

BADANIA HYDROCHEMICZNE  
KANAŁU GLIWICKIEGO,  
WYBRANE FIZYCZNO-CHEMICZNE  
WSKAŹNIKI JAKOŚCI WODY

MACIEJ KOSTECKI, JERZY KOZŁOWSKI, BARTŁOMIEJ ZYCH

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk,  
ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze

Keywords: cascade-channel, hydrochemistry, water quality.

HYDROCHEMICAL RESEARCH ON GLIWICE CHANNEL,  
SELECTED PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF WATER  
QUALITY

The results of the first (since 1939) hydrochemical investigations of Gliwice Channel have been presented. The polluted Kłodnica River affects bad water quality of the canal. For example the concentrations of chlorides (Cl), sulfates (SO<sub>4</sub>), sodium (Na), potassium (K), conductivity and dissolved substances quality of water is out of standards. In the case of BOD and COD the water quality is changed from out of classes to II class. pH and oxygen concentration are in I class. Although no salinity waters flow into the canal, the water quality get improved slightly only. The decrease of pollutants concentration is related to theirs dispersion. In the case of water quality the self-purification processes are of secondary importance.

Streszczenie

Przedstawiono wyniki pierwszych od czasu oddania Kanału Gliwickiego do eksploatacji w 1939 r. badań hydrochemicznych. Główną przyczyną złej jakości wody jest stan rzeki Kłodnicy zasilającej kanał. W przypadku stężeń jonów chlorkowych (Cl), siarczanowych (SO<sub>4</sub>), sodowych (Na), potasowych (K), przewodnictwa właściwego, stężenie substancji rozpuszczonych jest poza-klasowej jakości. W przypadku BZT5 (BOD) i ChZT (COD) jakość wody zmienia się z poza-klasowej do II klasy czystości. Wartości odczynu wody oraz stężenia tlenu odpowiadają I klasie czystości. Mimo dopływu do kanału wód o znacznie mniejszym zasoleniu, jakość wody wzdłuż kanału ulegała tylko nieznacznej poprawie. Spadek stężenia zanieczyszczeń wzdłuż osi kanału związany jest z ich rozproszeniem. W przypadku zmian jakości wody procesy samooczyszczania odgrywają rolę drugoplanową.

## WPROWADZENIE

Kanały śródlądowe, jako transportowe drogi wodne, są narażone na zanieczyszczanie substancjami, pochodzącymi z jednostek pływających, spływów powierzchniowych z terenów przybrzeżnych, a przede wszystkim znajdującymi się w wodzie zasilającej. Kanały kaskadowe (sekwencyjne) stanowią interesujące z punktu widzenia procesów samooczyszczania oraz rozmieszczania zanieczyszczeń, obiekty badań. Takim obiektem jest Kanał Gliwicki, zasilany wodą silnie zanieczyszczoną rzeki Kłodnicy.

Eksploatacja kanału wymaga stałych działań, zabezpieczających kanał przed degradacją [5, 6, 8]. Przepływająca przez obszar GOP rzeka Kłodnica jest odbiornikiem ścieków komunalnych i przemysłowych, a także zasolonych wód kopalnianych. Dostarcza ona do koryta kanału znaczne ilości zawiesin oraz zanieczyszczeń rozpuszczonych. Przemieszczając się wzdłuż koryta kanału woda zmienia swą jakość. Istnieje zatem potrzeba wiedzy o obecnym stanie wody oraz roli tej drogi transportowej w kształtowaniu jakości wody. Prezentowane wyniki badań hydrochemicznych są pierwszymi, jakie przeprowadzono od chwili oddania kanału do użytku, tj. od 1939 r.

## OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA KANAŁU GLIWICKIEGO

Kanał Gliwicki stanowi transportową drogę wodną łączącą — przez port w Kędzierzynie-Koźlu — rzekę Odrę z portem rzeczonym w Gliwicach. Decyzję o budowie Kanału Gliwickiego podjęto w 1933 r. Kanał oddano do eksploatacji 8 XII 1939 r.

Punkt początkowy Kanału Gliwickiego znajduje się na 98,1 km Odry. Kanał biegnie doliną rzeki Kłodnicy w kierunku wschodnim i kończy się w porcie w Gliwicach.

Charakteryzują go następujące parametry: szerokość dna 20 m, nachylenie skarp 1 : 2,5, głębokość 3,5 m, minimalny promień łuku 1000 m. Kanał biegnie przez tereny na ogół piaszczyste. Zwierciadło wody w kanale na wielu jego odcinkach znajduje się ponad przyległym terenem. Dlatego dno zostało uszczelnione warstwą łu. Skarpy są ubezpieczone narzutem kamiennym.

Na długości około 40 km różnica poziomów wynosi 43,6 m. Sześć śluz bliźniaczych dzieli kanał na siedem stanowisk. Dwie śluzy mają spad 10,30 i 10,40 m, trzy — po 6,25 m i jedna — 4,20 m. Śluzy mają następujące wymiary: długość użyteczna 72,0 m, szerokość użyteczna 12 m. W celu zwiększenia przepustowości kanału na wszystkich stopniach zastosowano śluzy bliźniacze. Zostały one połączone między sobą kanałami poprzecznymi, służącymi do napełniania jednej śluzy nie tylko wodą z kanału, a w znacznej części wodą wypuszczaną w tym czasie z drugiej śluzy podczas śluzowania nią barek w dół kanału. Pozwala to na zaoszczędzenie około 45% wody. Kanały między śluzami były wykonane w głowie górnej i zamykane zasuwą. Dwie największe śluzy o spadzie 10,30 i 10,40 m są śluzami szybowymi z głowami dolnymi, zamykany-

mi wrotami w postaci zasuw stalowej. Śluzy o spadach 4,20 i 6,25 m są zamykane stalowymi wrotami wspornymi. We wrotach wszystkich śluz znajdują się otwory do napełniania i opróżniania śluz z zamknięciami segmentowymi. W żadnej ze śluz nie ma kanałów obiegowych.

Na 9,1 km Kanału Gliwickiego, powyżej śluzy w Nowej Wsi, znajduje się odgałęzienie drogi wodnej w kierunku południowym, tzw. Kanał Kędzierzyński. Łączy on z Kanałem Gliwickim Zakłady Azotowe w Kędzierzynie. Długość tego kanału wynosi 5,6 km, a głębokość około 2,2 m [1]. W tabeli 1 zestawiono podstawowe dane charakteryzujące poszczególne stanowiska i śluzy kanału.

Tab. 1. Charakterystyka sekcji Kanału Gliwickiego  
Characteristics of sections in the Gliwice Channel

	Sekcja – Section	Długość – Length [km]	Śluza – Sluice	Spad – Slope [m]
0	Odra – Kłodnica	3,6	Kłodnica	10,40
I	Kłodnica – Nowa Wieś	4,2	Nowa Wieś	6,20
II	Nowa Wieś – Sławięcice	7,3	Sławięcice	6,25
III	Sławięcice – Rudziniec	6,5	Rudziniec	6,25
IV	Rudziniec – Dzierżno	9,3	Dzierżno	10,30
V	Dzierżno – Łabędy	7,6	Łabędy	4,20
VI	Łabędy – Port Gliwice	2,7		

## GOSPODARKA WODNA NA KANAŁE GLIWICKIM

Przepływ wody w kanale jest ściśle powiązany z gospodarką wodną w tzw. Hydrowęźle rzeki Kłodnicy, zwanym także Zachodnim Węzłem Wodnym Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Tworzą go następujące obiekty: Kanał Gliwicki, rzeka Kłodnica, zbiornik Dzierżno Duże na rzece Kłodnicy, zbiornik Dzierżno Małe na rzece Dramie, zbiornik Pławniowice na Potoku Toszeckim [1, 7].

W ujęciu hydrologiczno-bilansowym w Hydrowęźle należy wyróżnić dwa przekroje, w których następuje rozdział przepływów:

1. jaz segmentowo-klapowy Łabędy rozdzielający wody zasilające stanowisko portowe i tranzyt całego kanału od zbiornika Dzierżno Duże,
2. jaz segmentowo-klapowy Pławniowice rozdzielający wody zasilające stanowiska I–IV kanału od rzeki Kłodnicy dla zachowania przepływu nienaruszalnego.

Gospodarowanie wodą na kanale jest określone przez poniższe warunki:

- obowiązek pozostawienia w korycie Kłodnicy przepływu nienaruszalnego (wg kryterium hydrobiologicznego),
- konieczność pokrycia potrzeb istniejących użytkowników wody,
- konieczność pokrycia potrzeb żeglugi na kanale,
- możliwość zasilania żeglugi na Odrze.



W okresie budowy kanału zapotrzebowanie na wodę było wyższe od zasobów wodnych Kłodnicy, począwszy od roku 1949 zaznacza się – za sprawą transferów z wód obcych – wyraźny przyrost tych zasobów. Budowa ww. zbiorników retencyjnych (Dzierżno Duże, Dzierżno Małe, Pławniowice) w wyrobiskach kopalni piasku dodatkowo ułatwiła gospodarowanie wodą w hydrowęzle.

## CEL I ZAKRES BADAŃ

Przedstawiane w niniejszym opracowaniu wyniki badań są pierwszymi od chwili oddania Kanału Gliwickiego do użytku w roku 1939. Do chwili obecnej nie przeprowadzono żadnych badań stanu kanału, ani w zakresie badań hydrochemicznych, ani badań stanu sanitarnego, a także nie badano stopnia zanieczyszczenia osadów dennych [3].

Ze względu na miejsko-przemysłowy charakter zlewni, silne zanieczyszczenie wód, w przypadku Kanału Gliwickiego funkcjonuje wiele stereotypowych opinii na temat zanieczyszczenia, zamulenia lub skażenia pierwiastkami radioaktywnymi, mimo braku podstaw w postaci wyników badań i analiz.

Celem badań było zatem przede wszystkim uzyskanie informacji o obecnym stanie zanieczyszczenia wody kanału i zweryfikowanie panujących opinii.

