

## ZWIĄZKI AZOTU I FOSFORU W WODZIE I OSADACH DENNYCH KANAŁU GLIWICKIEGO

MACIEJ KOSTECKI, JERZY KOZŁOWSKI

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

Keywords: anthropopresion, cascade-channel, hydrochemistry, nutrients, self-purification.

### NITROGEN AND PHOSPHORUS COMPOUNDS IN THE WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF GLIWICE CHANNEL

Results of the study presented in this article and earlier have been the first ones since the Gliwice Canal was put into service in 1939. Until now there have been no investigations concerning (the Canal state in the area of hydro-chemical study), sanitary state or level of sediment contamination. The aim of this study was therefore to obtain information about the current pollution. The level of aquatic environment in some reaches of Gliwice Channel. This article presents the results of investigations carried out in order to assess of water quality in the Canal relating to nitrogen and phosphorus compounds. The following nutrients were determined in water samples ammonia, nitrite and nitrate nitrogen as well as organic dissolved and organic suspended nitrogen. In addition concentrations of orthophosphates, polyphosphates and organic phosphorus were analyzed. The analyses were carried out in water samples taken in six samplings from January till June 2000. Water samples were drawn at 7 sampling points. Samples of bottom sediments were taken at 21 sample points. Basing on the results of analyses the water quality of Gliwice Canal has been determined. A classification of chemical parameters was carried out under the provision in force. Basing on this classification we can state that water in the Canal is does not quality for any class system. We can also affirm that the water quality on the whole length of Gliwice Canal has improved only slightly even though waters of lower pollution levels supply the Canal.

#### Streszczenie

Przedstawiane wyniki badań są pierwszymi od chwili oddania Kanału Gliwickiego do użytku w roku 1939. Do chwili obecnej nie było żadnych danych na temat zmian stanu sanitarnego, czy też badań stopnia zanieczyszczenia osadów dennych. Celem pracy było zatem uzyskanie informacji o aktualnym stanie zanieczyszczenia środowiska wodnego Kanału Gliwickiego na poszczególnych jego odcinkach, w zakresie związków azotu i fosforu. Próby wody pobrano 6-krotnie, w 7 punktach pomiarowych, w okresie od stycznia do czerwca 2000 roku. Próby osadów dennych pobrano w 21 stanowiskach pomiarowych. W wodzie oznaczano stężenia: azotu amonowego, azotynowego, azotanowego, organicznego, rozpuszczonego, organicznego w zawieszinie oraz stężenia: ortofosforanów, polifosforanów i fosforu organicznego. W osadach oznaczono całkowitą zawartość azotu i fosforu. Klasyfikacji wody na podstawie poszczególnych wskaźników chemicznych dokonano w oparciu o obowiązujące przepisy. Stwierdzono, że Kanał posiada wodę pozaklasową. Pomimo dopływu do Kanału Gliwickiego wód mniej zanieczyszczonych jakość wody na całej długości kanału nie ulegała wyraźnej poprawie.

## WSTĘP

Kanał Gliwicki jest sztuczną drogą wodną III klasy technicznej, wybudowaną w latach 1933–1939. Trasa kanału długości 41,2 km, łączy odrzańską drogę wodną w porcie w Kędzierzynie-Koźlu z Górnośląskim Okręgiem Przemysłowym, w rejonie portu rzeczno-golewskiego w Gliwicach [1, 7, 10].

Wieloletnie zamulanie Kanału Gliwickiego pyłem węglowym i zasilanie kanału wodami zanieczyszczonej Kłodnicy, doprowadziło do dużej jego degradacji [8–11]. W rezultacie wskazywano na konieczne „udroźnienie” szlaku transportowego, przywrócenia mu walorów przyrodniczych i poprawę stanu czystości, dla zwiększenia możliwości jego gospodarczego wykorzystania [2, 3, 5, 7, 9, 11]. Od momentu oddania Kanału do użytku w roku 1939 aż do chwili obecnej nie prowadzono żadnych badań – ani w zakresie badań hydrochemicznych, stanu sanitarnego, czy też stopnia zanieczyszczenia osadów dennych. Prezentowane wyniki badań dotyczące jakości wód Kanału Gliwickiego są zatem pierwszymi informacjami na temat składu chemicznego wody i osadów tego Kanału [2–5, 7].

## OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA KANAŁU GLIWICKIEGO

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.

Kanał charakteryzują następujące parametry: szerokość w dnie 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 kanału zostało uszczelnione warstwą łu. Skarpy ubezpieczone narzutem kamiennym. Na długości około 40 km kanał pokonuje różnicę poziomów 43,6 m. Sześć śluz bliźniaczych dzieli kanał na siedem odcinków. 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 [1, 10, 11].

## GOSPODARKA WODNA NA KANALE GLIWICKIM

Gospodarka wodna na kanale jest ściśle powiązana z gospodarką wodną w tzw. Hydrowęźle rzeki Kłodnicy, zwanym także Zachodnim Węzłem Wodnym Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego [8]. 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, 2, 6]. W ujęciu hydrologiczno-bilansowym w Hydrowęźle należy wyróżnić dwa przekroje, w których następuje rozdział przepływów:

1. jaz segmentowo-klapowy w Łabędach, 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.

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 wyżej wymienionych zbiorników retencyjnych (Dzierżno Duże, Dzierżno Małe, Pławniowice) w wyrobiskach kopalni piasku dodatkowo ułatwiła gospodarowanie wodą w hydrowęźle [6].

Inne dane dotyczące charakterystyki i gospodarki wodnej Kanału Gliwickiego przedstawiono we wcześniejszych opracowaniach [1–5, 7, 10].

### CEL I ZAKRES BADAŃ

Istotą prowadzonych badań było uzyskanie informacji o aktualnym stanie zanieczyszczenia środowiska wodnego Kanału Gliwickiego na poszczególnych jego odcinkach i zweryfikowanie panujących opinii. Eksploatacja kanału zasilanego wodą zanieczyszczonej Kłodnicy wymaga stałych prac konserwacyjnych zabezpieczających go przed degradacją [1, 2, 4, 7]. Założono, że uzyskanie informacji o wpływie specyficznego urządzenia wodnego – funkcjonującego w systemie kaskadowym – jakim jest kanał, na zmiany jakości wody ukáže elementy funkcjonowania kanału, wymagające szczególnego nadzoru.

