

*Justyna Hachol, Alicja Krzemińska*

**WPLYW REGULACJI RZEKI SMORTAWY  
NA PRZEBIEG PROCESÓW SAMOOCZYSZCZANIA  
NA PRZYKŁADZIE WSKAŹNIKÓW TLENOWYCH**

***INFLUENCE OF THE REGULATION OF THE SMORTAWA  
RIVER ON THE SELF-PURIFICATION PROCESSES FOR  
OXYGEN INDICATORS***

**Streszczenie**

W pracy podjęto próbę oceny zdolności rzeki Smortawy do samooczyszczania się. Badania terenowe prowadzono w roku hydrologicznym 2004 w zlewni rzeki Smortawy (prawobrzeżny dopływ Odry – ujście w km 223+350). Do badań wybrano częściowo uregulowany odcinek rzeki od km 9+676 do km 7+105, na którym zlokalizowano trzy przekroje badawcze (km 9+676, km 8+030 i km 7+105), w których mierzono wartości tlenowych wskaźników jakości wody: biochemicznego zapotrzebowania na tlen ( $BZT_s$ ) oraz chemicznego zapotrzebowania na tlen ( $ChZT_{(Cr)}$  i  $ChZT_{(Mn)}$ ). Z przeprowadzonych badań wynika, że wartości tych wskaźników zmniejszały się wraz z biegiem rzeki, co świadczy o redukcji zanieczyszczenia wody materią organiczną. Największą poprawę jakości wody zaobserwowano na odcinku nieuregulowanym, między km 9+676 a km 8+030, gdzie rzeka ma swoje naturalne rozlewisko. Na częściowo uregulowanym odcinku rzeki, od przekroju w km 8+030 do przekroju w km 7+105, redukcja zanieczyszczeń zachodziła w mniejszym stopniu.

**Summary**

*In this paper an attempt of estimating the self-purification processes in the Smortawa river was undertaken. The investigation was carried out at the natural and altered transects of the river between km 9+676 and km 7+105 in hydrological year 2004. At the examined stretch three measurement sections were located (km 9+676, km 8+030 i km 7+105), where the values of oxygen indicators (bio-*

*chemical oxygen demand ( $BOD_5$ ) and chemical oxygen demand ( $COD_{(Mn)}$  and  $COD_{(Cr)}$ ) were measured. At the examined stretch of the river, the values of oxygen indicators decreased depending on the river's course. The reduction of organic pollution of the Smortawa river at investigated transect was observed. Between km 9+676 and km 8+030, where the river bed is natural, wide, and rich in water plants, self-purification processes occurred significantly better than at the altered stretch.*