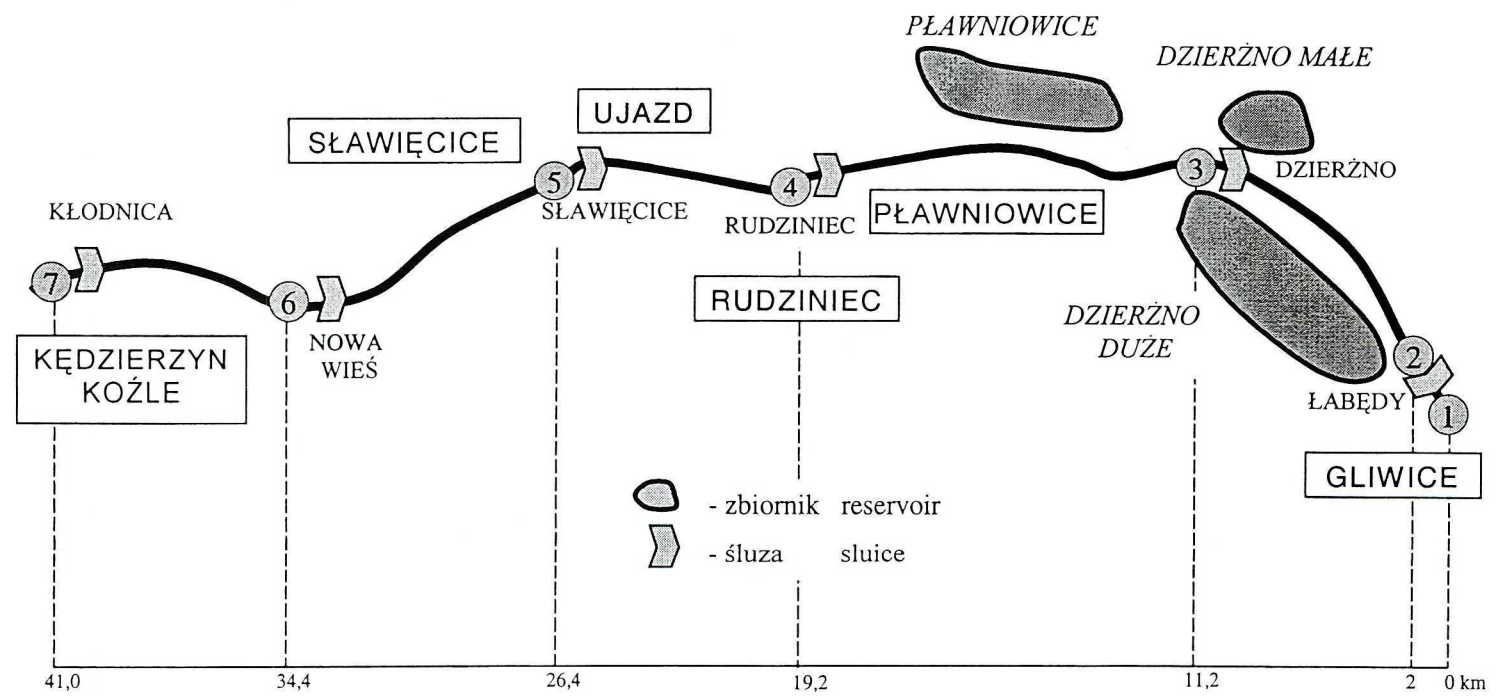
Badania jakości wody w Kanale Gliwickim wykonano w następującym zakresie: temperatura wody, odczyn, przezroczystość, stężenie tlenu, biochemiczne zapotrzebowanie tlenu ( $BZT_5$ ), chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT), stężenie węgla organicznego rozpuszczonego i zawiesinę.

Ponadto oznaczano: twardość ogólną, zasadowość, stężenie wapnia, magnezu, sodu, potasu, stężenie chlorków, siarczanów, stężenie substancji rozpuszczonych, lotnych i stałych oraz przewodnictwo właściwe.

## METODYKA BADAŃ

Analizy wody w przedstawionym wyżej zakresie wykonano w próbach wody, pobranych 6-krotnie, od stycznia do czerwca 2000 r. Próby pobierano z 7 stanowisk pomiarowych, których lokalizację przedstawiono na rys. 1. Temperaturę wody mierzono czujnikiem temperatury, odczyn pH-metrem – typ CI-316, firmy „Elmetron” (Zabrze). Przezroczystość wody oznaczano jako widzialność krążka Secchiego, stężenie tlenu mierzono tlenomierzem – typ CO-315, firmy „Elmetron”. Sondę tlenową umieszczano w powierzchniowej warstwie wody, na głębokości 30 cm.  $BZT_5$  oznaczano metodą rozcieńczeń, ChZT metodą dwuchromianową, zaś stężenie węgla organicznego rozpuszczonego analizatorem węgla – typ TOC-5000 A, firmy „Shimadzu” (Japonia). Twardość ogólną, wapń, magnez oznaczano metodą wersenianową, sód i potas elektrodami jonoselektywnymi – firma „Detektor” (Warszawa), zasadowość zaś metodą miareczkową z kwasem solnym. Substancje rozpuszczone, lotne, nielotne i zawiesinę oznaczano metodą wagową, a przewodnictwo właściwe mierzono konduktometrem – typ CC-311, firmy „Elmetron”. Analizy chemiczne w próbkach wód wykonywano według obecnie obowiązujących norm.





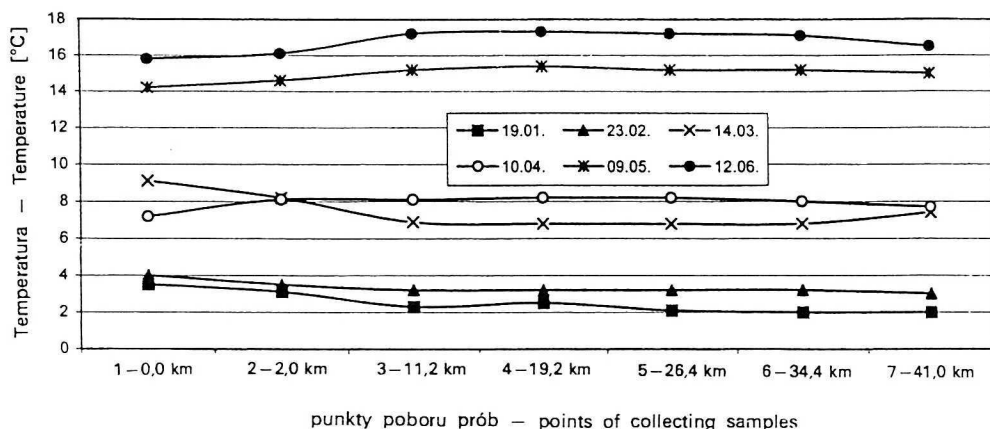
Rys. 1. Kanał Gliwicki – lokalizacja punktów pomiarowych  
 Gliwice Channel – location of sampling points

## WYNIKI BADAŃ

Omówione poniżej zmiany poszczególnych wskaźników zilustrowano na wykresach (rys. 1 – 22). Przyjęto ten sposób przedstawienia szczegółowych danych przyjęto, ponieważ umożliwia on zaobserwowanie ogólnej tendencji zmian, zwłaszcza zmniejszanie zakresu stężeń wzdłuż koryta kanału, a także zakresu zmian na poszczególnych stanowiskach pomiarowych. Uwidoczniono w ten sposób także specyfikę stanu zanieczyszczenia na poszczególnych stanowiskach.

## TEMPERATURA WODY

W okresie prowadzenia badań temperatura wody Kanału Gliwickiego wynosiła od 2 do 17,6°C. Zauważono, że woda rzeki Kłodnicy w miejscu zasilania Portu Gliwickiego była w styczniu, lutym i marcu wyższa aniżeli na pozostałych odcinkach kanału. W kwietniu, maju i czerwcu natomiast była niższa (rys. 2).

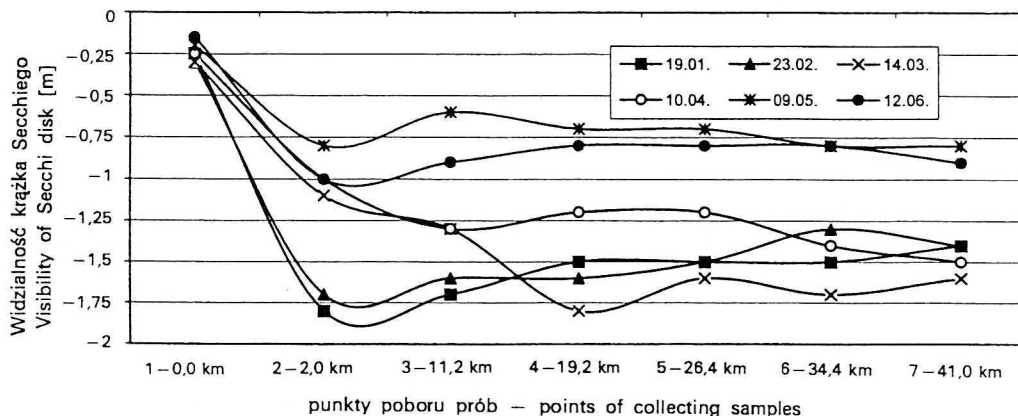


Rys. 2. Temperatura wody Kanału Gliwickiego  
Temperature of water in the Gliwice Channel

Najniższe temperatury stwierdzono w styczniu i lutym (około 2–4°C). Stopniowo woda ogrzewała się, dochodząc w kwietniu do około 8°C. Najwyższą temperaturę wody zanotowano w czerwcu, kiedy wynosiła ona od 16°C do prawie 18°C. Jak widać na rysunku, temperatura wody wzdłuż osi, na całej długości kanału była wyrównana. Różnica pomiędzy wartościami skrajnymi w poszczególnych miesiącach prowadzenia badań nie przekraczała 1,5°C.

