie z regionalizacją fizycznogeograficzną Polski wg Kondrackiego [1994] omawiany teren należy do trzech mezoregionów: Beskid Śląski, Pogórze Śląskie i Dolina Górnej Wisły. Pod względem administracyjnym natomiast znajduje się w powiecie cieszyńskim w granicach czterech gmin: Ustroń (stanowisko 1), Skoczów (stanowisko 5,6,7,8), Strumień (stanowisko 9), Brenna (stanowisko 2,3,4). W klasyfikacji stworzonej w Polsce na potrzeby zarządzania gospodarką wodną oraz monitoringu wód wg zasad RDW analizowane stanowiska należą do trzech odrębnych Jednolitych Części Wód Powierzchniowych (JCWP) (Tab. 1).



Rys. 1. Położenie badanych stanowisk na terenie powiatu cieszyńskiego.

Fig. 1. Location of the study sites in the Cieszyn district.

Tab. 1. Lokalizacja badanych odcinków rzeki Wisła i ich przynależność do JCWP.

Tab. 1. Location of the studied sections of the Vistula River and their affiliation to the JCWP.

Nr stanowiska / Miejscowość	Gmina	Kod i nazwa JCWP [Hobot (red.) 2014]
1/Ustroń	Ustroń	RW20009211151 Wisła od Dobki do Bładnicy
2/Brenna	Brenna	RW200012211149 Brennica
3/Górki Wielkie	Brenna	RW200012211149 Brennica
4/Górki Małe	Brenna	RW200012211149 Brennica
5/Skoczów	Skoczów	RW20009211151 Wisła od Dobki do Bładnicy
6/Skoczów	Skoczów	RW20009211151 Wisła od Dobki do Bładnicy
7/Kiczyce	Skoczów	RW20009211151 Wisła od Dobki do Bładnicy
8/Ochaby Wielkie	Skoczów	RW20009211151 Wisła od Dobki do Bładnicy
9/Drogomyśl	Strumień	RW20009211159 Wisła od Bładnicy do zb. Goczałkowice

Na wszystkich badanych odcinkach w dnie koryta rzecznej przeważał substrat kamienno-żwirowy. Brzegi doliny, zalewane wodą, pokryte były makrofitami, ale ich obfitość była zróżnicowana pomiędzy stanowiskami. Największą odnotowano w Ustroniu (stanowisko 1), Skoczowie (stanowisko 6) i Drogomyślu (stanowisko 9). Dominowała tam mięta długolistna *Mentha longifolia*, wierzbownica bladuróżowa *Epilobium roseum* i niecierpek gruczołowy *Impatiens glandulifera*, natomiast na kamieniach w korycie obecne były glony z rodzaju *Cladophora*.

Na przeważającej części analizowanych stanowisk, w bezpośrednim sąsiedztwie doliny rzecznej występowały fragmenty lasów łęgowych z dominacją wierzby z klasy *Salicetea*

purpureae. Wyjątek stanowiły stanowiska w Kiczycach, w Ochabach Wielkich oraz w Brennej, gdzie za wąskim pasem zarośli wierzbowych znajdowały się pola uprawne (stanowisko 7 i 8) oraz zabudowa jednorodzinna (stanowisko 2). Warto zaznaczyć, że cały badany odcinek Wisły wykazuje duży stopień przekształcenia antropogenicznego i z tego względu klasyfikuje się do Silnie Zmienionych Części Wód (SZCW) [Główny Inspektorat Ochrony Środowiska 2019]. W wielu miejscach obecne są progi zwalniające przepływ oraz betonowe umocnienia brzegów.