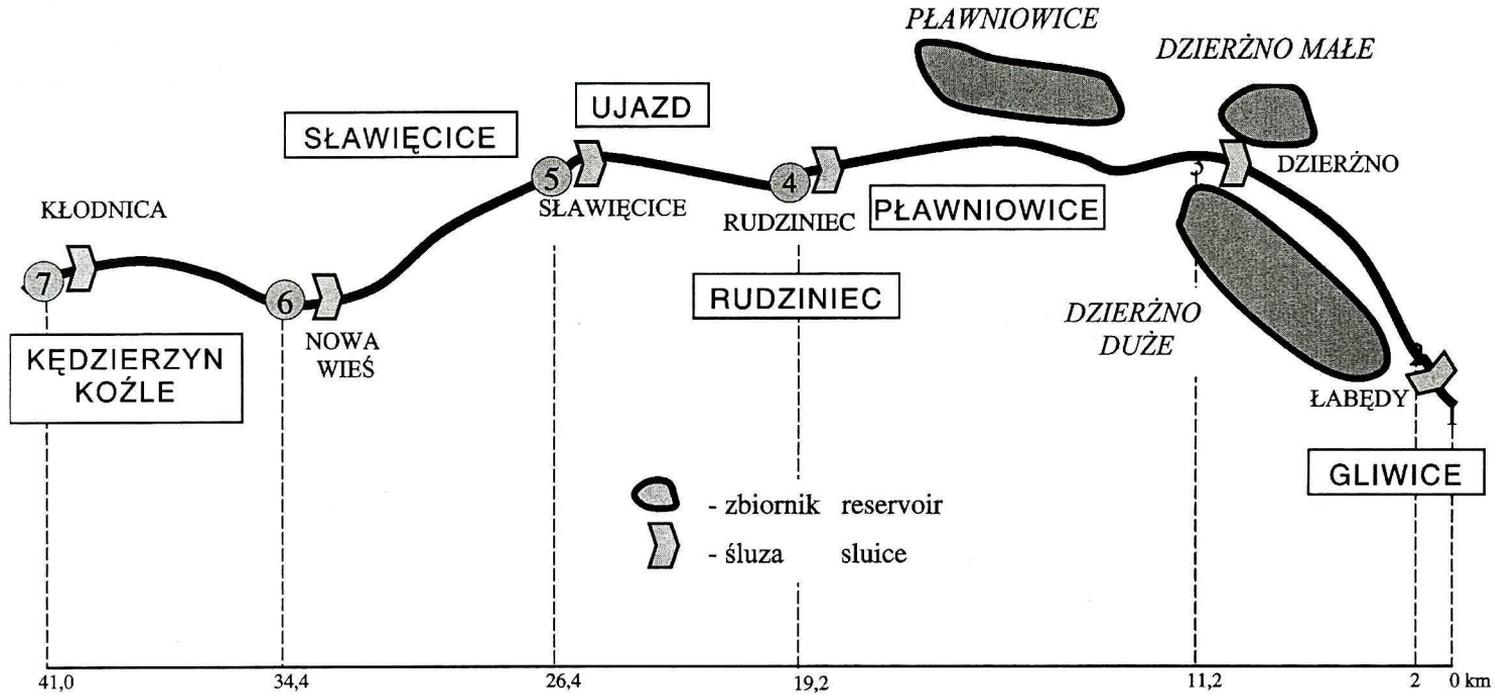
Celem niniejszej pracy było przedstawienie zmian stanu wody w kanale z punktu widzenia zasobności w substancje biogenne (azot i fosfor), w aspekcie eutrofizacji oraz procesów samooczyszczania.

### METODYKA BADAŃ

Zawartość azotu i fosforu zbadano w wodzie i osadach dennych na całej długości kanału. Analizy wody wykonano w próbach pobranych 6-krotnie, w okresie od stycznia do czerwca 2000 r. Wyznaczono 7 stanowisk pomiarowych, których lokalizację przedstawiono na rysunku 1. W badanych wodach oznaczano stężenia: azotu amonowego, azotynowego, azotanowego, organicznego, rozpuszczonego, organicznego w zawiesinie. Ponadto badano stężenia: ortofosforanów, polifosforanów i fosforu organicznego.

W celu zbadania zawartości azotu i fosforu, a także materii organicznej i mineralnej w osadach dennych, pobrano próby w 21 punktach, rozmieszczonych wzdłuż osi Kanału. Do poboru prób używano czepacza Eckmanna. Osady pobierano z powierzchniowej, 10 cm warstwy osadów. Na każdym stanowisku pobierano 5 próbek o jednakowej objętości, które następnie dokładnie mieszano w celu uśrednienia [2–5, 7].

W badanych wodach stężenia azotu amonowego i azotanowego mierzono elektrodami jonoselektywnymi – firma "Detektor" (Warszawa). Zawartość azotu azotynowego oznaczano metodą kolorymetryczną z kwasem sulfanilowym i 1-naftyloaminą, azotu organicznego metodą Kjeldahla. Stężenia ortofosforanów, polifosforanów (po uprzedniej hydrolizie w środowisku kwaśnym), fosforu organicznego (po wcześniejszej mineralizacji) oznaczano metodą kolorymetryczną molibdenianową z chlorkiem cynowym jako reduktorem. W osadach dennych zawartość azotu całkowitego oznaczano metodą Kjeldahla (po wcześniejszej mineralizacji). Stężenie fosforu całkowitego (po mineralizacji) oznaczano metodą kolorymetryczną molibdenianową z chlorkiem cynowym jako reduktorem, zaś zawartość substancji organicznych i mineralnych (po prażeniu w temperaturze 600°C) metodą wagową. Analizy chemiczne w próbkach wód i osadów wykonywano według aktualnie obowiązujących norm.



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

## WYNIKI

Stężenia związków azotu i fosforu w wodzie kanału przedstawiono w tabelach 1 i 2.

*Azot amonowy*

Zmiany stężeń azotu amonowego w wodzie Kanału Gliwickiego wahały się w granicach od 2,94 do 9,80 mg N-  $\text{NH}_4^+$ /dm<sup>3</sup>. Najwyższe wartości tego kationu zanotowano na stanowiskach pomiarowych 1 i 2, a najmniejsze poniżej śluzy w Dzierżnie (stanowisko nr 3). Na odcinku od stanowiska nr 3 do 4 następował wzrost stężeń azotu amonowego (średnio o około 2 mg N-  $\text{NH}_4^+$ /dm<sup>3</sup>). Następnie wartości tego związku systematycznie się zmniejszały aż do stanowiska nr 7, gdzie zaobserwowano najniższe stężenia azotu amonowego.