## PRZEZROCZYŚĆ WODY

Najniższą przezroczystość wody notowano regularnie w rzece Kłodnicy, w miejscu, gdzie jaz segmentowy kieruje wodę rzeki do portu w Gliwicach. Widzialność krążka Secchiego w tym miejscu wynosiła od 0,15 do 0,35 m. Na pozostałych stanowiskach widzialność wody zmieniała się w granicach od 0,6 do 1,8 m (rys. 3). Najwyższe wartości omawianego wskaźnika notowano



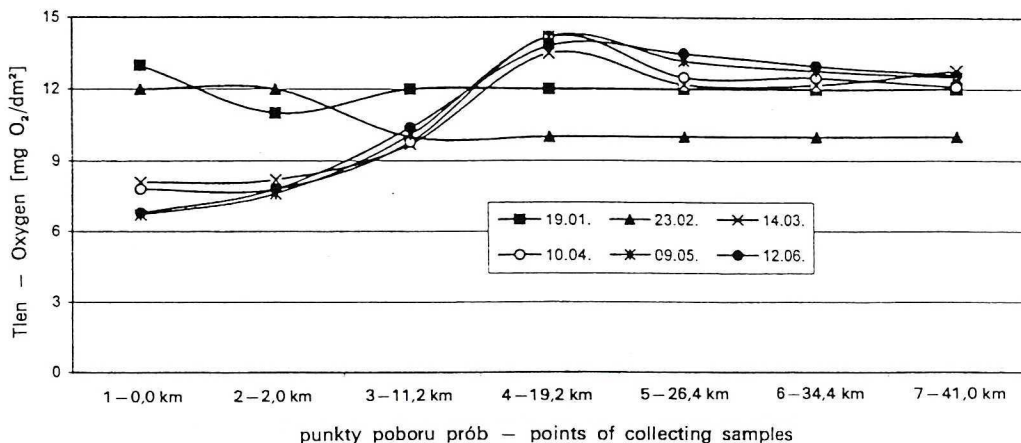
Rys. 3. Widzialność krążka Secchiego wody Kanału Gliwickiego  
Visibility of Secchi disk of water in the Gliwice Channel

w okresie od stycznia do marca, który zmieniał się w zakresie od 1,3 do 1,8 m. W tym czasie widzialność krążka Secchiego na całej długości kanału stopniowo zmniejszała się, osiągając najniższe wartości na stanowisku nr 7.

#### STĘŻENIE TLENU W WODZIE

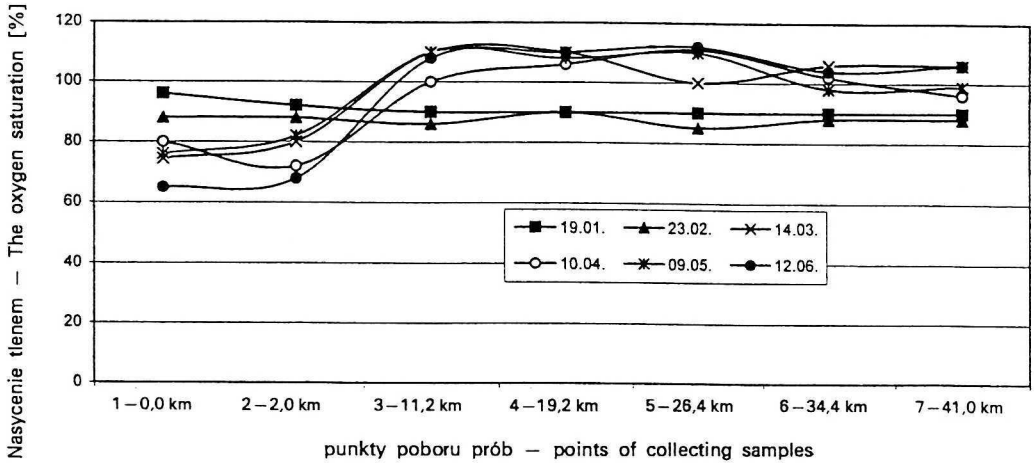
W miesiącach zimowych (styczeń i luty) stężenie tlenu w wodzie zmieniało się w granicach od 10 do 14 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, co odpowiada nasyceniu od 86 do 98%. Te niewielkie zmiany wartości stwierdzono na całej długości kanału (rys. 4 i 5).

W okresie od kwietnia do czerwca stężenie tlenu wzrastało na odcinku od stanowiska nr 1 do 4, gdzie osiągało wartość maksymalną. Na odcinku kanału



Rys. 4. Zmiany zawartości tlenu w wodzie Kanału Gliwickiego  
Changes of oxygen concentration in water of the Gliwice Channel





Rys. 5. Zmiany nasycenia tlenem w wodzie Kanału Gliwickiego  
Changes of the oxygen saturation in water of the Gliwice Channel

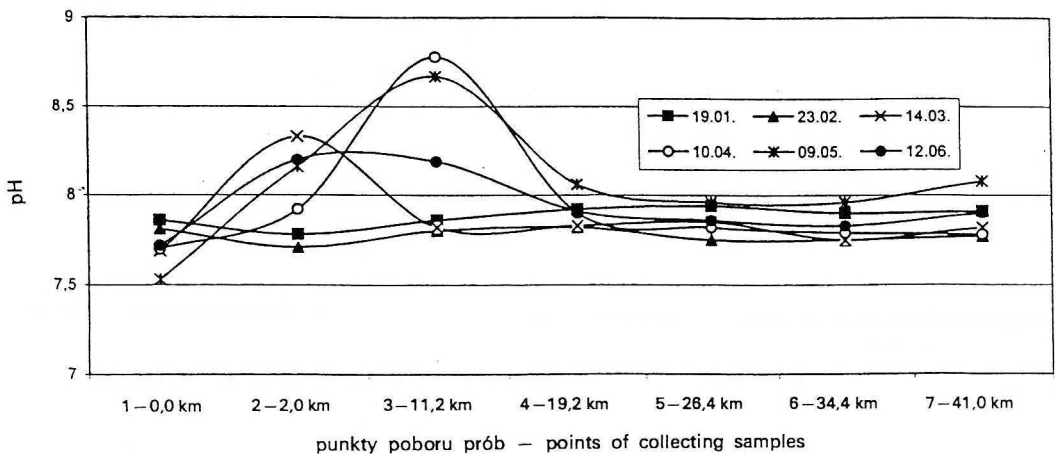
od stanowiska nr 5 do 7 zaobserwowano nieznaczny spadek stężenia tlenu, jednakże notowane wartości były wysokie.

Podobnie kształtowały się zmiany nasycenia wody tlenem, którego najwyższe wartości, w granicach od 98 do 115% występowały na odcinku od stanowiska nr 3 do 6.

#### ODCZYN WODY

Zmiany odczynu wody Kanału Gliwickiego przebiegały w granicach od  $\text{pH} = 7,53$  do  $\text{pH} = 8,78$  (rys. 6).

W styczniu i lutym odczyn wody był bardzo wyrównany na całej długości kanału i wahał się w zakresie: w styczniu od  $\text{pH} = 7,78$  do  $\text{pH} = 7,94$ ,

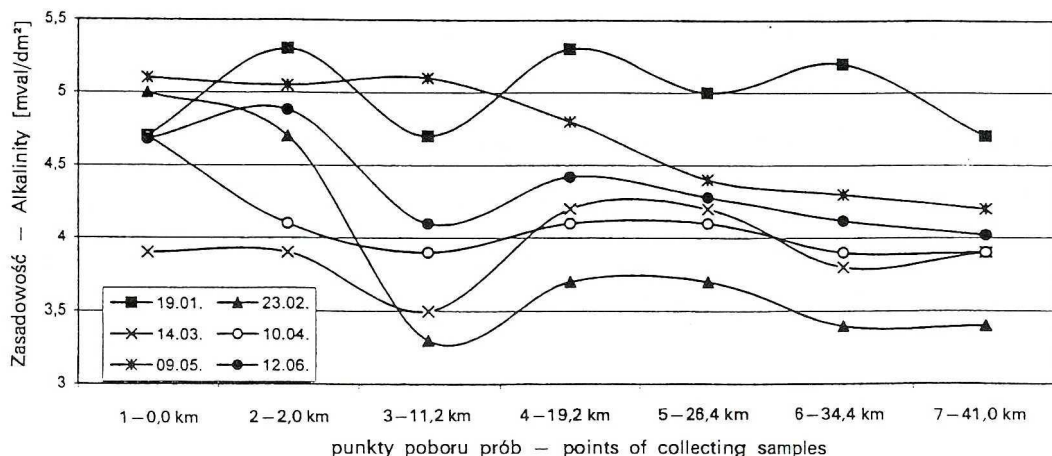


Rys. 6. Zmiany pH w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of pH in water samples of the Gliwice Channel

w lutym od  $\text{pH} = 7,71$  do  $\text{pH} = 7,82$ . W okresie od marca do czerwca obserwowano wzrost odczynu wody na odcinku kanału od stanowiska nr 1 do 3, od  $\text{pH} = 7,7$  do  $\text{pH} = 8,78$ . Na dalszym odcinku kanału w tym samym czasie odczyn wody obniżał się. Zmiany przebiegały w granicach od  $\text{pH} = 7,75$  do  $\text{pH} = 8,08$ .