## WSTĘP

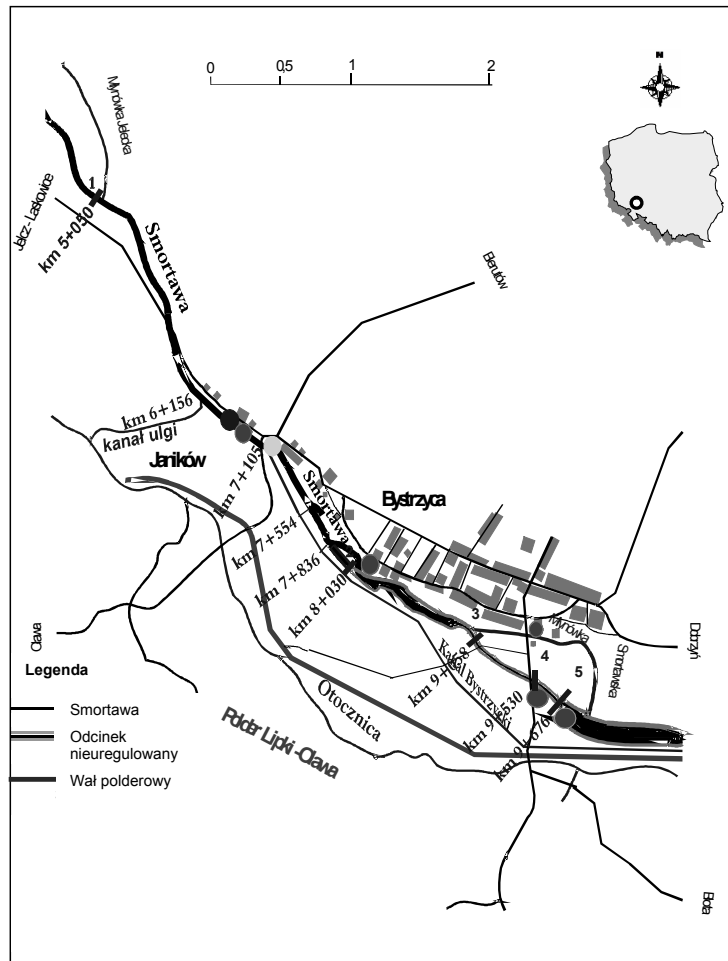
Samooczyszczanie to biochemiczne przekształcanie związków organicznych w związki prostsze, nieorganiczne, przy współdziałaniu mikroorganizmów, kosztem pobieranego z wody i z powietrza tlenu [Mańczak 1972]. Procesy te w sposób naturalny zachodzą w ciekach nieprzekształconych. Każda ingerencja człowieka w koryto cieku, zmieniająca jego parametry fizyczne (np.: szerokość dna, głębokość koryta, nachylenie i umocnienie skarp), może powodować zmianę warunków panujących w ciekach. Rzeki uregulowane w porównaniu z rzekami naturalnymi charakteryzują się najczęściej większymi prędkościami przepływu, ograniczającymi procesy sedymentacji zawieszin i mniejszą różnorodnością zbiorowisk roślinnych oraz mikroorganizmów niezbędnych w procesach samooczyszczania. W zależności od stopnia przekształcenia koryta, intensywność procesów mineralizacji substancji organicznych zachodzących w ciekach przekształconych zmniejsza się, co w znaczący sposób może wpływać na obniżanie się zdolności rzeki do redukcji zanieczyszczeń chemicznych.

Ocenę procesów samooczyszczania rzeki przeprowadzono na podstawie wskaźników tlenowych BZT<sub>5</sub> i ChZT. Określają one ilość tlenu potrzebnego organizmom wodnym, biorącym udział w procesie samooczyszczania wody do mineralizacji substancji organicznej. Im większe jest zanieczyszczenie wody materią organiczną tym wyższe są wartości BZT<sub>5</sub> i ChZT [Chelmicki 2002]. Natomiast o zachodzącym w rzece procesie samooczyszczania świadczą zmniejszające się z jej biegiem wartości tych wskaźników.

## CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAWCZEGO

Rzeka Smortawa jest prawobrzeżnym dopływem Odry, do której uchodzi w 223+350 km jej biegu poniżej miasta Oława. Przepływa przez teren dwóch województw: dolnośląskiego i opolskiego. Smortawa o całkowitej długości 39 km i powierzchni zlewni 445 km<sup>2</sup> jest typową rzeką niziną. Spadki podłużne koryta wynoszą średnio 7,8‰ w górnym biegu rzeki oraz 0,4–1,7‰ w biegu dolnym. Rzekę cechują wyrównane odpływy, co spowodowane jest głównie stosunkowo dużym zalesieniem zlewni [Adynkiewicz-Piragas 2001].

W połowie lat 80. ubiegłego wieku koryto Smortawy zostało częściowo uregulowane według tzw. klasycznego schematu regulacji. Roboty polegały na pogłębieniu koryta od km 5+050 do km 8+120, wyprostowaniu biegu rzeki, wyrównaniu skarp oraz wycięciu rosnących wzdłuż koryta krzewów i drzew. [Jagiello 1992]. Wyłączony z regulacji został fragment koryta od km 8+120 do km 9+022. W celu powstrzymania niekorzystnych zjawisk związanych z regulacją rzeki Regionalny Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych w Oławie przystąpił do prac, które miały naprawić popełnione błędy. Na odcinku Smortawy od km 7+105 do km 9+676 wykonano zabudowę hydrotechniczną, którą przedstawia rysunek 1.