*Azot azotynowy*

W okresie prowadzenia badań wartość stężeń azotu azotynowego w analizowanych próbkach wód zmieniała się w szerokim zakresie – od 0,086 do 0,826 mg N-  $\text{NO}_2^-$ /dm<sup>3</sup>. Poziom stężeń tej formy azotu wskazuje na zanieczyszczenie wód Kanału ściekami komunalnymi. Najwyższe wartości azotynów stwierdzono w miesiącu maju. W pozostałych miesiącach największe wartości tego jonu występowały w wodzie dopływającej do portu w Gliwicach. Na odcinku od stanowiska 1 do 3 obserwowano znaczny spadek stężeń azotu azotynowego (zakres zmian od 0,393 do 0,086 mg N-  $\text{NO}_2^-$ /dm<sup>3</sup>, po czym na pozostałych odcinkach Kanału stężenie tego wskaźnika stabilizowało się.

*Azot azotanowy*

Stężenia azotu azotanowego w badanej wodzie zmieniały się w granicach od 3,59 do 6,92 mg N-  $\text{NO}_3^-$ /dm<sup>3</sup>. Obserwowano wyraźny spadek wartości azotanów na odcinku od stanowiska 1 do stanowiska 2, następnie wzrost stężeń tego wskaźnika w punkcie pomiarowym 3. Powodem charakterystycznego obniżenia stężeń azotu azotanowego w wodzie kanału na stanowisku 2 może być intensywnie przebiegająca denitryfikacja na odcinku portowym w Gliwicach, zanieczyszczonym ściekami komunalnymi z osiedla im. Kopernika. Na pozostałych odcinkach Kanału obserwowano niewielki wzrost wartości stężeń tego wskaźnika.

*Azot organiczny rozpuszczony*

W badanej wodzie Kanału wartości tego wskaźnika wahały się w granicach od 0,31 do 1,54 mg  $\text{N}_{\text{org}}$ /dm<sup>3</sup>. Widoczny jest wyraźny spadek stężeń azotu organicznego rozpuszczonego w wodzie Kanału

Gliwickiego wzdłuż jego biegu (od stanowiska 1 do 7). Największe zmiany stężeń tego parametru obserwowano na stanowisku 3 (od 0,31 do 1,47 mg  $\text{N}_{\text{org}}$ /dm<sup>3</sup>).

*Azot organiczny w zawieszinie*

Stężenia azotu organicznego w zawieszinie unoszonej przez wodę Kanału zmieniały się w szerokim zakresie od 0,07 do 2,66 mg  $\text{N}_{\text{org}}$ /dm<sup>3</sup> (Rys. 2). Na odcinku od stanowiska nr 1 do 2 zanotowano nagły wzrost wartości tej formy azotu (zmiany od 0,70 do 2,66 mg  $\text{N}_{\text{org}}$ /dm<sup>3</sup>). Następnie stężenia tego parametru zmniejszały się na odcinku od stanowiska 3 do 5. Ponownie nastąpił wzrost ich wartości na pozostałej długości Kanału Gliwickiego. Zmiany stężeń azotu organicznego na tym odcinku nie były już tak znaczne (zakres zmian od 0,07 do 1,16 mg  $\text{N}_{\text{org}}$ /dm<sup>3</sup>). Porównując udział procentowy azotu organicznego

Tabela 1. Stężenia (mg N/dm<sup>3</sup>) podstawowych form azotu w wodzie Kanału Gliwickiego  
The nitrogen forms concentration (mg N/dm<sup>3</sup>) on Gliwice Channel

<b>N-NH<sub>4</sub></b>	19.01.	23.02.	14.03.	10.04.	09.05.	12.06.
1 - 0,0 km	6,86	8,12	4,06	6,86	8,54	6,89
2 - 2,0 km	9,15	9,8	5,39	5,04	8,4	7,48
3 - 11,2 km	7,32	2,94	3,64	3,85	3,99	4,35
4 - 19,2 km	6,76	4,34	5,18	6,02	6,3	5,72
5 - 26,4 km	7,04	4,06	5,6	5,46	5,67	5,57
6 - 34,4 km	7,08	3,36	5,04	4,48	3,92	4,78
7 - 41,0 km	6,59	3,5	4,9	4,34	3,78	4,41
<b>N-NO<sub>2</sub></b>	19.01.	23.02.	14.03.	10.04.	09.05.	12.06.
1 - 0,0 km	0,39	0,306	0,247	0,3	0,721	0,393
2 - 2,0 km	0,319	0,212	0,157	0,228	0,307	0,242
3 - 11,2 km	0,086	0,108	0,122	0,154	0,826	0,259
4 - 19,2 km	0,127	0,123	0,139	0,181	0,685	0,251
5 - 26,4 km	0,162	0,141	0,146	0,205	0,645	0,26
6 - 34,4 km	0,16	0,137	0,144	0,207	0,309	0,191
7 - 41,0 km	0,154	0,135	0,141	0,237	0,717	0,22
<b>N-NO<sub>3</sub></b>	19.01.	23.02.	14.03.	10.04.	09.05.	12.06.
1 - 0,0 km	6,74	5,87	6,4	5,38	5,04	5,89
2 - 2,0 km	5	5,07	4,32	4,41	3,59	4,4
3 - 11,2 km	5	6,47	6,92	4,52	4,53	5,49
4 - 19,2 km	4,8	6,17	6,62	5,65	5,98	5,84
5 - 26,4 km	5,22	6,32	6,4	6,08	6,24	6,05
6 - 34,4 km	5,45	6,32	6,57	6,23	6,52	6,22
7 - 41,0 km	5,93	6,39	6,57	6,39	6,38	6,25
<b>N-org</b>	19.01.	23.02.	14.03.	10.04.	09.05.	12.06.
1 - 0,0 km	1,54	1,12	1,19	1,5	1,33	1,34
2 - 2,0 km	1,36	1,51	1,12	1,22	1,26	1,3
3 - 11,2 km	1,15	0,7	0,49	0,31	1,47	0,82
4 - 19,2 km	1,01	0,74	0,87	1,08	0,49	0,84
5 - 26,4 km	0,87	0,77	0,7	0,94	0,56	0,77
6 - 34,4 km	1,11	0,67	0,98	1,01	0,91	0,94
7 - 41,0 km	0,94	0,63	0,63	0,94	0,7	0,73
<b>N-org. suspend.</b>	19.01.	23.02.	14.03.	10.04.	09.05.	12.06.
1 - 0,0 km	1,78	1,19	0,77	1,47	0,63	1,17
2 - 2,0 km	0,7	0,77	1,96	2,66	2,59	1,8
3 - 11,2 km	0,84	0,21	0,07	1,96	1,4	0,9
4 - 19,2 km	0,77	0,11	0,29	0,07	0,21	0,29
5 - 26,4 km	0,21	0,07	0,07	0,14	0,14	0,13
6 - 34,4 km	1,16	0,11	0,14	0,07	0,14	0,32
7 - 41,0 km	0,14	0,14	0,24	0,91	0,63	0,39
<b>N-total</b>	19.01.	23.02.	14.03.	10.04.	09.05.	12.06.
1 - 0,0 km	15,53	15,416	12,897	14,04	15,631	14,513
2 - 2,0 km	15,829	16,592	10,987	10,898	13,557	13,422
3 - 11,2 km	13,556	10,218	11,172	8,834	10,816	10,915
4 - 19,2 km	12,697	11,373	12,809	12,931	13,455	12,655
5 - 26,4 km	13,292	11,291	12,846	12,685	13,115	12,65
6 - 34,4 km	13,8	10,487	12,734	11,827	11,659	12,125
7 - 41,0 km	13,614	10,655	12,241	11,907	11,577	11,51