2.2. Badania hydrobiologiczne

Próbki makrozoobentosu pobierano w okresie wiosennym (maj) i jesiennym (wrzesień), zgodnie z metodyką opracowaną przez Kownackiego i Soszkę [2004]. Łącznie pobrano 36 próbek ilościowych przy użyciu siatki Surbera (powierzchnia pobierania próbek 400 cm²; rozmiar oczek poniżej 500 μm) oraz dziewięć próbek jakościowych przy użyciu siatki ręcznej. Każda próbka makrobezkręgowców została umieszczona w plastikowym pojemniku i przetransportowana do laboratorium, gdzie materiał biologiczny został oddzielony od substratu i zakonserwowany za pomocą 90% alkoholu etylowego. Następnie przeprowadzono identyfikację makrobezkręgowców do poziomu rodziny (wyjątek stanowiła rodzina *Heptagenidae*, którą oznaczano do rodzaju) za pomocą mikroskopu stereoskopowego i kluczy do oznaczania makrobezkręgowców wodnych [Kołodziejczyk i Koperski 2000, Tończyk i Siciński 2013]. Dla każdego zidentyfikowanego taksonu odnotowywano liczbę osobników występujących w poszczególnych próbach ilościowych. Na podstawie uzyskanych danych obliczono Polski Indeks Biotyczny (BMWP-PL) jako sumę punktów przypisanych taksonom wskaźnikowym, a także indeks bioróżnorodności Margalefa (d) wg wzoru:

$$d = S/\log N_c$$

gdzie:

S – liczba rodzin makrobezkręgowców,

N_c – całkowite zagęszczenie fauny (os./m²).

Oceny jakości wody badanych odcinków rzeki dokonano na podstawie wartości obliczonych indeksów biotycznych, odnosząc je do wartości progowych dla poszczególnych klas jakości wody (Tab. 2).

Tab. 2. Klasyfikacja jakości wody na podstawie indeksu BMWP-PL i indeksu bioróżnorodności Margalefa za Kownackim i Soszką [2004, zmienione].

Tab. 2. Classification of water quality based on the BMWP-PL index and the Margalef's biodiversity index after Kownacki and Soszka [2004, changed].

Klasa jakości wody	Punkty BMWP-PL	Wartość indeksu Margalefa
I	powyżej 100	powyżej 5,50
II	70–99	4,00–5,49
III	40–69	2,50–3,99
IV	10–39	1,00–2,45
V	poniżej 10	poniżej 1,00

Uwaga: W klasyfikacji zgodnej z Ramową Dyrektywą Wodną klasa I oznacza bardzo dobry stan/potencjał ekologiczny ekosystemu wodnego, II – dobry, III – umiarkowany, IV – słaby i V – zły.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

3.1. Różnorodność makrobezkręgowców bentosowych

Przeprowadzone badania wykazały, że na analizowanych stanowiskach rzeki Wisły i jej dopływie Brennicy występowały 54 taksony makrobezkręgowców bentosowych, w tym 52 w randze rodziny i dwa w randze gromady (Tab. 3). Spośród nich 40 taksonów posiada wartość wskaźnikową zastosowaną podczas kalkulacji indeksu BMWP-PL. Najbardziej wrażliwe na zanieczyszczenia są jętki z rodziny *Ameletidae* oraz chruściki z rodzin *Glossosomatidae*, *Leptoceridae* and *Beraeidae*, którym przypisano maksymalną liczbę 10 punktów w systemie stosowanym do obliczeń polskiego indeksu biotycznego [Kownacki i Soszka 2004, Panek 2011]. Taksony te wystąpiły na badanym terenie tylko na pojedynczych stanowiskach i z bardzo niską liczebnością (Tab. 3).

Tab. 3. Zagęszczenie makrobezkręgowców na badanych odcinkach rzeki Wisły.

Tab. 3. Density of macroinvertebrates in the studied sections of the Vistula River.