**Rysunek 1.** Zabudowa hydrotechniczna rzeki Smortawy [Adynkiewicz-Piragas 2001]  
**Figure 1.** Hydrotechnical building of Smortawa River [Adynkiewicz-Piragas 2001]

W obrębie wsi Janików brzegi rzeki utrzymano w istniejącej linii, nie zajmując terenów bezpośrednio przyległych do zabudowań. W km 8+030 wybudowano stopień faszynowo-kamienny, którego zadaniem jest piętrzenie wody na dolnym rozlewisku Smortawy w Bystrzycy Oławskiej. Wysokość piętrzenia stopnia wynosi 0,66 m. Średnia szerokość dna koryta na odcinku uregulowanym (km 7+105 – 8+120) wynosi 10 m, średnia głębokość koryta 2,15 m, a nachylenie skarp 1:2. Stopy skarp umocnione są kiszka faszynową. Na odcinku od km 8+120 do km 9+022 nie wykonano regulacji. Jest to obecnie dolne rozlewisko Smortawy [Adynkiewicz-Piragas 2002]. Rzeka na tym odcinku meandruje, skarpy są nieumocnione, często podmyte, dno jest nieregularne, przeważnie szerokie. Ostatnią budowlą uregulowanego odcinka Smortawy jest stopień betonowy w km 9+058 o wysokości piętrzenia 0,50 m. W km 9+530 wybudowano próg piętrzący poniżej rozlewiska w Bystrzycy Oławskiej. Jest to próg denny, którego zadaniem jest podpiętrzanie i stabilizacja zwierciadła wody w okresie letnim, gdy przepływy w Smortawie są niskie. W 1996 roku ukończono budowę stałego jazu betonowego w Bystrzycy Oławskiej (km 9+676). Jest to jaz betonowo-kamienny, którego światło całkowite wynosi 18,0 m, a wysokość piętrzenia 0,95 m. Zadaniem jazu jest utrzymanie odpowiedniego poziomu wody w górnym rozlewisku Smortawy, zwanym Leśna Woda, gdzie występują unikalne ekosystemy wodne, łąkowe i leśne [Adynkiewicz-Piragas 1998].

## METODYKA

Badania prowadzono w roku hydrologicznym 2004 zgodnie z metodyką terenową [Standard Methods 1992]. Do analizy wybrano odcinek rzeki Smortawy o długości 2,5 km od stałego jazu betonowego w miejscowości Bystrzyca Oławska (w km 9+676) do mostu drogowego w Janikowie (w km 7+105). Badania jakości wody prowadzono w trzech przekrojach hydrochemicznych, zlokalizowanych w km 9+676, 8+030 i 7+105. Chemiczną analizę laboratoryjną wody wykonano w Laboratorium Wód i Ścieków Instytutu Kształtowania i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Obejmowała ona następujące wskaźniki tlenowe: BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>(Mn)</sub> i ChZT<sub>(Cr)</sub>. BZT<sub>5</sub> oznaczano według normy PN-84/C-04578/04. ChZT oznaczono dwoma metodami: nadmanganową (według normy PN-85/C-04578/02) oraz dwuchromianową (według normy PN-74/C-04578/03). Podstawą do oceny jakości wód były ustalenia zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. [Rozporządzenie... 2004].