### ZASADOWOŚĆ ( $Z_m$ )

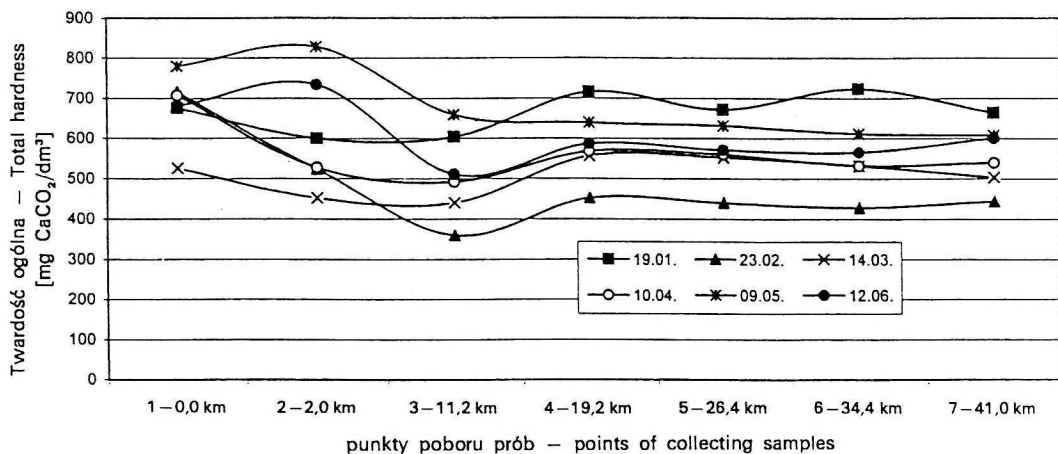
Obserwowane zmiany zasadowości wahały się w dość szerokich granicach, od 3,4 do 5,3  $\text{mval/dm}^3$  (rys. 7). Najniższa zasadowość w wodzie kanału wystąpiła w lutym. Najsilniejszy spadek zasadowości występował na odcinku od stanowiska nr 1 do 3. Następnie wartość tego wskaźnika wzrastała, aby systematycznie zmniejszać się na odcinku od stanowiska nr 4 do portu w Kędzierzynie-Koźlu.



Rys. 7. Zmiany zasadowości  $Z_m$  w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of alkalinity in water samples of the Gliwice Channel

### TWARDOŚĆ OGÓLNA

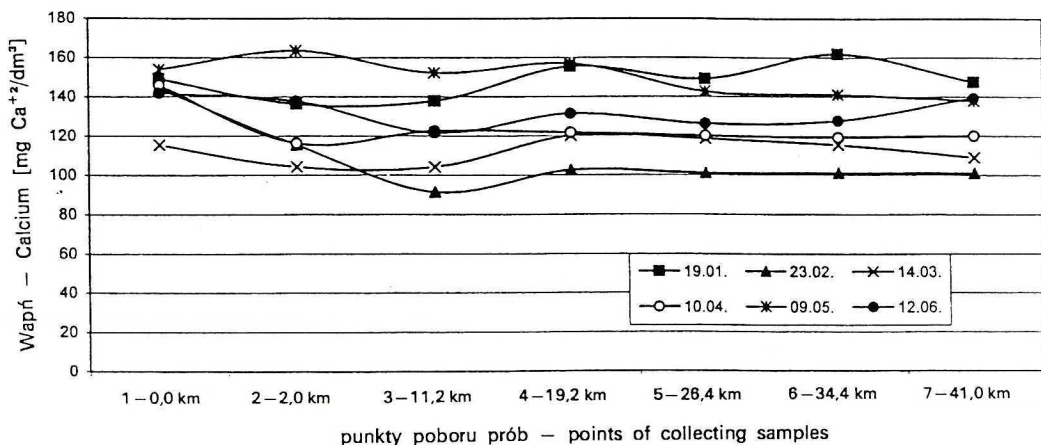
Twardość ogólna wody w Kanale Gliwickim w okresie prowadzenia badań zmieniała się w granicach od 360,3 do 828,7  $\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$ . Jak widać na rys. 8, widoczna jest nieco wyższa twardość wody rzeki Kłodnicy zasilającej kanał. W styczniu twardość wody na całej długości kanału była wyrównana i na odcinku od stanowiska nr 4 do 7 najwyższa w całym okresie prowadzenia badań. Zmiany wartości twardości w tym okresie wahały się w przedziale od 600,5 do 724,6  $\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$ . Podobnie jak w przypadku zasadowości, najniższa twardość w badanych wodach wystąpiła w lutym, a najsilniejszy jej spadek wystąpił na odcinku od stanowiska nr 1 – 716,6  $\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$  do stanowiska nr 3 – 360,3  $\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$ .



Rys. 8. Zmiany twardości ogólnej w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of total hardness in water samples of the Gliwice Channel

#### JONY WAPNIOWE

Zmiany stężeń jonów wapnia w wodzie Kanału Gliwickiego wahały się w granicach od 91,4 do 163,5 mg Ca<sup>+</sup><sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (rys. 9). Są to wartości klasyfikujące wodę kanału jako średnio twardą i twardą. Prawie w każdym przypadku, w poszczególnych miesiącach, stężenie wapnia w wodzie zasilającej kanał było wyższe niżeli w wodzie na pozostałych odcinkach kanału. Najniższe stężenie wapnia zanotowano w lutym (od 91,4 do 144,3 mg Ca<sup>+</sup><sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>). Wartości najwyższe wystąpiły w styczniu i w maju.



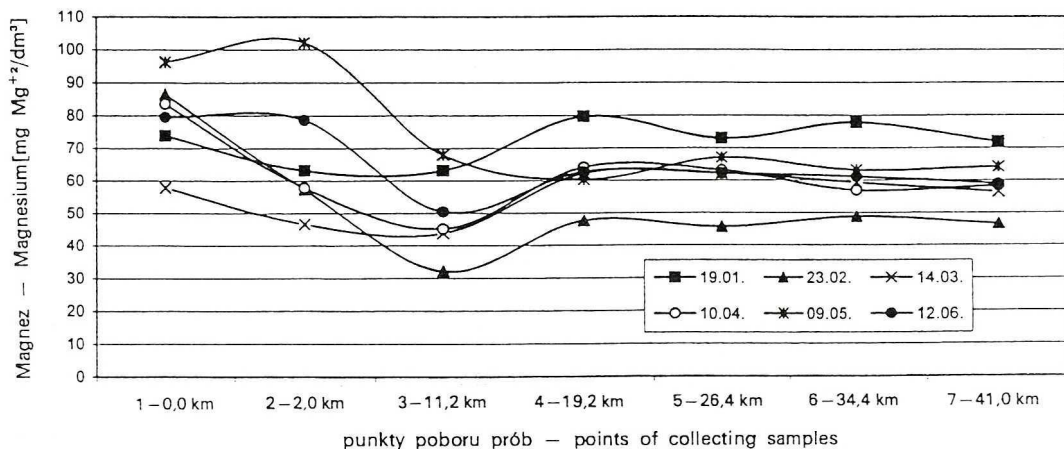
Rys. 9. Zmiany stężeń jonów wapnia w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of calcium ions concentration in water samples of the Gliwice Channel



## JONY MAGNEZOWE

Stężenie jonów magnezu w wodzie tego cieku zmieniało się w szerokich granicach, od 32,1 do 102,1 mg  $Mg^{+2}/dm^3$ . W wodzie zasilającej kanał, w poszczególnych poborach prób stężenie jonów magnezu było najwyższe i wynosiło od 57,9 do 96,3 mg  $Mg^{+2}/dm^3$  (rys. 10).

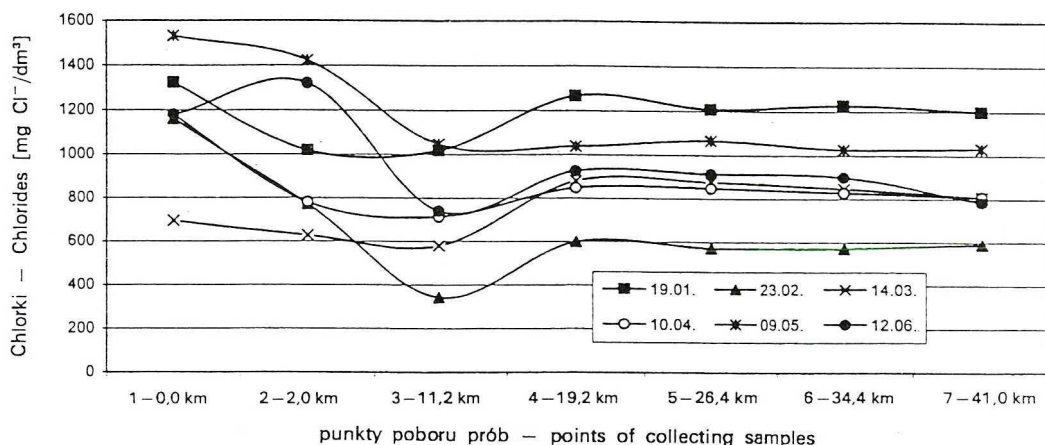
Najniższe stężenie magnezu podobnie jak w przypadku wapnia zanotowano w lutym. Na stanowiskach od nr 3 do 7 zmieniało się od 31,1 do 48,8 mg  $Mg^{+2}/dm^3$ .



Rys. 10. Zmiany stężeń jonów magnezu w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of magnesium ions concentration in water samples of the Gliwice Channel

## JONY CHLORKOWE

Stwierdzone wartości stężeń jonów chlorkowych były, jak na wody śródlądowe, bardzo wysokie i wskazywały na rolę, jaką w kształtowaniu jakości



Rys. 11. Zmiany stężeń chlorków w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of chlorides concentration in water samples of the Gliwice Channel

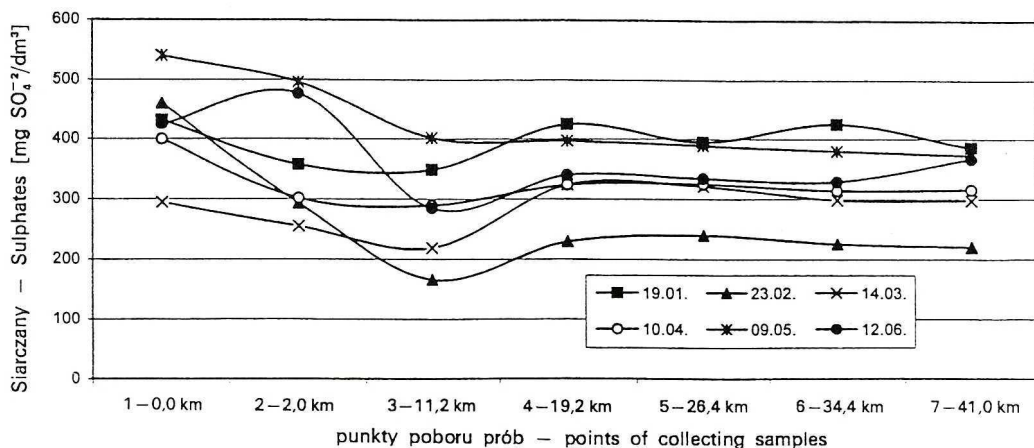
wody kanału mają zasolone wody kopalniane, oraz przemysłowa zlewnia rzeki Kłodnicy.