Takson	Liczebność na stanowiskach (os./m ²)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Acari <i>Hydrachnidiae</i>	425	-	-	-	-	113	-	-	-
Amphipoda <i>Gammaridae</i>	6	-	63	19	1	31	-	-	-
Amphipoda <i>Talitridae</i>	-	-	-	6	-	-	-	-	-
Coleoptera <i>Dytiscidae</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	13
Coleoptera <i>Elmidae</i>	13	-	-	-	-	6	-	-	-
Diptera <i>Ceratopogonidae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	413
Diptera <i>Chaoboridae</i>	-	-	-	6	-	-	-	-	-
Diptera <i>Chironomidae</i>	656	-	-	6	13	194	-	-	-
Diptera <i>Dixidae</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Diptera <i>Pediciidae</i>	-	-	6	-	-	-	-	-	-
Diptera <i>Limoniidae</i>	6	-	-	-	-	6	-	-	-
Diptera <i>Simuliidae</i>	-	-	6	31	-	-	-	-	-
Diptera <i>Tipulidae</i>	-	-	19	-	-	-	-	-	-
Ephemeroptera <i>Ameletidae</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Ephemeroptera <i>Ametropodidae</i>	-	-	-	50	-	-	-	-	1
Ephemeroptera <i>Arthropleidae</i>	-	-	-	6	-	-	-	-	-
Ephemeroptera <i>Baetidae</i>	-	-	-	19	-	-	-	-	63
Ephemeroptera <i>Ephemeridae</i>	31	-	1	-	-	19	-	-	6
Ephemeroptera <i>Ephemerellidae</i>	56	1	-	6	150	6	256	150	25
Ephemeroptera <i>Heptageniidae</i>	1	113	150	94	6	13	44	-	19
Ephemeroptera <i>Leptophlebiidae</i>	44	-	-	-	-	-	-	-	-
Ephemeroptera <i>Siphonuridae</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Ephemeroptera <i>Potamanthidae</i>	25	-	19	-	-	1	-	-	19
Gastropoda <i>Acroloxidae</i>	44	-	-	-	-	75	-	-	-
Gastropoda <i>Ancylidae</i>	-	-	1	-	-	-	-	1	-
Gastropoda <i>Hydrobiidae</i>	-	-	-	-	1	-	81	-	-
Gastropoda <i>Lymnaeidae</i>	831	-	1	6	-	363	-	-	13
Gastropoda <i>Physidae</i>	63	-	-	-	-	31	-	-	6
Hemiptera <i>Herbidae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Hirudinea <i>Erpobdellidae</i>	13	-	-	-	-	6	-	-	1
Hirudinea <i>Glossiphonidae</i>	88	-	1	6	-	494	-	-	406
Hirudinea <i>Haemopidae</i>	-	-	1	6	56	-	56	63	1

Tab. 3 – ciąg dalszy	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Isopoda <i>Asellidae</i>	1	-	1	31	-	419	-	-	69
Isopoda <i>Idoteidae</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Megaloptera <i>Sialidae</i>	13	-	-	-	-	19	-	-	-
Odonata <i>Gomphidae</i>	13	-	-	-	-	25	-	-	-
Odonata <i>Libellulidae</i>	-	-	-	-	-	-	6	6	-
Odonata <i>Platycnemididae</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	6
Oligochaeta	138	6	25	-	6	513	-	13	156
Plecoptera <i>Capniidae</i>	138	144	150	413	-	50	-	-	50
Plecoptera <i>Chloroperlidae</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Plecoptera <i>Perlidae</i>	-	25	25	-	-	-	-	-	-
Plecoptera <i>Perlodidae</i>	-	-	-	25	-	-	-	-	-
Plecoptera <i>Taeniopterygidae</i>	-	-	-	-	-	-	-	6	-
Trichoptera <i>Beraeidae</i>	-	150	44	-	-	-	-	-	-
Trichoptera <i>Brachycentridae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Trichoptera <i>Ecnomidae</i>	-	-	-	1	6	-	38	-	-
Trichoptera <i>Glossosomatidae</i>	-	6	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera <i>Goeridae</i>	63	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera <i>Hydropsychidae</i>	88	-	-	88	231	81	425	238	1125
Trichoptera <i>Leptoceridae</i>	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera <i>Polycentropodidae</i>	181	94	81	250	-	675	6	-	882
Trichoptera <i>Rhyacophilidae</i>	-	1	-	19	-	-	-	-	-
Turbellaria	144	-	-	-	19	356	6	-	1

Uwaga: wartość 1 liczebności przypisano taksonom, które zostały odnotowane na danym stanowisku tylko w próbie jakościowej.