## WYNIKI BADAŃ

W roku hydrologicznym 2004 najwyższą średnią roczną wartość BZT<sub>5</sub> zanotowano w przekroju pomiarowym w 9+676 km biegu rzeki. Wynosiła ona 5,2 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Na odcinku między km 9+676 a stopniem drewnianym w km 8+030 zaobserwowano zmniejszenie średniej rocznej wartości do 3,8 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (tab. 1, rys. 2). Podobną tendencję zaobserwowano w przypadku ChZT (tab. 1, rys. 2, 3). Najwyższe wartości tego wskaźnika oznaczono w przekroju Bystrzyca w km 9+676 (ChZT<sub>(Cr)</sub> – 28,9 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, ChZT<sub>(Mn)</sub> – 10,2 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>). W kolejnym przekroju (km 8+030) średnie wartości obu wskaźników uległy zmniejszeniu do wartości 24 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (ChZT<sub>(Cr)</sub>) i 9,3 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (ChZT<sub>(Mn)</sub>). Na odcinku uregulowanym od km 8+030 do km 7+105 redukcja tych wskaźników zachodziła w małym stopniu lub nie zachodziła wcale. W przekroju Janików (km 7+105) wartości wskaźników tlenowych kształtowały się następująco: BZT<sub>5</sub> 3,5 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, ChZT<sub>(Cr)</sub> 23,9 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> oraz ChZT<sub>(Mn)</sub> 9,5 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

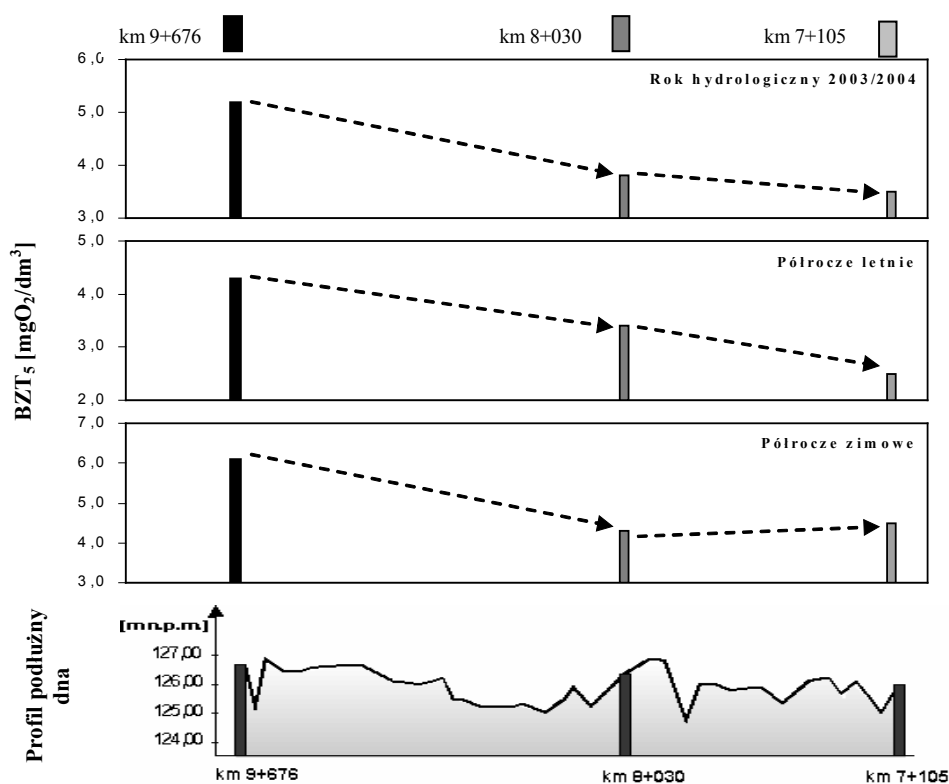
Na podstawie wartości trzech badanych wskaźników tlenowych wody na całym badanym odcinku rzeki zakwalifikowano do III klasy jakości. Ze względu na podwyższone wartości ChZT<sub>(Mn)</sub> i ChZT<sub>(Cr)</sub> w przekroju w km 9+676, wody na tym krótkim odcinku odpowiadały klasie IV.