Tabela 2. Stężenia (mg P/dm<sup>3</sup>) podstawowych form fosforu w wodzie Kanału Gliwickiego  
The phosphorus forms concentration (mg P/dm<sup>3</sup>) on Gliwice Channel

<b>P-PO<sub>4</sub></b>	19.01.	23.02.	14.03.	10.04.	09.05.	12.06.
1 - 0,0 km	0,236	0,632	0,345	0,508	0,936	0,531
2 - 2,0 km	1,519	0,717	0,831	0,237	1,711	0,88
3 - 11,2 km	1,431	0,414	0,427	0,193	0,779	0,649
4 - 19,2 km	1,745	0,525	0,724	0,14	0,662	0,759
5 - 26,4 km	1,48	0,548	0,743	0,472	0,544	0,757
6 - 34,4 km	1,398	0,446	0,717	0,436	0,502	0,7
7 - 41,0 km	1,245	0,505	0,671	0,456	0,502	0,51
<b>P-poliphosp.</b>	19.01.	23.02.	14.03.	10.04.	09.05.	12.06.
1 - 0,0 km	0,496	0,026	0,127	0,046	0,221	0,183
2 - 2,0 km	0,309	0,396	0,095	0,108	0,212	0,202
3 - 11,2 km	0,098	0,039	0,124	0,155	0,255	0,143
4 - 19,2 km	0,08	0,039	0,183	0,023	0,169	0,099
5 - 26,4 km	0,098	0,101	0,231	0,046	0,242	0,144
6 - 34,4 km	0,082	0,023	0,183	0,033	0,058	0,076
7 - 41,0 km	0,101	0,023	0,019	0,016	0,055	0,045
<b>P-organic</b>	19.01.	23.02.	14.03.	10.04.	09.05.	12.06.
1 - 0,0 km	1,378	0,887	0,469	0,345	0,323	0,68
2 - 2,0 km	1,004	0,233	0,759	0,176	0,229	0,3
3 - 11,2 km	0,482	0,218	0,127	0,055	0,237	0,224
4 - 19,2 km	0,365	0,117	0,106	0,047	0,088	0,145
5 - 26,4 km	0,424	0,176	0,033	0,036	0,081	0,15
6 - 34,4 km	0,016	0,241	0,029	0,147	0,016	0,09
7 - 41,0 km	0,039	0,27	0,205	0,072	0,02	0,018
<b>P-total</b>	19.01.	23.02.	14.03.	10.04.	09.05.	12.06.
1 - 0,0 km	2,11	1,545	0,941	0,899	1,48	1,394
2 - 2,0 km	2,832	1,346	1,685	0,521	2,152	1,382
3 - 11,2 km	2,011	0,671	0,678	0,403	1,271	1,016
4 - 19,2 km	2,19	0,681	1,013	0,21	0,919	1,003
5 - 26,4 km	2,002	0,825	1,007	0,554	0,867	1,051
6 - 34,4 km	1,496	0,71	0,929	0,616	0,576	0,866
7 - 41,0 km	1,385	0,798	0,895	0,544	0,577	0,573

w zawiesinie unoszonej przez wody kanału z wielkościami przedstawionymi wyżej, na całej jego długości zaobserwowano podobną tendencję zmian wartości tego parametru [7].

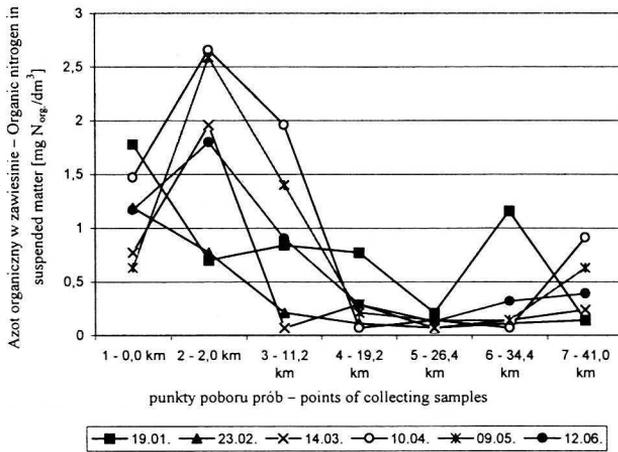
#### *Azot całkowity*

Stężenia tego wskaźnika, tj. sumy azotu: amonowego, azotynowego azotanowego i organicznego rozpuszczonego w wodzie kanału wahały się w przedziale od 8,83 do 16,59 mg N<sub>całk.</sub>/dm<sup>3</sup> (Rys. 3). Na odcinku od stanowiska 1 do 3 zaobserwowano spadek wartości stężeń tej formy azotu (o około 3 do 4 mg N<sub>całk.</sub>/dm<sup>3</sup>) i utrzymanie się podobnych wielkości na pozostałych odcinkach Kanału.