Największą frekwencją (obecność na 7–8 stanowiskach) charakteryzowały się jętki z rodzin *Ephemerellidae* i *Heptageniidae*, chruściki z rodzin *Hydropsychidae* i *Polycentropodidae* oraz pierścienice z gromady skąposzczetów *Oligochaeta* (Rys. 2). Ponadto wymienione powyżej rodziny chruścików osiągnęły najwyższe wartości zagęszczenia na stanowisku dziewiątym, które wyniosło odpowiednio 1125 i 882 os./m². Obecność taksonów odżywiających się peryfitonem i detrytusem, do których należą chruściki *Hydropsychidae*, a także jętki *Ephemerellidae* i *Heptageniidae*, jest uzależniona od obecności makrofitów [Rybak i Umińska-Wasiluk 2007, Obolewski 2010, Tończyk i Siciński 2013]. Występowanie przedstawicieli *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera* i *Amphipoda* w karpackich rzekach jest ściśle związane z pokryciem i sposobem użytkowania terenu zlewni [Törnblom i in. 2011]. Skąposzczety *Oligochaeta* należą do taksonów o szerokim zakresie tolerancji ekologicznej, szczególnie w stosunku do zawartości tlenu w wodzie. W wodach silnie zanieczyszczonych wykazują tendencję do dominacji [Spyra i in. 2017, Kownacki i Szarek-Gwiazda 2022]. Na badanych stanowiskach odnotowano dużą frekwencję skąposzczetów, ale na żadnym z nich nie stanowiły one dominującej grupy makrozoobentosu.



Rys. 2. Przedstawiciele makrobezkręgowców bentosowych o szerokim zakresie tolerancji ekologicznej: a. pijawki *Erpobdellidae*; b. skąposzczety *Oligochaeta* (fot. A. Salachna).

Fig. 2. Representatives of benthic macroinvertebrates with a wide range of ecological tolerance: a. *Erpobdellidae* leeches; b. oligochaetes *Oligochaeta* (photo by A. Salachna).

3.2. Jakość wody

Obliczone wartości indeksu BMWP-PL oraz indeksu bioróżnorodności Margalefa wykazały, że jakość wody badanego odcinka rzeki Wisły mieści się w zakresie od I do III klasy (Tab. 4). Pierwszą klasę jakości wody pod względem obu indeksów odnotowano na stanowiskach zlokalizowanym w Ustroniu (stanowisko 1), Skoczowie (stanowisko 6) oraz w Drogomysłu (stanowisko 9). Dla tych stanowisk wartość indeksu BMWP-PL była najwyższa i wyniosła 120 (stanowisko 1) i 100 (stanowisko 6 i 9), natomiast wartość indeksu Margalefa mieściła się w granicach 6,26–7,17. Czynnikiem wpływającym na ten stan mogła być zwiększona niż na pozostałych stanowiskach ilościowość makrofitów w korycie rzecznym. Najniższą, trzecią klasę jakości wody pod względem obu indeksów stwierdzono w Kiczycach (stanowisko 7) i w Ochabach Wielkich (stanowisko 8). W tych miejscach różnorodność makrobezkręgowców była najniższa, co było spowodowane prawdopodobnie dość mocnym przekształceniem koryta rzeki oraz bliskim sąsiedztwem pól uprawnych.

Tab. 4. Klasyfikacja jakości wody badanych odcinków rzeki Wisły.

Tab. 4. Classification of water quality of the investigated sections of the Vistula River.

Wskaźnik	Stanowisko								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Klasa jakości wody									
BMWP-PL	120	73	78	96	42	100	41	40	100
Indeks bioróżnorodności Margalefa (d)	7,17	3,30	6,15	8,22	4,08	6,49	3,37	2,61	6,26
Klasa jakości wody na podstawie BMWP-PL	I	II	II	II	III	I	III	III	I
Klasa jakości wody na podstawie indeksu Margalefa	I	III	I	I	II	I	III	III	I
Ostateczna klasa jakości wody	I	III	II	II	III	I	III	III	I

4. UWAGI KOŃCOWE

Przeprowadzona analiza jakości wody rzeki Wisły na terenie wybranych gmin powiatu cieszyńskiego, na podstawie zgrupowań makrobezkręgowców bentosowych, stanowi tylko część pełnej klasyfikacji stanu/potencjału ekologicznego wg zasad Ramowej Dyrektywy Wodnej, w której należy uwzględnić również pozostałe elementy biologiczne, tj. makrofity, fitobentos, fitoplankton, chlorofil *a*, ichtiofaunę oraz elementy fizykochemiczne i hydromorfologiczne. Pełna klasyfikacja przeprowadzona w ramach Państwowego Monitoringu Wód Powierzchniowych wykazała, że Jednolite Części Wód Powierzchniowych, do których należą stanowiska badane w niniejszej pracy, reprezentują IV i V klasę stanu/potencjału ekologicznego. Wpływ na tę ocenę miały głównie niskie wartości wskaźników obliczanych na podstawie badań makrofitów oraz ichtiofauny, wskazujące na duże przekształcenia w funkcjonowaniu ekosystemu wodnego. Dodatkowo ocenie poddano stan chemiczny, który sklasyfikowano jako „poniżej dobrego”, co daje ostatecznie zły stan wód omawianych JCWP [Główny Inspektorat Ochrony Środowiska 2019].