**Tabela 1.** Średnie wartości tlenowych wskaźników jakości wody w trzech przekrojach badawczych rzeki Smortawy w roku hydrologicznym 2004 oraz w półroczach letnim i zimowym

**Table 1.** Average values of water quality oxygen indicators in three monitoring sections of the Smortawa river in hydrological year 2004 and in summer- and winter half-year

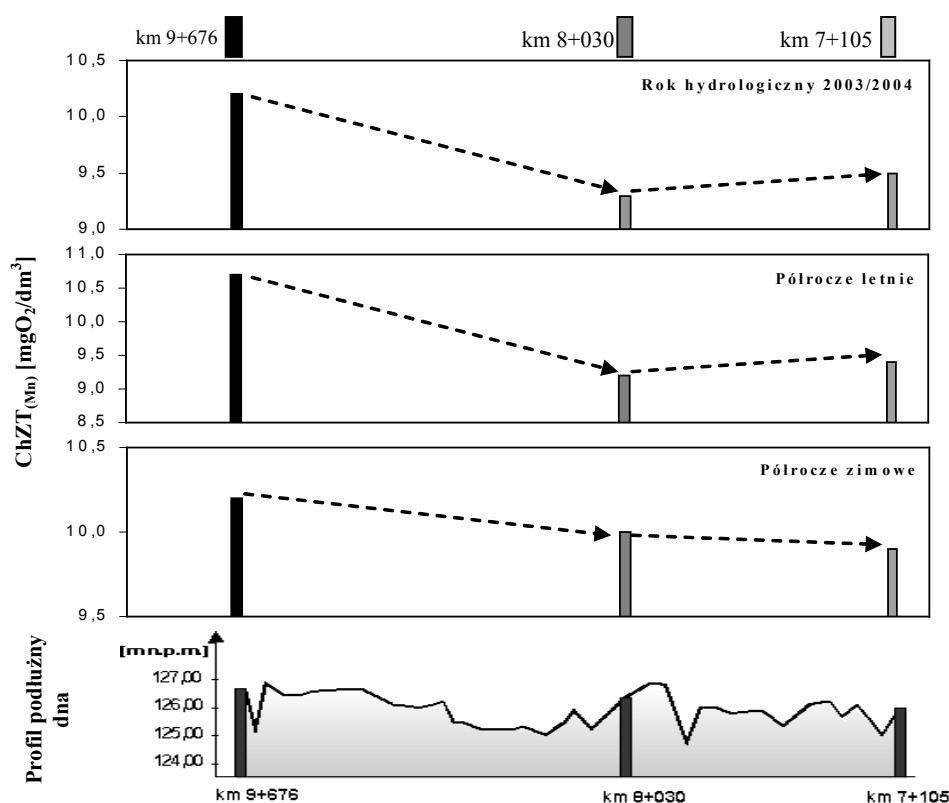
Wskaźnik Indicator	Jaz Bystrzyca km 9+676			Stopień drewniany km 8+030			Przekrój Janików km 7+105		
	Rok	Półrocze zimowe	Półrocze letnie	Rok	Półrocze zimowe	Półrocze letnie	Rok	Półrocze zimowe	Półrocze letnie
	Year	Winter half-year	Sumer half-year	Year	Winter half-year	Sumer half-year	Year	Winter half-year	Sumer half-year
BZT <sub>5</sub> [mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	5,2	6,1	4,3	3,8	4,3	3,4	3,5	4,5	2,5
ChZT <sub>(Cr)</sub> [mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	28,9	23,3	34,6	24,0	21,9	26,1	23,9	19,5	28,3
ChZT <sub>(Mn)</sub> [mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	10,2	10,1	10,2	9,3	10,0	8,6	9,5	9,9	9,1

Średnie wartości  $BZT_5$  były wyższe w półroczu zimowym niż w półroczu letnim (tab. 1, rys. 2). Odwrotnie kształtowały się wartości  $ChZT_{(Cr)}$ , które we wszystkich przekrojach były wyższe w półroczu letnim. Średnie wartości  $ChZT_{(Mn)}$  w trzech przekrojach pomiarowo-kontrolnych w poszczególnych okresach fenologicznych były zbliżone. Wynosiły: w przekroju Bystrzyca 10,2  $mgO_2/dm^3$  (półrocze letnie i zimowe); w przekroju przy stopniu drewnianym 10,0  $mgO_2/dm^3$  (półrocze zimowe) i 8,6  $mgO_2/dm^3$  (półrocze letnie); w Janikowie 9,9  $mgO_2/dm^3$  (półrocze zimowe) oraz 9,1  $mgO_2/dm^3$  (półrocze letnie).