Obserwowane zmiany stężeń tych jonów wahały się w szerokich granicach, od 342,7 do 1532,7 mg Cl<sup>-</sup>/dm<sup>3</sup> (rys. 11). I w tym przypadku widoczny jest spadek stężenia chlorków w wodzie na odcinku od stanowiska nr 1 do 3. Następnie pojawiał się wzrost stężeń tych jonów, po czym stopniowo stężenie chlorków zmniejszało się, by najniższe wartości osiągnąć na stanowisku nr 7, powyżej portu w Kędzierzynie-Koźlu.

#### JONY SIARCZANOWE

Obserwowane zmiany stężeń tego wskaźnika w wodzie kanału wahały się w granicach od 166,0 do 540,0 mg SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>/dm<sup>3</sup> (rys. 12).

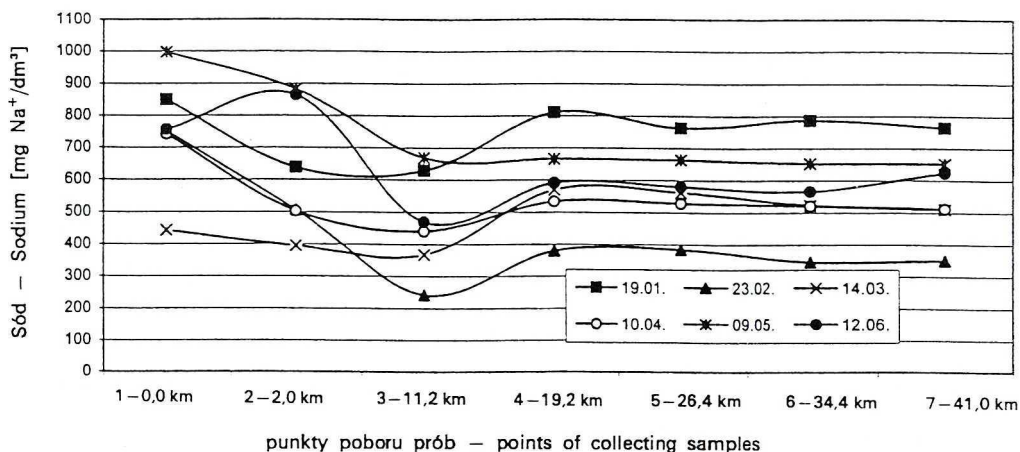
Podobnie jak w przypadku twardości, stężenia jonów wapnia, magnezu i chlorków, tak i w przypadku siarczanów widać wyraźny spadek ich stężenia na odcinku od stanowiska nr 1 do 3, po którym następuje wzrost ich stężenia na stanowisku nr 4. Poniżej stanowiska nr 4 można zauważyć wyraźne ustabilizowanie się stężenia tych jonów.



Rys. 12. Zmiany stężeń siarczanów w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of sulphates concentration in water samples of the Gliwice Channel

#### JONY SODOWE

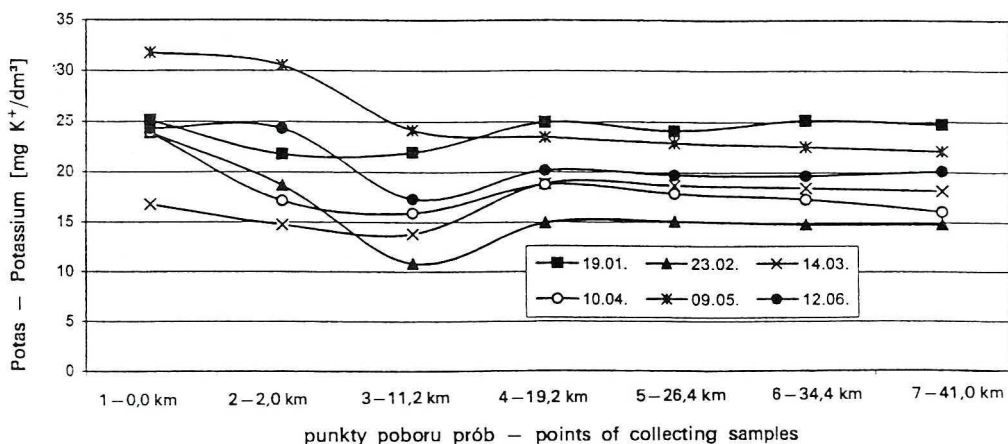
Zmiany stężeń jonów sodowych w wodzie przebiegały w granicach od 242,7 do 997,9 mg Na<sup>+</sup>/dm<sup>3</sup>. Zarówno wielkości stężeń tych jonów, jak i przebieg zmian pozostają w powiązaniu ze zmianami jonów chlorkowych. Dopływ wód (ścieków) obcych, najprawdopodobniej pochodzących z terenu osiedla im. Kopernika w Gliwicach, powoduje rozcieńczanie wód Kłodnicy. Znajduje to odbicie w obserwowanym spadku wartości stężeń na odcinku od stanowiska nr 1 do 3 (rys. 13).



Rys. 13. Zmiany stężeń jonów sodu w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of sodium ions concentration in water samples of the Gliwice Channel

#### JONY POTASOWE

Zakres zmian stężeń jonów potasowych w badanych próbkach wynosił od 10,8 do 31,8 mg K<sup>+</sup>/dm<sup>3</sup>. Po spadku stężeń tych jonów na odcinku od stanowiska nr 1 do 3 następował pewien ich wzrost, a następnie wyraźne ustabilizowanie na pozostałej długości kanału (rys. 14).



Rys. 14. Zmiany stężeń jonów potasu w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of potassium ions concentration in water samples of the Gliwice Channel

Spadek wartości jonów potasowych na wyżej wymienionym odcinku (od nr 1 do 3) można tłumaczyć, podobnie jak w wypadku obniżki wartości jonów sodowych, efektem rozcieńczenia wód Kłodnicy innymi wodami.

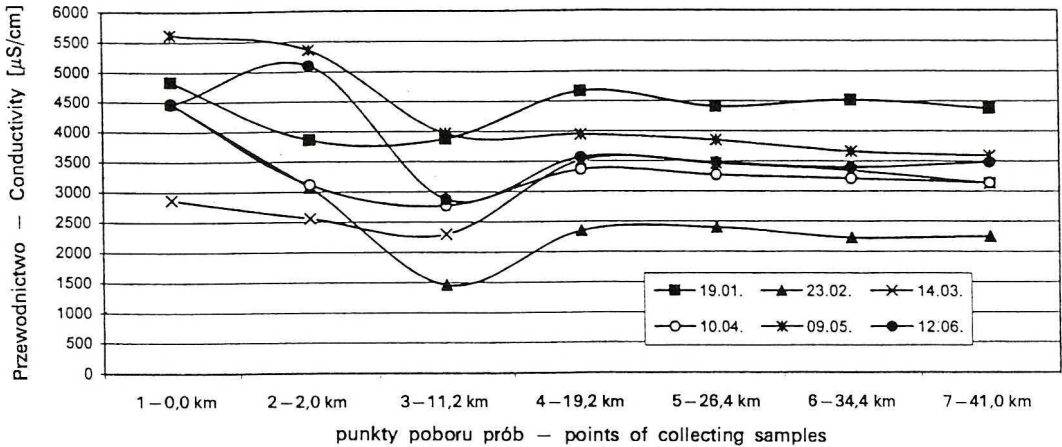


## PRZEWODNICTWO WŁAŚCIWE

W czasie prowadzenia badań przewodnictwo właściwe w wodzie kanału zmieniało się w bardzo szerokich granicach, od 1460 do 5620  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Na odcinku od portu w Gliwicach do stanowiska nr 3 (śluz w Dzierżynie) spadek wartości omawianego wskaźnika wynosił od 40 do 70% (rys. 15).

Na pozostałym odcinku kanału, od stanowiska nr 4 aż do portu w Kędzierzynie-Koźlu obserwowano wyrównanie wartości przewodnictwa właściwego. Na tym odcinku zakres zmian był mniejszy i wynosił od 2230 do 4670  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



Rys. 15. Zmiany przewodnictwa w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of conductivity in water samples of the Gliwice Channel

## SUBSTANCJE ROZPUSZCZONE

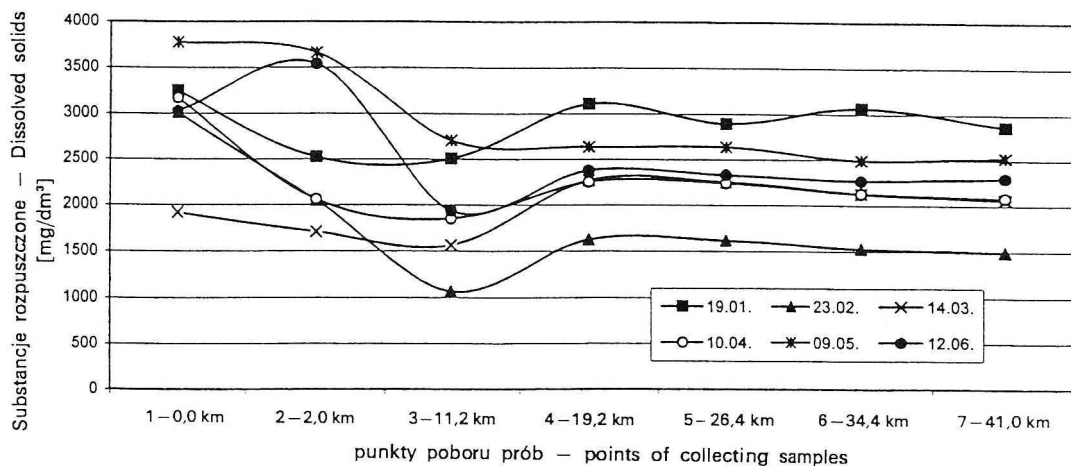
Podobnie jak w przypadku przewodnictwa właściwego, wartości całkowitych stężeń substancji rozpuszczonych w wodzie Kanału Gliwickiego były bardzo wysokie, charakterystyczne dla wód będących pod wpływem ścieków przemysłowych oraz zasolonych wód kopalnianych.