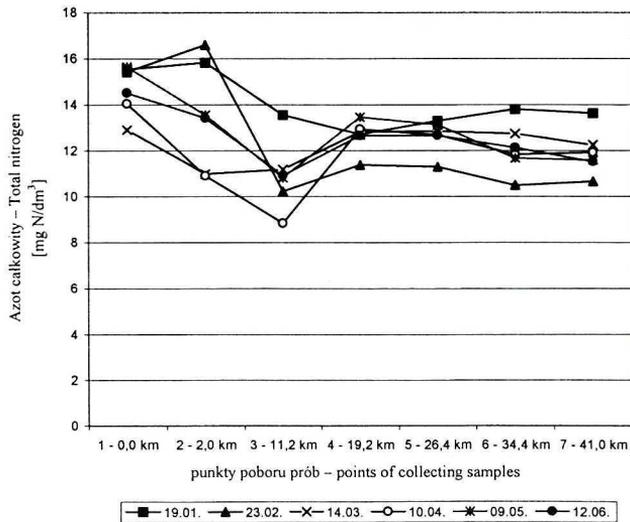
#### *Ortofosforany*

Stężenia ortofosforanów w próbach wód z Kanału Gliwickiego zmieniały się w granicach od 0,14 do 1,745 mg P- . Tak wysokie stężenia tej formy fosforu wskazują na zanieczyszczenie Kanału ściekami komunalnymi. W styczniu 2001 r., wartości stężeń tego wskaźnika zanotowane w profilu Kanału były wyraźnie wyższe aniżeli w pozostałych miesiącach. Można przypuszczać, że w warunkach niskiej temperatury wykorzystanie ortofosforanów w produkcji biomasy było ograniczone. W pozostałych miesiącach, obser-

wowano w badanej wodzie wzrost stężeń fosforanów na stanowisku 2 a następnie ich spadek na odcinku od stanowiska 3, wzdłuż biegu kanału, aż do portu w Kędzierzynie-Koźlu.



Rys. 2. Zmiany stężeń azotu organicznego w zawieszynie w wodzie Kanału Gliwickiego  
Changes of organic nitrogen concentration in suspended matter, in the water of Gliwice Channel



Rys. 3. Zmiany stężeń azotu całkowitego w wodzie Kanału Gliwickiego  
The changes of total nitrogen in the water of Gliwice Channel

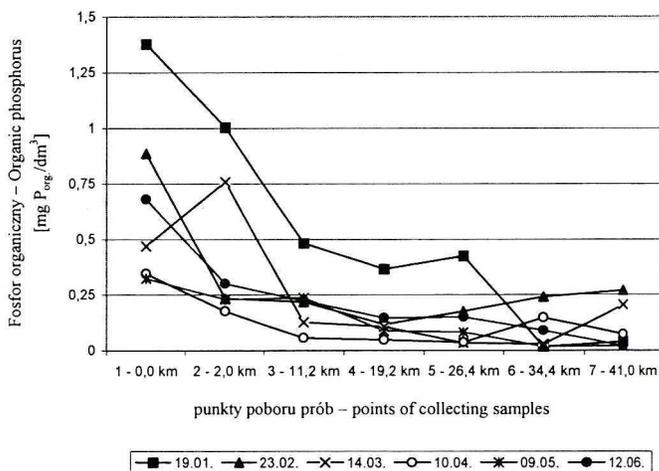
### Polifosforany

W czasie prowadzenia badań stężenia polifosforanów w wodzie zmieniały się w granicach od 0,016 do 0,496 mg P- $\text{PO}_4^{3-}$ /dm<sup>3</sup>. Najwyższe stężenia tego wskaźnika zanotowano w styczniu na odcinku od portu w Gliwicach do stanowiska 2 (śluz w Łąbedach) i w lutym na stanowisku 1 (zakres zmian od 0,309 do 0,496 mg P- $\text{PO}_4^{3-}$ /dm<sup>3</sup>). Poza tymi

wyjątkami wartości stężeń polifosforanów w badanych próbach zmieniały się w nieznacznym zakresie (od 0,016 do 0,255 mg P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/dm<sup>3</sup>). Na odcinku od stanowiska 5 do 7 stężenie tej formy fosforu systematycznie się zmniejszało.

#### *Fosfor organiczny*

Stężenia fosforu organicznego w wodzie Kanału Gliwickiego wahały się w granicach od 0,016 do 1,378 mg P<sub>org</sub>/dm<sup>3</sup> (Rys. 4). Widoczne jest zmniejszanie się stężeń tej formy fosforu wzdłuż osi podłużnej kanału. Spadek stężenia fosforu organicznego najsilniej zauważalny był w styczniu, kiedy to na stanowisku nr 1 wynosiło ono 1,378 mg P<sub>org</sub>/dm<sup>3</sup>, a na stanowisku końcowym 0,039 mg P<sub>org</sub>/dm<sup>3</sup>.



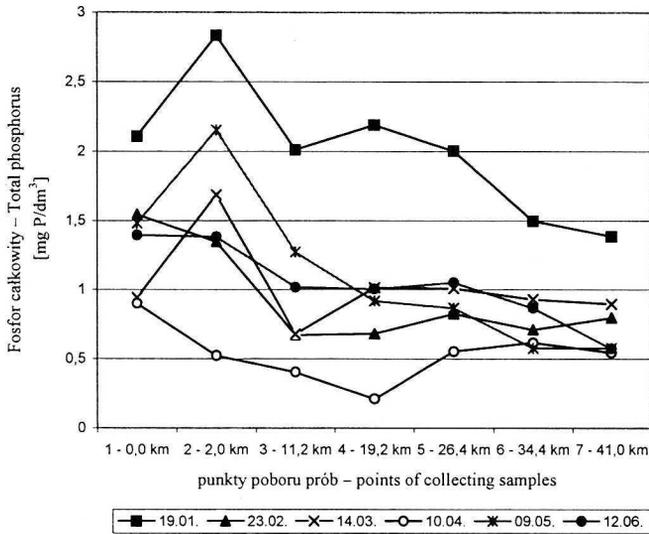
Rys. 4. Zmiany stężeń fosforu organicznego w wodzie Kanału Gliwickiego  
Changes of organic phosphorus concentration in water of the Gliwice Channel

#### *Fosfor całkowity*

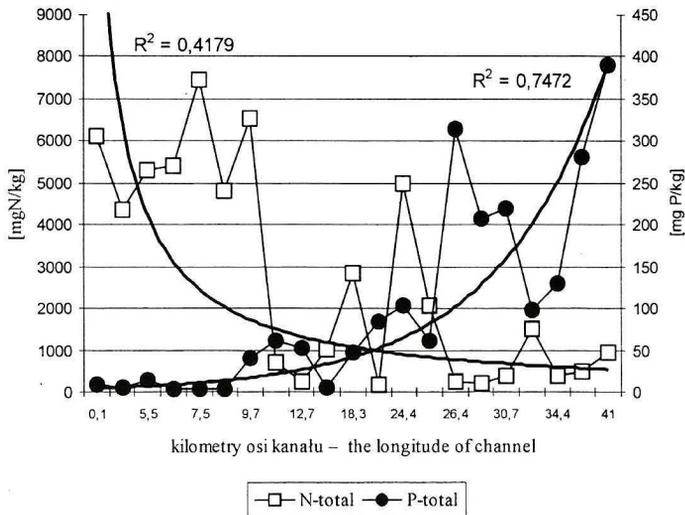
Na rysunku 5 przedstawiono zmiany stężeń fosforu całkowitego. Stężenia tego wskaźnika – tj. sumy ortofosforanów, polifosforanów i fosforu organicznego – w wodzie kanału zmieniały się w przedziale od 0,21 do 2,832 mg P<sub>całk.</sub>/dm<sup>3</sup>. Najwyższe wartości fosforu całkowitego obserwowano na stanowisku 2 (zmiany od 0,521 do 2,832 mg P<sub>całk.</sub>/dm<sup>3</sup>), co wskazuje na obecność zrzutów zanieczyszczeń komunalnych. Obniżenie stężeń tego wskaźnika wzdłuż osi Kanału wskazuje na zachodzące tu procesy samooczyszczania.