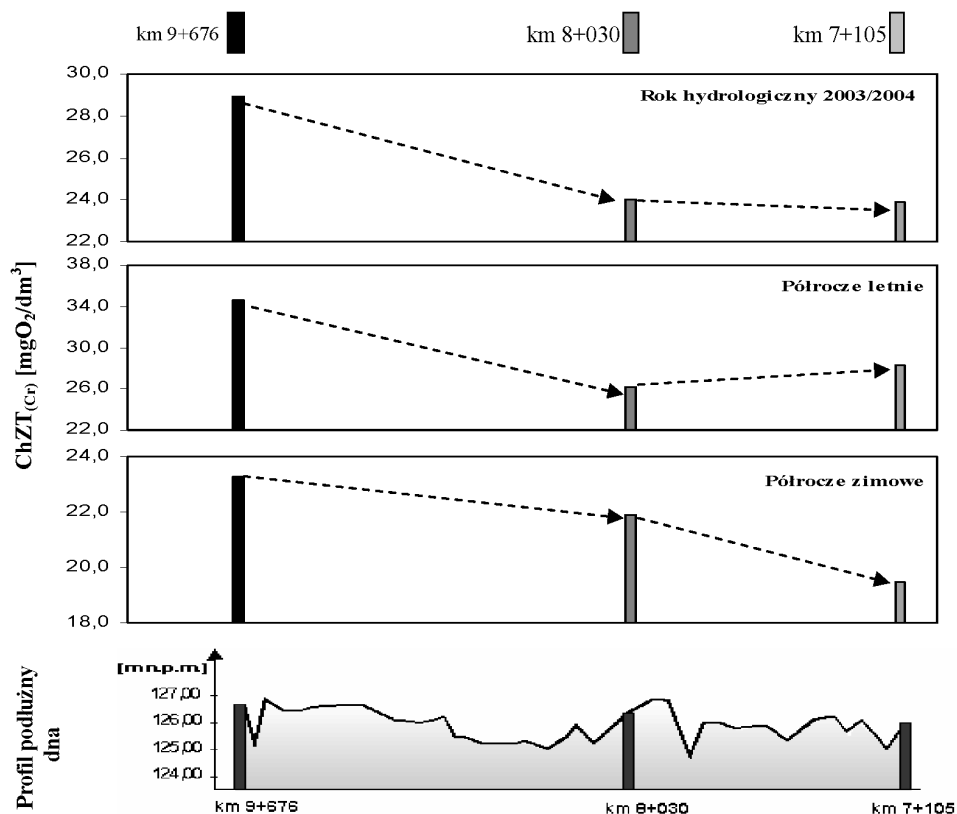


**Rysunek 2.** Zmiany średnich wartości  $BZT_5$  między trzema przekrojami badawczymi rzeki Smortawy w roku hydrologicznym 2004 oraz w półroczu letnim i zimowym  
**Figure 2.** Changes in  $BOD_5$  between three monitoring sections of the Smortawa river in hydrological year 2004 and in summer- and winter half-year