W badanych wodach stężenie soli rozpuszczonych zmieniało się w przedziale od 1066 do 3779  $\text{mg}/\text{dm}^3$ . Wartości najwyższe notowano w wodzie zasilającej kanał. Następnie stężenia omawianego wskaźnika zmniejszały się i stabilizowały na odcinku kanału poniżej stanowiska nr 3 (rys. 16).

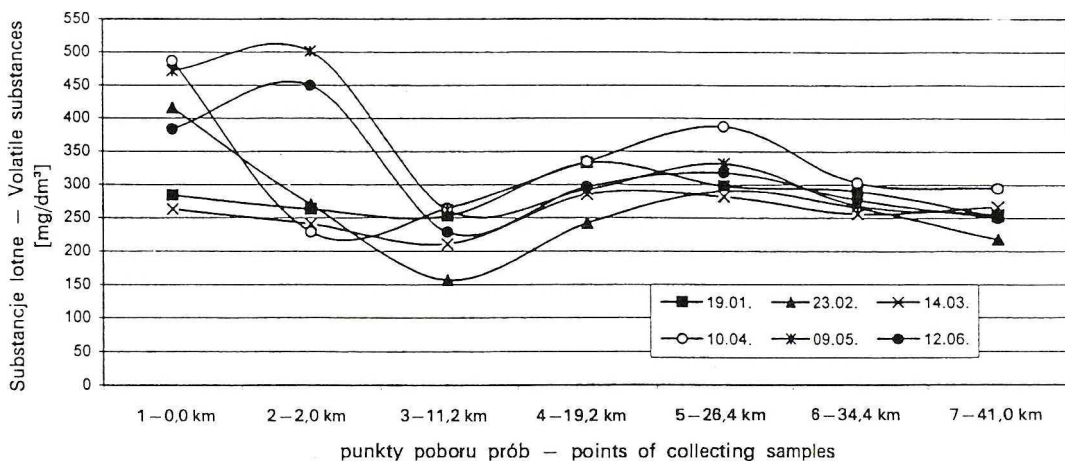
## SUBSTANCJE LOTNE I NIELOTNE

W analizowanych wodach stężenie substancji lotnych zmieniało się w niewielkim zakresie od 157 do 501  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , natomiast zakres zmian stężeń substancji nielotnych był znacznie większy – od 909 do 3307  $\text{mg}/\text{dm}^3$ . Substancje nielotne stanowiły od 80 do 90% wartości całkowitych substancji rozpuszczonych (rys. 17 i 18).

Na odcinku od stanowiska nr 1 do 3 stężenia wskaźników obniżały się, po czym wzrastały na stanowisku nr 4. Na pozostałych odcinkach kanału wa-



Rys. 16. Zmiany substancji rozpuszczonych w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of dissolved solids in water samples of the Gliwice Channel

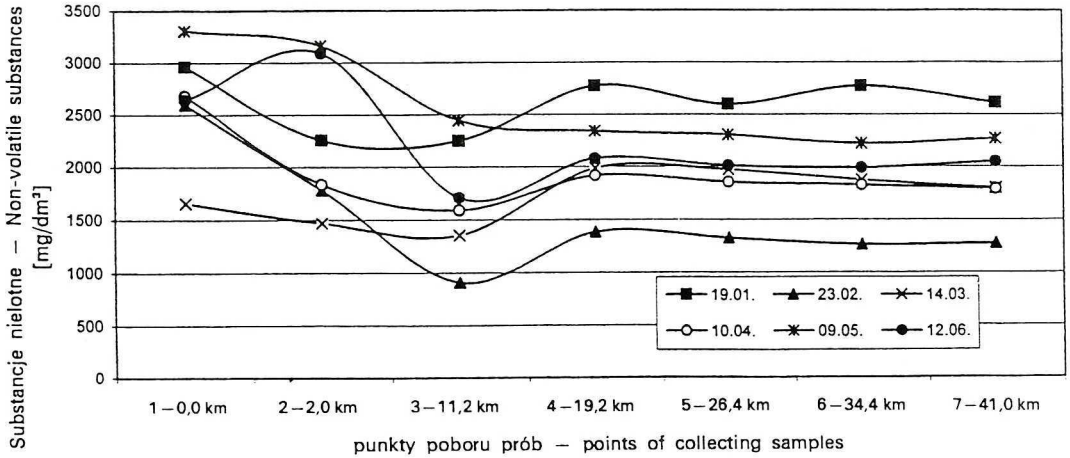


Rys. 17. Zmiany substancji lotnych w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of volatile substances in water samples of the Gliwice Channel

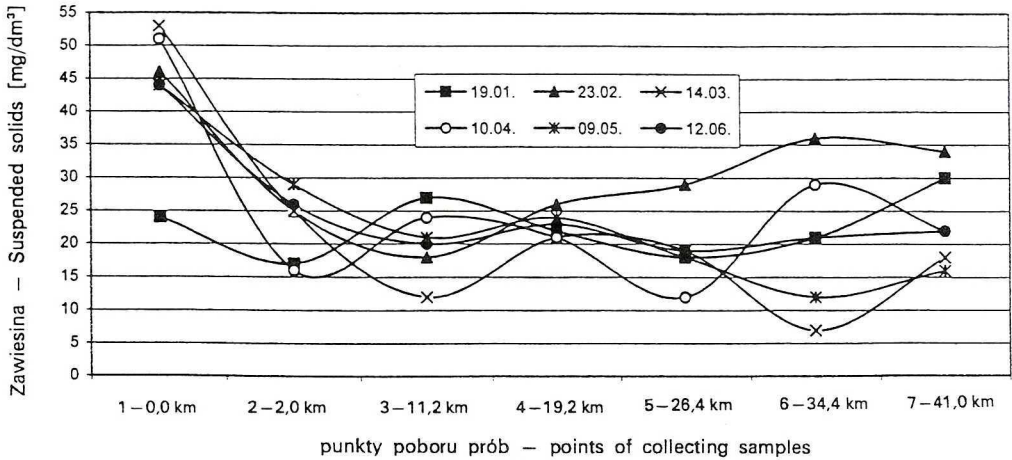
hania stężeń substancji lotnych i nielotnych podczas kolejnych poborów prób były niewielkie.

#### ZAWIESINA

Obserwowane zmiany wartości zawiesiny w wodzie kanału zachodziły w stosunkowo niewielkich granicach, od 7 do 53 mg/dm<sup>3</sup> (rys. 19). Są to wartości znacznie mniejsze od obserwowanych w latach 1998–2000, kiedy badano rolę zawiesiny wnoszonej do zbiornika Dzierżno Duże przez rzekę Kłodnicę w transporcie zanieczyszczeń [4]. Stwierdzono wówczas, że stężenie tego wskaźnika w wodzie rzeki dochodziło nawet do 1600 mg/dm<sup>3</sup>, a średnia wartość dla 24 miesięcy wynosiła 223 mg/dm<sup>3</sup>.



Rys. 18. Zmiany substancji nielotnych w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of non-volatile substances in water samples of the Gliwice Channel



Rys. 19. Zmiany zawiesiny w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of suspended solids in water samples of the Gliwice Channel

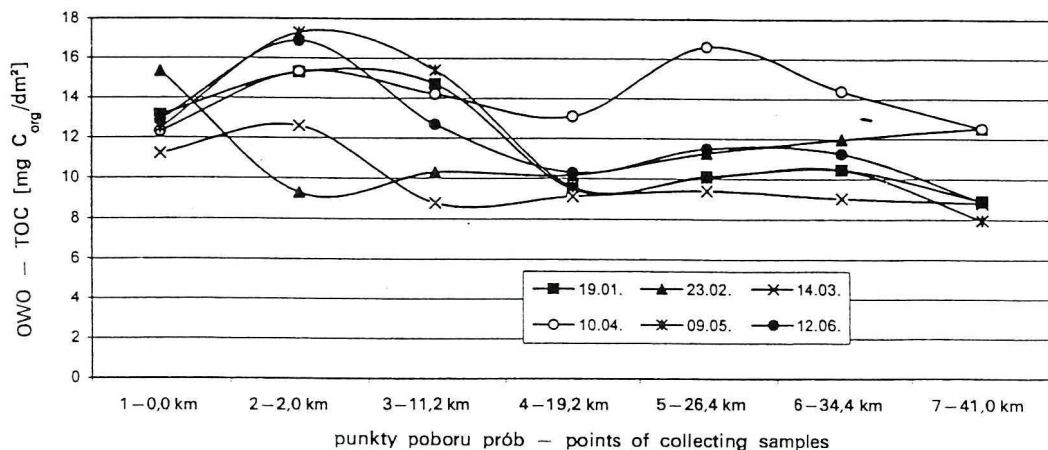
#### WĘGIEL ORGANICZNY ROZPUSSZCZONY

Stężenie węgla organicznego rozpuszczonego w badanych wodach wahało się w przedziale od 7,97 do 17,31 mg C<sub>org.</sub>/dm<sup>3</sup>. W okresie prowadzenia badań wartości stężeń tego wskaźnika na dopływie do kanału były bardzo wyrównane (od 11,23 do 15,35 mg C<sub>org.</sub>/dm<sup>3</sup>) (rys. 20).