#### *Azot i fosfor w osadach dennych*

Zawartość azotu i fosforu całkowitego w osadach dennych Kanału Gliwickiego przedstawiono na rysunku 6. Najwyższe stężenia azotu, rzędu 6000 mg N<sub>całk.</sub>/kg s.m. osadu występowały na odcinku pierwszych 10 km. Poniżej śluzy w Dzierznie, aż do 15 km kanału (licząc od portu w Gliwicach) zawartość azotu w osadach była mniejsza niż 1000 mg N<sub>całk.</sub>/kg s.m. Osady na odcinku od śluzy w Rudzińcu do śluzy w Sławięcicach charakteryzowały się wyższymi stężeniami, rzędu 3000–5000 mg N<sub>całk.</sub>/kg s.m. Odcinek poniżej śluzy w Sławięcicach do portu w Koźlu cechowały najniższe stężenia, rzędu 200–400 mg N<sub>całk.</sub>/kg s.m.



Rys. 5. Zmiany stężeń fosforu całkowitego w wodzie Kanału Gliwickiego  
Changes of total phosphorus concentration in water of the Gliwice Channel

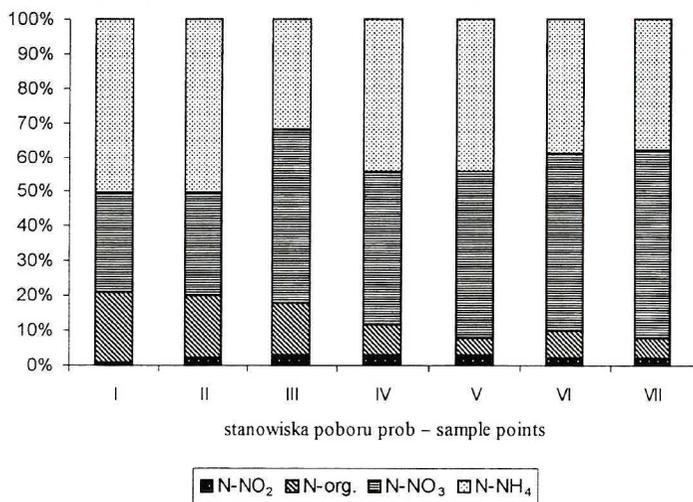


Rys. 6. Zawartość azotu i fosforu w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The nitrogen and phosphorus contents in bottom sediments of Gliwice Channel

Odcinek pierwszych 10 km, od portu w Gliwicach do śluzy w Dzierżnie, charakteryzował się stężeniami fosforu rzędu 20–100 mg  $P_{\text{całk.}}$ /kg s.m. Na odcinku od 10 km do śluzy w Sławięcicach stężenie fosforu w osadach wynosiło od 800 do 2000 mg  $P_{\text{całk.}}$ /kg s.m. Najwyższe stężenia zanotowano między 26,4 i 41 km kanału, dla stanowisk poniżej śluzy w Sławięcicach (26,4 km) – ponad 6000 mg  $P_{\text{całk.}}$ /kg s.m., Nowej Wsi – ponad 4000 mg  $P_{\text{całk.}}$ /kg s.m. oraz powyżej portu w Koźlu – 5800 i 8000 mg  $P_{\text{całk.}}$ /kg s.m. osadu.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

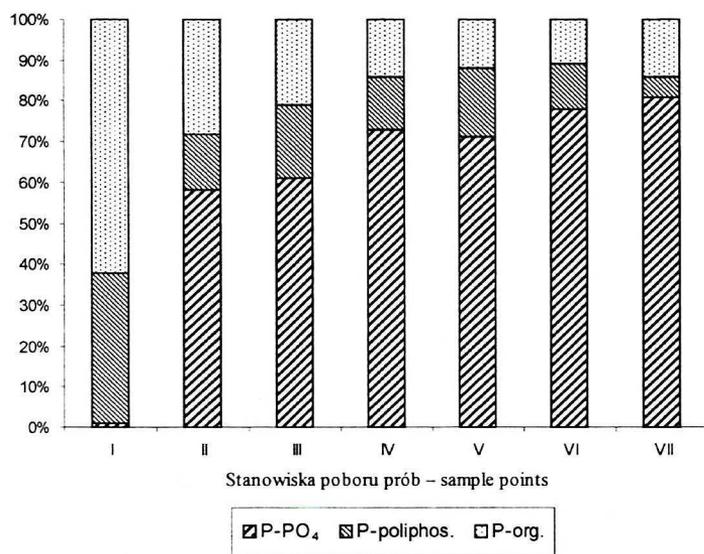
Woda kanału jest bogata w związki azotu i fosforu. Stwierdzone wartości stężeń odpowiadają stanowi hipertrofii. W wyniku procesów przemiany materii, w szczególności procesu produkcji pierwotnej, substancje biogenne zostają zużywane. W rezultacie do kolejnej sekcji kanału dopływają zmniejszające się stopniowo ilości mineralnych związków pokarmowych. W trakcie przemieszczania się wody przez kanał następuje zmniejszanie się udziału azotu amonowego, z około 50% do 35%, oraz azotu organicznego z 20% do 7%. Jednocześnie widoczny jest wzrost udziału formy azotanowej z 30 do prawie 60% (Rys. 7). W przypadku fosforu organicznego, stwierdzono zmniejszanie się udziału z całkowitej zawartości fosforu z 40% do 10%, udział polifosforanów zmniejszył się z 35% do 8%. Charakterystyczny jest wzrost udziału ortofosforanów z 1% do około 80% (Rys. 8). Wzrost udziału azotanów i ortofosforanów wskazuje na korzystne warunki tlenowe, w jakich przebiegają procesy samooczyszczania.