Najwyższe wartości wszystkich wskaźników tlenowych zanotowano w przekroju pierwszym przy jazie Bystrzyca (km 9+676). Wraz z biegiem rzeki do km 8+030 (stopień drewniany) wartości wszystkich parametrów zmniejszały się. Średnia roczna wartość  $BZT_5$  zmniejszyła się na tym odcinku o  $1,4 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ ,  $ChZT_{(Cr)}$  o  $4,9 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ , natomiast  $ChZT_{(Mn)}$  o  $0,9 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ . Ponieważ tereny przyległe do koryta na całej długości tego odcinka są zagospodarowane w podobny sposób (zabudowania gospodarskie i użytki zielone), zmniejszanie się wartości parametrów tlenowych wskazuje na zachodzące procesy samooczyszczania rzeki z zanieczyszczeń organicznych (rys. 2, 3, 4, tab. 1). Analizując średnie roczne wartości wskaźników tlenowych, stwierdzono, że w półroczu letnim procesy samooczyszczania zachodziły bardziej intensywnie niż w półroczu zimowym. Jest to związane z bogactwem flory wodnej i mikrofauny, występujących w korycie w miesiącach letnich.



**Rysunek 3.** Zmiany średnich wartości  $ChZT_{(Mn)}$  między trzema przekrojami badawczymi rzeki Smortawy w roku hydrologicznym 2004 oraz w półroczu letnim i zimowym  
**Figure 3.** Changes in  $ChZT_{(Mn)}$  between three monitoring sections of the Smortawa river in hydrological year 2004 and in summer- and winter half-year



**Rysunek 4.** Zmiany średnich wartości  $\text{ChZT}_{(\text{Cr})}$  między trzema przekrojami badawczymi rzeki Smortawy w roku hydrologicznym 2004 oraz w półroczu letnim i zimowym  
**Figure 4.** Changes in  $\text{COD}_{(\text{Cr})}$  between three monitoring sections of the Smortawa river in hydrological year 2004 and in summer- and winter half-year

Na odcinku od km 8+030 do km 7+105 redukcja zanieczyszczeń organicznych zachodziła w mniejszym stopniu lub obserwowano wzrost wartości wskaźników tlenowych. W półroczu letnim na tym odcinku redukcja substancji organicznych, mierzona wskaźnikami  $\text{ChZT}_{(\text{Mn})}$  i  $\text{ChZT}_{(\text{Cr})}$ , nie zachodziła. Zanotowano tu wzrost średnich wartości tych wskaźników, co mogło być związane ze zwiększonym dopływem ścieków z gospodarstw domowych usytuowanych w pobliżu koryta.



**Tabela 2.** Różnice średnich wartości tlenowych wskaźników jakości wody między trzema przekrojami badawczych rzeki Smortawy w roku hydrologicznym 2004 oraz w półroczu letnim i zimowym (- oznacza zmniejszenie, a + wzrost wartości)

**Table 2.** Differences in average values of water quality oxygen indicators between three monitoring sections of the Smortawa river in hydrological year 2004 and in summer- and winter half-year (- describes the decrease, and + the increase of values)

	Różnica Difference [mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]								
	Rok Year			Półrocze zimowe Winter half-year			Półrocze letnie Summer half-year		
	od km 9+676	od km 8+030	od km 9+676	od km 9+676	od km 8+030	od km 9+676	od km 9+676	od km 8+030	od km 9+676
	do km 8+030	do km 7+105	do km 7+105	do km 8+030	do km 7+105	do km 7+105	do km 8+030	do km 7+105	do km 7+105
BZT <sub>5</sub>	-1,4	+0,3	-1,1	-1,8	+0,2	-1,6	-0,9	-0,9	-1,8
ChZT <sub>(Cr)</sub>	-4,9	-0,1	-5,0	-1,4	-2,4	-3,8	-8,5	+2,2	-6,3
ChZT <sub>(Mn)</sub>	-0,9	+0,2	-0,7	-0,1	-0,1	-0,2	-1,6	+0,5	-1,1