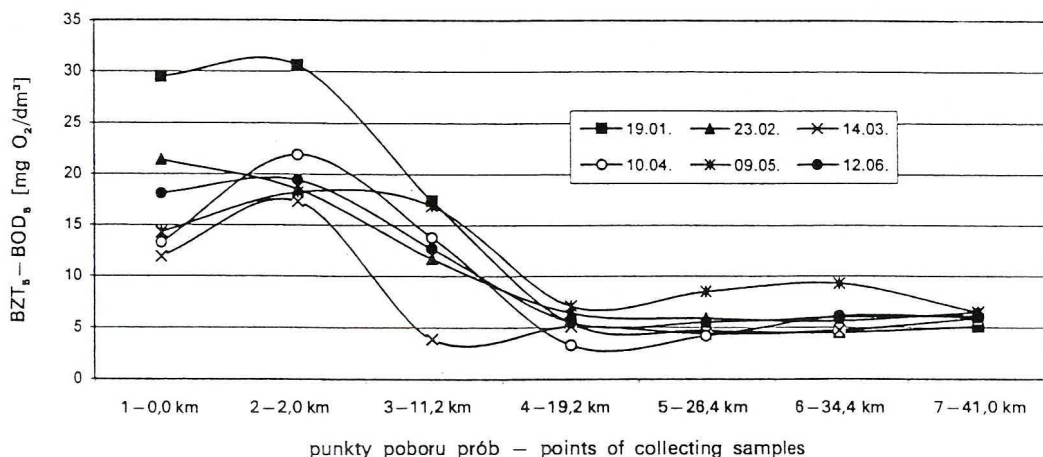
#### BIOCHEMICZNE ZAPOTRZEBOWANIE TLENU

Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu w analizowanych wodach zmieniało się w bardzo szerokim zakresie – od 3,3 do 30,6 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (rys. 21).





Rys. 20. Zmiany stężeń węgla organicznego w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of organic carbon concentration in water samples of the Gliwice Channel



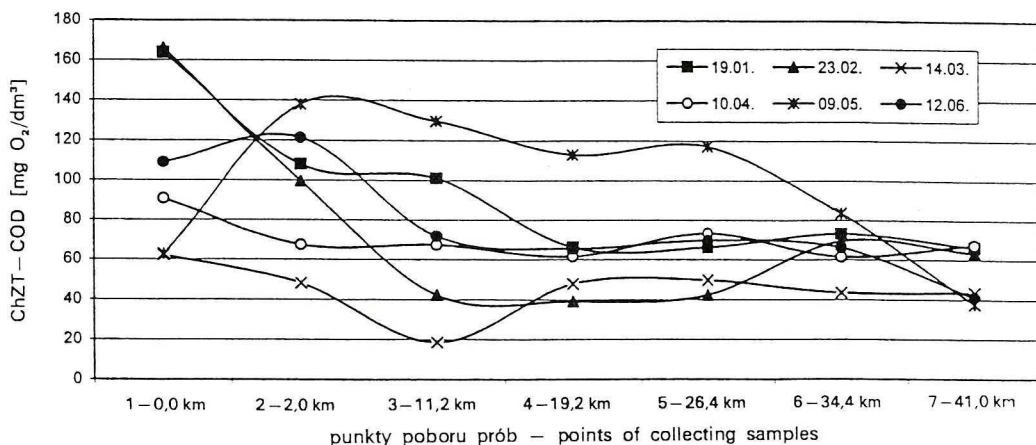
Rys. 21. Zmiany BZT<sub>5</sub> w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of BOD<sub>5</sub> in water samples of the Gliwice Channel

Na odcinku od stanowiska nr 1 do 4 widać wyraźny spadek wartości stężeń BZT<sub>5</sub> w wodzie kanału. Można tu mówić o wpływie rozcieńczenia tego ciekłu wodą ze zbiornika Dzierżno Duże oraz o procesach samooczyszczania. Poniżej stanowiska nr 4, aż do portu w Kędzierzynie-Koźlu wartości stężeń tego wskaźnika w badanych próbkach zmieniały się w niewielkim zakresie (od 3,3 do 9,3 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>).

#### CHEMICZNE ZAPOTRZEBOWANIE TLENU

Podczas prowadzenia badań chemiczne zapotrzebowanie tlenu w wodzie kanału wahało się od 19,6 do 166,1 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (rys. 22).

Najwyższe wartości ChZT notowano na dopływie wody Kłodnicy do kanału. Nie zanotowano podwyższenia tego wskaźnika na stanowisku poniżej śluzy w Łąbedach, co potwierdza, że do kanału powyżej śluzy doprowadzane są prawdopodobnie ścieki komunalne, które dają wzrost BZT<sub>5</sub>.



Rys. 22. Zmiany ChZT w próbkach wód z Kanału Gliwickiego  
Changes of COD in water samples of the Gliwice Channel

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Przezroczystość wody zmniejszała się wraz ze wzrostem temperatury do wartości charakterystycznych dla wód eutroficznych, w których procesy produkcji pierwotnej są bardzo intensywne. Zauważono, że wartość tego wskaźnika wzrastała w miarę zbliżania się stanowisk pomiarowych do portu w Kędzierzynie-Koźlu. Jednakże w tym przypadku różnice w przezroczystości wody kanału były niewielkie. Jak widać na rys. 3, linie łączące wartości tego parametru na poszczególnych stanowiskach układają się w sposób wskazujący na jego ustabilizowanie.

Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie kanału wskazuje na dobre warunki tlenowe. Nasylenie tlenem wody kanału w maju i czerwcu przekraczało na znacznym jego odcinku 100% (rys. 4 i 5). Jest to skutek intensywnych procesów fotosyntezy. Nie stwierdzono jednak w okresie prowadzenia pomiarów intensywnego przetlenienia.

Na odcinku od stanowiska nr 1 do 3 Kanału Gliwickiego obserwowano wzrost odczynu wody (rys. 6). Jest to zjawisko charakterystyczne dla intensywnych procesów fotosyntezy. Na dalszych odcinkach kanału następowało ustabilizowanie się odczynu. Notowane niewielkie wahania wartości tego wskaźnika wskazują na wysoki stopień zbuforowania wody.

W trakcie przeprowadzonych badań stwierdzono, że woda rzeki Kłodnicy zasilająca kanał miała w większości przypadków wyższą zasadowość niż woda na dalszych jego odcinkach (rys. 7). Może to wynikać z rozcieńczania wód kanału spływami wód deszczowych, podobnie jak to obserwowano w przypadku chlorków.

Woda kanału jest twarda oraz średnio twarda. W miarę oddalania się od portu w Gliwicach następuje stopniowe zmniejszanie się twardości wody w tym

cieku. Najwyraźniejszy spadek tego wskaźnika było widać na odcinku od stanowiska nr 1 do 3 (rys. 8). Prawdopodobnie jest to wynik doprowadzania do wody w rejonie portu ścieków z pobliskich osiedli oraz wód deszczowych. Po niewielkim wzroście twardości na stanowisku nr 4, na dalszych odcinkach kanału zauważono niewielki jej spadek, aż do stanowiska w porcie w Kędzierzynie-Koźlu.

W badanych wodach wartości stężeń jonów wapniowych były wyrównane na całej długości kanału, pomijając wyższe stężenia tego wskaźnika na dopływie do tego cieku (rys. 9). W trakcie prowadzonych badań nie obserwowano charakterystycznego dla intensywnych procesów produkcji pierwotnej ubytku jonów wapniowych.

W trakcie prowadzonych badań wyraźny spadek wartości stężeń jonów magnezowych w badanej wodzie miał miejsce na odcinku od stanowiska nr 1 do 3. Na pozostałych odcinkach kanału było widać wyraźnie ustabilizowanie się stężeń tego wskaźnika (rys. 10).

Opisany spadek wartości stężeń jonów chlorkowych wskazuje na dopływ do kanału wód ze spływów deszczowych i ścieków o zasoleniu wyraźnie niższym od zasolonych wód badanego cieku. Pozwala to na obserwowanie efektu rozcieńczenia. Poniżej stanowiska nr 3 do Kanału Gliwickiego doprowadzane były ponownie wody o podwyższonej zawartości soli, które nie powodowały wzrostu ich zasolenia do pierwotnych wartości (rys. 11). Prawdopodobnie są to wody doprowadzane do kanału ze zbiornika Dzierżno Duże przez Przewał Kłodnicki.

Dość szeroki zakres zmian stężeń jonów siarczanowych w badanych wodach wskazuje na ich przemysłowe pochodzenie (zasolone wody kopalniane). Największe wartości stężeń tego wskaźnika zanotowano w wodzie dopływającej do portu w Gliwicach. Na dalszych odcinkach kanału następował spadek stężeń tych jonów (rys. 12). Wskazuje to zarówno na możliwość rozcieńczenia, jak i na redukcję siarczanów w naddennych warstwach wody oraz pozbawionych tlenu osadach dennych.

Także zawartość jonów sodowych wskazuje na wpływ ścieków, a zwłaszcza zasolonych wód kopalnianych na kształtowanie jakości wody kanału. Na odcinku od portu w Gliwicach do stanowiska nr 3 (śluzą w Dzierżnie) obserwowano wyraźny spadek wartości tego wskaźnika. Poniżej Przewału Kłodnickiego doprowadzającego zasolone wody ze zbiornika Dzierżno Duże, stężenie jonów sodu ponownie wzrastało, po czym na dalszym odcinku kanału obserwowano wyrównanie wartości stężeń tego wskaźnika (rys. 13). Niemniej jednak stężenia jonów sodowych w wodzie kanału są bardzo wysokie i znacznie przekraczają wartości tego jonu w nie zanieczyszczonych wodach powierzchniowych (około  $20 \text{ mg Na}^+/\text{dm}^3$ ) [2].

Stężenia jonów potasowych w badanych wodach były także wyższe aniżeli spotykane w wodach powierzchniowych nie zanieczyszczonych. Podobnie jak w przypadku zmian wyżej opisanych wskaźników, najwyższe stężenia tego jonu obserwowano w wodzie dopływającej do kanału (rzeka Kłodnica) (rys. 14).