LITERATURA

- Bis B., Mikulec A. 2013. Przewodnik do oceny stanu ekologicznego rzek na podstawie makrobezkręgowców bentosowych. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Hobot A. (red.) 2014. Aktualizacja wykazu JCWP i SCWP dla potrzeb kolejnej aktualizacji planów w latach 2015-2021 wraz z weryfikacją typów wód części wód – ETAP I – Metodyka. Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Warszawa – Gliwice.
- Główny Inspektorat Ochrony Środowiska 2019. Ocena stanu jednolitych części wód rzek i zbiorników zaporowych w latach 2014-2019 na podstawie monitoringu w województwie śląskim. Witryna internetowa <https://www.gios.gov.pl/pl/slaskie-dr-2019> (dostęp 10 X 2022 r.).
- Kołodziejczyk A., Koperski P. 2000. Bezkręgowce słodkowodne Polski – klucz do oznaczania oraz podstawy biologii i ekologii makrofauny. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Kolkwitz R., Marsson M. 1908. Ökologie der pflanzliche Saprobien. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 26, 505–519.
- Kondracki J. 1994. Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne. PWN, Warszawa, Warszawa.
- Kolada A. (red.) 2020. Podręcznik do monitoringu elementów biologicznych i klasyfikacji stanu ekologicznego wód powierzchniowych. Aktualizacja metod. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Kownacki A., Soszka H. 2004. Wytyczne do oceny stanu rzek na podstawie makrobezkręgowców oraz do pobierania prób makrobezkręgowców w jeziorach. Zakład Ochrony Przyrody PAN, Instytut Ochrony Środowiska, Kraków – Warszawa.
- Kownacki A., Szarek-Gwiazda E. 2022. The impact of pollution on diversity and density of benthic macroinvertebrates in mountain and upland rivers. *Water*, 14, 1349.
- Lewin I., Szoszkiewicz K., Jusik S., Ławniczak A.E. 2015. Influence of selected environmental factors on macroinvertebrates in mountain stream. *Open Life Sciences*, 10, 99–111.
- Millenium Ecosystem Assessment 2003. Ecosystems and human well-being: A framework for assessment. Island Press, World Resources Institute, Washington.
- Obolewski K. 2010. Ocena jakości wód powierzchniowych na obszarach zurbanizowanych z wykorzystaniem makrobezkręgowców bentosowych na przykładzie rzeki Słupi. *Ochrona Środowiska*, 32(2), 35–42.
- Panek P. 2011. Wskaźniki biotyczne stosowane w monitoringu wód od czasu implementacji w Polsce Ramowej Dyrektywy Wodnej. *Przegląd Przyrodniczy*, XXII, 3, 111–123.
- Rosenberg D.M., Resh V.H. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York.
- Rybak J., Umińska-Wasiluk B. 2007. Wykorzystanie makrobezkręgowców bentosowych do oceny jakości wód powierzchniowych na przykładzie rzeki Piławy. *Ochrona Środowiska*, 28, 2, 55–60.

- Spyra A., Kubicka J., Strzelecka M. 2017. The use of biological indices for the assessment of the river quality (Ruda river, Poland). *Ecological Chemistry and Engineering S*, 24(2), 285–298.
- Tończyk G., Siciński J. 2013. Klucz do oznaczania makrobezkręgowców bentosowych dla potrzeb oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Törnblom J., Angelstam P., Degerman E., Henrikson L., Edman T., Temnerud J. 2011. Catchment land cover as a proxy for macroinvertebrate assemblage structure in Carpathian Mountain streams. *Hydrobiologia*, 673, 153–168.
- Water Framework Directive 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.