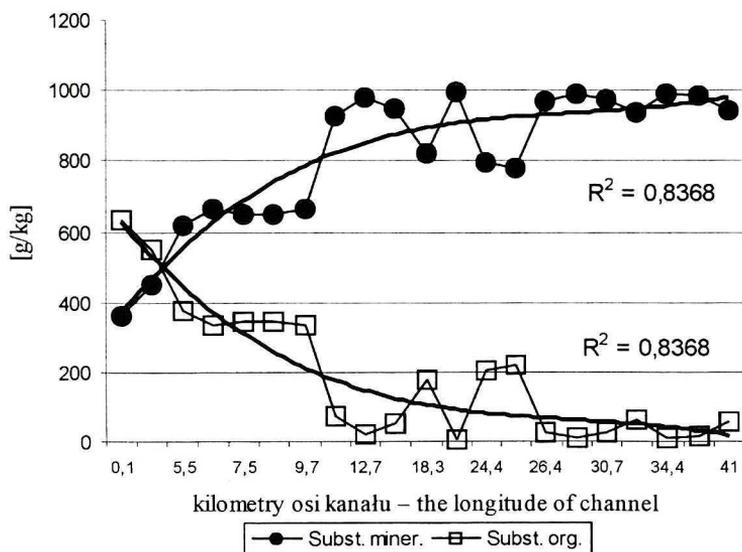
Rys 7. Udział (%) podstawowych form azotu w wodzie Kanału Gliwickiego  
The percent participation of nitrogen forms in the water of Gliwice Channel

Przestrzenny rozkład stężeń fosforu ogólnego w osadach dennych kanału jest przeciwieństwem dla rozmieszczenia koncentracji azotu. Badania wykazały (Rys. 6), że im bardziej stanowiska pomiarowe oddalone są od portu w Gliwicach, tym wyższa jest zawartość fosforu w osadach dennych.

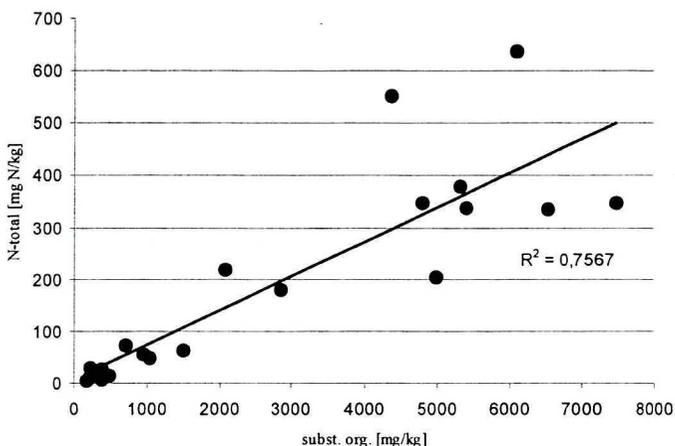
Wzdłuż koryta kanału, w osadach dennych zmienia się zawartość substancji mineralnej i organicznej, w ten sposób, że wzrasta udział frakcji mineralnych, maleje natomiast udział związków organicznych (Rys. 9). Jak widać (Rys. 10) istnieje wyraźna zależność między zawartością azotu a stężeniem substancji organicznej w osadach dennych, co wskazuje na organiczne pochodzenie azotu. Potwierdza to zmniejszające się stężenie azotu organicznego w zawieszynie unoszonej przez wody kanału (Rys. 2).



Rys. 8. Udział (%) podstawowych form fosforu w wodzie Kanału Gliwickiego  
The percent participation of phosphorus in the water of Gliwice Channel



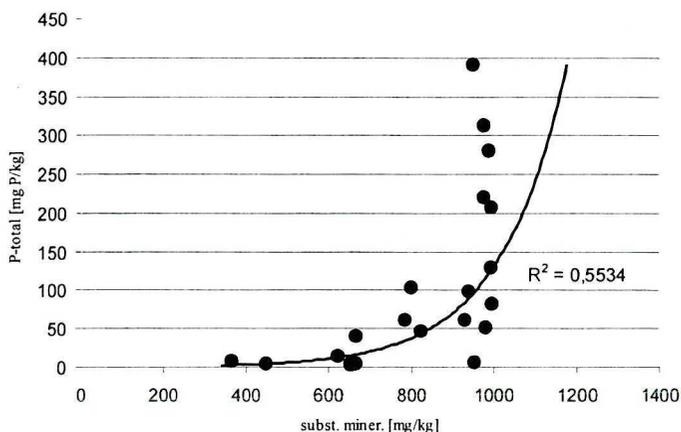
Rys. 9. Zawartość substancji mineralnych i organicznych w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The contents of mineral and organic substances in the bottom sediments of Gliwice Channel



Rys. 10. Zależność zawartości azotu całkowitego od substancji organicznej w osadach dennych Kanału Gliwickiego

The dependency between total nitrogen contents and organic substance in the bottom sediments of Gliwice Channel

Z kolei zależność pomiędzy stężeniem substancji mineralnych a stężeniem fosforu w osadach (Rys. 11) wskazuje na przechodzenie fosforu z wody do osadów wraz z opadającą na dno zawiesziną mineralną. Zmniejszający się wzdłuż koryta kanału udział fosforu organicznego (przy wzrastającym udziale ortofosforanów) w wodzie wskazuje, że do osadów przechodzą organiczne połączenia tego pierwiastka.

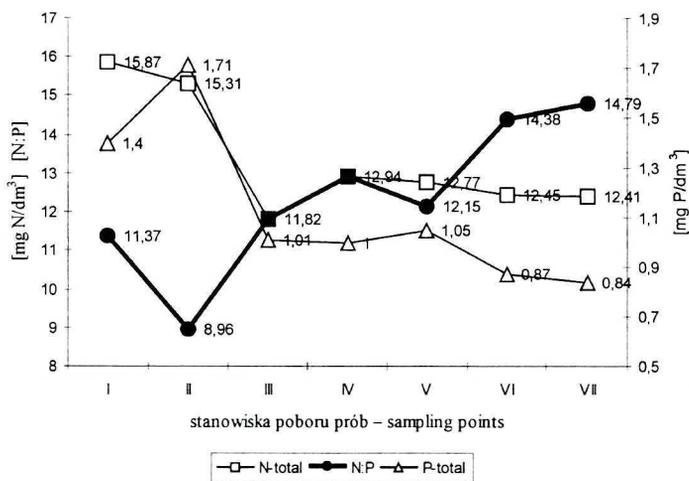


Rys. 11. Zależność fosforu całkowitego od zawartości substancji mineralnej w osadach dennych Kanału Gliwickiego

The dependency between total phosphorus contents and the mineral substance in the bottom sediments of Gliwice Channel

W miarę przemieszczania się przez kolejne stopnie kanału, w wodzie zwiększa się z 8 do 15 stosunek N:P. O wzroście tego wskaźnika decyduje przede wszystkim spadek

stężenia fosforu. Zawartość azotu w wodzie, mimo, iż zmieniają się udziały poszczególnych form, jest dość wyrównana (Rys. 12). Nadal jednak wartość stosunku N:P odpowiada wodom bardzo żyznym.