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Badania przeprowadzono na odcinku rzeki Smortawy w celu prześledzenia możliwości samooczyszczania się wód tej rzeki w zależności od stopnia jej regulacji. Smortawa jest rzeką częściowo uregulowaną. W km od 8+030 do km 7+105 występuje odcinek uregulowany, natomiast od km 9+676 do km 8+030 odcinek wyłączony z regulacji, który charakteryzuje się dużym stopniem naturalności. Rzeka ma tu swoje rozlewisko, występują starorzecza i liczne oczka wodne obficie porośnięte roślinnością wodną i hydrofilną. Dno jest szerokie, występują w nim liczne zagłębienia i wypłycenia, skarpy są nieumocnione i podmyte. Stwarza to dogodne warunki dla występowania licznych organizmów wodnych (bakterie, glony, pierwotniaki), biorących udział w procesach mineralizacji substancji organicznej, co sprzyja procesom samooczyszczania się rzeki. W toku badań zwrócono uwagę na znaczne zróżnicowanie wartości badanych wskaźników tlenowych (BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>(Mn)</sub> i ChZT<sub>(Cr)</sub>) w wodzie w zależności od rejonu poboru próby – tj. odcinka uregulowanego i nieuregulowanego. Opierając się na wynikach przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Na odcinku nieuregulowanym (od km 9+676 do km 8+030) średnie wartości oznaczanych wskaźników tlenowych wskazują na duże możliwości samooczyszczania się tej rzeki, co widoczne jest szczególnie w okresie wegetacyjnym, w półroczu letnim, gdy koryto rzeczne porośnięte jest roślinnością wodną, a na brzegach występują licznie hydrofity.

2. Na odcinku uregulowanym (od km 8+030 do km 7+105) procesy mineralizacji substancji organicznej zachodzą w mniejszym stopniu lub nie zachodzą

wcale, co wiązać można z regulacją koryta, zubożeniem roślinności, brakiem meandrowania rzeki.

3. Przy podobnym zagospodarowaniu terenów przybrzeżnych zróżnicowanie wartości wskaźników tlenowych może być wynikiem zaburzenia naturalnego funkcjonowania ekosystemu wodnego związanego z wykonanymi pracami regulacyjnymi. Przejawia się to zwiększoną prędkością przepływu, zubożeniem ilościowym gatunków roślin porastających skarpy i dno oraz spadkiem liczebności mikroorganizmów. W takich warunkach procesy redukcji zanieczyszczeń organicznych zachodzą ze znacznie mniejszą intensywnością, a rzeka traci zdolności do samooczyszczania się.

### BIBLIOGRAFIA

- Adynkiewicz-Piragas M. *Szkody powodziowe w dolinie Smortawy w rejonie polderu Olawa-Lipki*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, nr 339, Konf. XXI (tom I), 1998, s. 151–157.
- Adynkiewicz-Piragas M., Drabiński A. *Wpływ inwestycji hydrotechnicznych na ekosystem rzeki Smortawy*. Zesz. Nauk. AR we Wroc., nr 417, Melioracja XLIII, Wrocław 2001, s. 7–28.
- Adynkiewicz-Piragas M. *Wpływ zmiennego piętrzenia na kształtowanie się odpływu ze zlewni Smortawy*. Wiad. IMiGW, t. XXV, Zesz.4, Wrocław 2002, s. 51–61.
- Chełmicki W. *Woda. Zasoby, degradacja, ochrona*. PWN, Warszawa 2002.
- Jagiello W. *Projekt techniczny budowli piętrzących na rzece Smortawie*. Na zlecenie WZMiUW we Wrocławiu, 1992.
- Mańczak H. *Techniczne podstawy ochrony wód przed zanieczyszczeniem*. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1972.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód, Dz.U. Nr 32, poz. 284
- Standard methods for examination of water and wastewater. Am. Publ. Health Ass., Washington 1992.
- Wykaz norm z zakresu analityki wody i ścieków. Instytut Gospodarki przestrzennej i komunalnej – Zespół Normalizacji, Warszawa 1993.

Justyna Hachoł,  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Alicja Krzemińska  
Instytut Architektury Krajobrazu,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Recenzent: Prof. dr hab. Włodzimierz Parzonka