Obserwowane wartości przewodnictwa właściwego wskazują na obecność w wodzie kanału znacznych ilości rozpuszczonych soli mineralnych (rys. 15). Są



to wartości charakterystyczne dla wód zanieczyszczanych zasolonymi wodami kopalnianymi. Wielkości tego parametru są nawet około 10-krotnie wyższe od wartości przewodnictwa w wodach powierzchniowych nie zanieczyszczonych (Potok Toszecki zasilający zbiornik Pławniowice) [2].

Znajduje to także odbicie w wielkości stężeń substancji rozpuszczonych w wodzie kanału. Średnia ich wartość dla wszystkich pomiarów wynosiła 2265 mg/dm<sup>3</sup>. Najwyższe wartości tego wskaźnika notowano w wodzie zasilającej kanał (rys. 16).

Porównując zawartość substancji rozpuszczonych (oznaczenie w temperaturze 105°C) z wartościami po wyprężeniu (oznaczenie w temperaturze 600°C) stwierdzono, że zmniejszyły się one (substancje nietłne) o około 15% (rys. 17, 18). Skład rozłożonych substancji lotnych to przede wszystkim związki organiczne i część związków nieorganicznych.

Na odcinku od dopływu wody do Portu w Gliwicach do stanowiska nr 2 (poniżej śluzy w Łabędach) stężenie zawiesiny w wodzie spadało o około 50%. Na pozostałej długości kanału można było zauważyć nieznaczny wzrost stężeń tego wskaźnika (rys. 19).

Stężenie węgla rozpuszczonego w badanych wodach zmieniało się w niewielkim zakresie (rys. 20).

Wzrost stężeń BZT<sub>5</sub> na stanowisku nr 2 w porównaniu do stanowiska nr 1 potwierdzał zrzut do kanału na odcinku portowym w Gliwicach zanieczyszczeń pochodzenia organicznego. W miarę przemieszczania się wzdłuż osi kanału zanieczyszczenia te ulegały rozkładowi i widać było stopniowy spadek wartości tego wskaźnika. Obserwowane wartości odpowiadają oczyszczonym ściekom komunalnym. Na stanowisku nr 4 (poniżej śluzy w Dzierźnie) obserwowano wpływ rozcieńczenia wodą ze zbiornika Dzierżno Duże oraz procesów samooczyszczania (rys. 21).

Stężenia ChZT wyraźnie zmniejszały się wzdłuż biegu kanału, niezależnie od miesiąca, w którym pobrano próby. W porównaniu ze stanowiskiem nr 1 na stanowisku nr 7 redukcja stężeń ChZT wahała od 30 do 60% (rys. 22).

## PODSUMOWANIE

Kanał Gliwicki jest urządzeniem hydrotechnicznym stanowiącym zespół kaskadowo połączonych zbiorników zaporowych, w których funkcję zapór spełniają kolejne śluzy, co wpływa na rozprzestrzenianie zanieczyszczeń. Jakość wody w każdym ze zbiorników jest zdeterminowana przede wszystkim składem wód zasilających, cechy morfologiczne nie odgrywają znaczącej roli. Zaobserwowano wyraźny spadek stężenia zanieczyszczeń wzdłuż osi kanału. Generalnie należy stwierdzić, iż w największym stopniu kanał zanieczyszczony jest na odcinku od portu w Gliwicach do śluzy „Dzierżno”. Rekultywacja tego odcinka może przynieść wymierne efekty dla poprawy stanu środowiska całego systemu.

W tabeli 2 przedstawiono ocenę jakości wody Kanału Gliwickiego, opracowaną na podstawie wyników analiz. Klasyfikacji poszczególnych wskaźników

Tab. 2. Zakres zmian klas czystości wód Kanału Gliwickiego na podstawie minimalnych i maksymalnych wartości wybranych wskaźników chemicznych  
Changes range of water quality classification in the Gliwice Channel basis of minimum and maximum value of selected chemical indicators

Wskaźnik Parameter	Klasa Czystości – Water quality classification						
	Punkty poboru prób – Points of collecting samples						
	I – 0 km	II – 2,0 km	III – 11,2 km	IV – 19,2 km	V – 26,4 km	VI – 34,4 km	VII – 41,0 km
pH	I	I	I–II	I	I	I	I
BZT <sub>5</sub> BOD <sub>5</sub>	III – poza kl. under class	poza klasą under class	I – poza kl. under class	I–II	II–III	II–III	II
ChZT COD	II – poza kl. under class	II – poza kl. under class	I – poza kl. under class	II – poza kl. under class	II – poza kl. under class	II–III	II
Tlen Oxygen	I	I	I	I	I	I	I
Sód Sodium	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class
Potas Potassium	poza klasą under class	III – poza kl. under class	II – poza kl. under class	III – poza kl. under class	poza klasą under class	III – poza kl. under class	III – poza kl. under class
Wapń + Magnez Calcium + Magnesium	II – poza kl. under class	II – poza kl. under class	II–III	II – poza kl. under class	II–III	II – poza kl. under class	II–III
Chlorki Chlorides	poza klasą under class	poza klasą under class	III – poza kl. under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class
Siarczany Sulphates	poza klasą under class	poza klasą under class	II – poza kl. under class	III – poza kl. under class	III – poza kl. under class	III – poza kl. under class	III – poza kl. under class
Przewodnictwo Conductivity	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class
Substancje rozp. Dissolved solids	poza klasą under class	poza klasą under class	III – poza kl. under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class
Zawiesina Suspended solids	II – poza kl. under class	I–II	I–II	II	I–II	I–III	I–III

dokonano na podstawie Rozporządzenia MOŚZNIŁ z 5 listopada 1991 r. (Dz. Ust. nr 116, poz. 503) w sprawie klasyfikacji wód. Do oceny wybrano minimalne i maksymalne wartości poszczególnych wskaźników, stwierdzone w czasie prowadzenia badań, tj. od stycznia do czerwca 2000 r. Na podstawie tej klasyfikacji stwierdzono, że Kanał Gliwicki prowadzi wody pozaklasowe. Dotyczy to większości analizowanych wskaźników chemicznych.

Najpoważniejszym źródłem zanieczyszczeń kanału jest główny ciek zasilający – rzeka Kłodnica. Uporządkowanie gospodarki wodno-ściekowej w zlewni Kłodnicy jest warunkiem koniecznym poprawy jakości wody w kanale. Ograniczenie ilości zawieszin wnoszonych przez wody zasilające kanał pozwoli uniknąć konieczności stałego usuwania osadów dennych. Spadek stężeń zanieczyszczeń wzdłuż osi kanału związany jest z ich rozproszeniem (rozcieńczenie wodami zasilającymi lepszej jakości). Procesy samooczyszczania odgrywają natomiast rolę drugoplanową.

Wchodzące w skład węzła wodnego zbiorniki zaporowe Pławniowice (225 ha), Dzierżno Małe (110 ha) i Dzierżno Duże (650 ha) w istotny sposób poprawiają jakość wód zasilających. Ich degradacja może niekorzystnie wpłynąć na stan jakości wody w kanale.

Mimo zachodzących w kanale procesów samooczyszczania, a także dopływu do kanału wód o mniejszym zasoleniu (spływy powierzchniowe, wody deszczowe, rozcieńczone ścieki komunalne) jakość wody na całej długości kanału ulega zaledwie nieznacznej poprawie.

Badania, na podstawie których opracowano niniejszą publikację, zostały sfinansowane ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach.

## LITERATURA

- [1] Jarosz H., J. Piasecki: *Aktualizacja instrukcji gospodarowania wodą Hydrowęzła Kłodnicy i Kanału Gliwickiego od m. Gliwice do m. Kędzierzyn-Koźle*, Hart s.c., Wrocław – marzec 1997.
- [2] Kostecki M., M. Czaplicka, A. Domurad, E. Kowalski, J. Kozłowski, B. Zych, Ł. Rychlewska, M. Korona: *Ocena stopnia skażenia metalami ciężkimi, radioizotopami oraz substancjami organicznymi środowiska wodnego oraz osadów dennych systemu transportu wodnego rzeka Kłodnica – Kanał Gliwicki w aspekcie możliwości i sposobów ich utylizacji*. Praca IPIŚ PAN, temat C<sub>2</sub>–843, Zabrze – lipiec 2000.
- [3] Kostecki M., J. Kozłowski, A. Domurad, E. Kowalski, B. Zych: *Charakterystyka hydrochemiczna Potoku Toszeckiego w aspekcie oddziaływania na zbiornik zaporowy Pławniowice*, *Archiwum Ochrony Środowiska*, **2**, 125–140 (2001).
- [4] Kostecki M.: *Zawiesina jako element zanieczyszczenia antropogenicznego ekosystemu wodnego na przykładzie zbiornika zaporowego Dzierżno Duże (woj. śląskie)*, *Archiwum Ochrony Środowiska*, **4**, 75–94 (2000).
- [5] Pistelok F.: *Oszacowanie ładunku zanieczyszczeń wprowadzanego do Kłodnicy i jej dopływów ze źródeł komunalnych*, *Mat. Konf. Nauk. – Hydroforum IV 97*, Wisła – czerwiec 1997.
- [6] Pistelok F.: *Program: Czysta Kłodnica, Spotkania warsztatowe – Kłodnica*, październik 1995.



- [7] Stadnicki J.: *Zagadnienia związane z utrzymaniem obiektów hydrotechnicznych na terenie działalności Okręgowej Dyrekcji Gospodarki Wodnej Gliwice*, Mat. Konf. Nauk. – Hydroforum III 96, Wisła 1996.
- [8] Suschka J., I. Leszczyńska, S. Ryborz-Masłowska, B. Stoch, R. Bujok, A. Skowronek: *Analiza i ocena efektywności działań podjętych dla ochrony wód Kłodnicy* – Instytut Ochrony Środowiska – Centrum Ochrony Środowiska, Katowice – czerwiec 1992.

Wpłynęło: 31 stycznia 2001, zaakceptowano do druku: 6 kwietnia 2001.