Rys. 12. Średnie stężenie azotu (N) i fosforu (P), oraz stosunek N:P w wodzie Kanału Gliwickiego  
The average nitrogen (N) and phosphorus (P) concentration, and relation N:P in the water of Gliwice Channel

## PODSUMOWANIE

Kanał Gliwicki jest specyficznym rodzajem urządzenia hydrotechnicznego, typu kaskadowego. Jest on jakby szeregiem (zespołem, systemem) kaskadowo połączonych zbiorników, w których zapory stanowią kolejne śluzy. Zasadniczy wpływ na przebieg procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych składających się na proces samooczyszczania mają warunki hydrologiczne a w szczególności szybkość i wielkość przepływu, a co za tym idzie czas retencji, oraz jakość wody zasilającej. Z punktu widzenia procesów przemiany materii szczególnie interesujący jest sekwencyjny charakter przepływu wody. Fakt, że masy wody przemieszczane są stopniowo przez kolejne odcinki kanału, gdzie podlegają retencji, zwiększa możliwości wykorzystywania substancji biogennych w procesie produkcji biomasy.

W tabeli 3 przedstawiono ocenę jakości wody Kanału Gliwickiego na poszczególnych stanowiskach poboru prób. Klasyfikacji poszczególnych wskaźników dokonano na podstawie Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, z dnia 5 listopada 1991 r. (Dz. Ust. nr 116 poz. 503) w sprawie klasyfikacji wód. Do oceny wybrano minimalne i maksymalne wartości w czasie prowadzenia badań, tj. od stycznia do czerwca 2000 r.

Największy stopień zanieczyszczenia wody zanotowano na odcinku od ujścia wód rzeki Kłodnicy do kanału, do śluzy w Dzierżnie. Kanał Gliwicki prowadzi wody poza klasowe. Dotyczy to większości analizowanych wskaźników chemicznych za wyjątkiem azotu azotanowego (II klasa czystości – na całej długości kanału) i azotu całkowitego (III klasa czystości – na odcinku od stanowiska 3 do 7).

Tabela 3. Zakres zmian klas czystości wód Kanału Gliwickiego w oparciu o minimalne i maksymalne 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						
	1 - 0 km	2 - 2,0 km	3 - 11,2 km	4 - 19,2 km	5 - 26,4 km	6 - 34,4 km	7 - 41,0 km
Azot amonowy Ammonium nitrogen	III - poza kl. under class	III - poza kl. under class	II - poza kl. under class	III - poza kl. under class			
Azot azotynowy Nitrite nitrogen	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
Azot azotanowy Nitrate nitrogen	II	I - II	I - II	I - II	II	II	II
Azot całkowity Total nitrogen	III - poza kl. under class	III - poza kl. under class	II - III	III	III	III	III
Fosforany rozp. Dissolved phosphates	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class	II - poza kl. under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class
Fosfor całkowity Total phosphorus	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class	II - poza kl. under class	poza klasą under class	poza klasą under class	poza klasą under class

Spadek stężeń zanieczyszczeń wzdłuż kanału związany jest z ich rozcieńczeniem. Mimo dopływu do Kanału Gliwickiego wód mniej zanieczyszczonych (spływy powierzchniowe, wody deszczowe, rozcieńczone ścieki komunalne) jakość wody na całej długości kanału nie ulegała wyraźnej poprawie. W przypadku zmian jakości wody procesy samooczyszczania odgrywają rolę drugoplanową.

Poprawa stanu jakości wody Kanału Gliwickiego, w tym także zmniejszenie obciążenia azotem i fosforem wymaga dalszej poprawy gospodarki ściekowej w zlewni rzeki Kłodnicy, oraz szczególnie, na odcinku od jazu kierującego wody Kłodnicy do kanału, do śluzy w Dzierżnie. Na tym bowiem odcinku, jak wykazały badania, mają miejsce zrzuty surowych, bądź niedostatecznie oczyszczonych ścieków komunalnych.

Badania, na podstawie których powstała niniejsza praca zostały sfinansowane ze środków Śląskiego Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach.

## LITERATURA

- 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.
- Kostecki M.: *Informacja o wynikach pierwszych badań stanu zanieczyszczenia wody i osadów dennych Kanału Gliwickiego (woj. śląskie)*, VII Międzynarodowa Konferencja „Problemy Ochrony Wód w Dorzeczu Odry” – Łądek-Zdrój, 27–30 maja 2001.
- Kostecki M.: *Wpływ zabudowy kaskadowej na zawartość metali ciężkich w osadach dennych Kanału Gliwickiego*, Arch. Ochr. Środ., 27, 63–87 (2001).
- Kostecki M., M. Czaplicka: *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne jako element zanieczyszczenia osadów dennych Kanału Gliwickiego*, Arch. Ochr. Środ., 27, 119–135 (2001).
- 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.

6. Kostecki M., J. Kozłowski, A. Domurad, B. Zych: *Charakterystyka hydrochemiczna Potoku Toszeckiego w aspekcie oddziaływania na Zbiornik Pławniowice*, Arch. Ochr. Środ., **27**, 2, 125–140 (2001).
7. Kostecki M., J. Kozłowski, B. Zych: *Badania hydrochemiczne Kanału Gliwickiego. Wybrane fizyczno-chemiczne wskaźniki jakości wody*, Arch. Ochr. Środ., **27**, 4, 39–61 (2001).
8. Pistelok F.: *Oszacowanie ładunku zanieczyszczeń wprowadzanego do Kłodnicy i jej dopływów ze źródeł komunalnych*, Mat. Konf. Nauk. – Hydroforum IV 97, Wisła, czerwiec 1997.
9. Pistelok F.: *Program: Czysta Kłodnica, Spotkania warsztatowe – Kłodnica*, październik 1995.
10. Stadnicki J.: *Zagadnienia związane z utrzymaniem obiektów hydrotechnicznych na terenie działalności Okręgowej Dyrekcji Gospodarki Wodnej Gliwice*, Mat. Konf. Nauk. – Hydroforum III 96, Wisła 1996.
11. 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: 27 sierpnia 2001, zaakceptowano do druku: 12 listopada 2001.