

oraz do wód klasy III na odcinkach:

— od km 176,0 do km 161,0

— od km 130,5 do km 128,4

Analiza uzyskanych wartości wskaźników bakteriologicznych wykazała, że wody rzeki Nysy Kłodzkiej na całym kontrolowanym odcinku charakteryzują się wysokim stopniem zanieczyszczenia z wyraźną tendencją wzrostową poniżej Międzylesia, Bystrzycy i Kłodzka. Stan higieniczno-sanitarny tych wód oceniany ujętymi w obowiązujących przepisach prawnych wartościami miana coli, każdorazowo nie odpowiadał nawet najniekorzystniejszym wartościom normatywnym (0,01), dopuszczalnym dla wód klasy III.

Ocena stanu czystości wód rzeki Nysy Kłodzkiej przeprowadzona w oparciu o kryterium biologiczne [4] potwierdza w większości przypadków ocenę przeprowadzoną na podstawie wskaźników fizyczno-chemicznych [8, 9] i pozwala stwierdzić, że aktualny poziom czystości tych wód nie odpowiada wymogom wód, przeznaczonych do celów komunalnych.

LITERATURA

1. K. CZYŻ: Stosowanie podłoża endo w badaniach stanu zanieczyszczenia wód powierzchniowych przy użyciu filtrów membranowych. Materiały badawcze IGW, tom IV, Zarz. 2, 1969.

2. S. GOŁOWIN: Wektorowa metoda określania saprobowości jako sposób interpretacji wyników badań hydrobiologicznych przy ocenie stopnia zanieczyszczenia wód. Prace IGW, tom IV, Zarz. 4, 1968.
3. S. GOŁOWIN: Bioseston i perfiton rzek: Odry, Sławy i Olawy oraz możliwości zastosowania wyników badań tych zespołów do oceny stanu zanieczyszczenia wód rzecznych. Prace IGW, tom VII, Zesz. 3, 1972.
4. S. GOŁOWIN, K. SZUFLICKA: Wytyczne prowadzenia badań biologicznych w ocenie stanu czystości powierzchniowych wód płynących. IGW, Wrocław 1972, maszynopis.
5. H. LIEBMAN: Handbuch der Frischwasser — u. Abwasserbiologie Bd. 1, Veb. Garir Fischer Verlag, Jena, 1962.
6. Podstawowe metody analitycznych pomiarów jakości wód powierzchniowych i ścieków, część II, IGW, 1970.
7. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 29 listopada 1975 r. „w sprawie klasyfikacji wód, warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki, oraz kar pieniężnych za naruszenie tych warunków”. Dziennik Ustaw PRL nr 41, 1975.
8. M. WASILEWSKI, K. SZUFLICKA, I. TKACZUK: Ocena stanu zanieczyszczenia wód rzeki Nysy Kłodzkiej, jej parametrów samooczyszczania oraz bilans związków biogenych jako podstawa technicznej koncepcji ochrony wód przewidzianych do retencjonowania w zbiorniku Kamieniec Żąbkowski. IMGW, Wrocław, 1974, maszynopis.
9. M. WASILEWSKI: Stan czystości wód rzeki Nysy Kłodzkiej, przeznaczonych do retencjonowania w zbiorniku Kamieniec Żąbkowski. 1976, w druku.

mgr inż. Marian Wasilewski

Zakład Badania Jakości Zasobów Wodnych
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Oddział we Wrocławiu

BADANIA ZDOLNOŚCI SAMOOCZYSZCZANIA SIĘ WÓD RZEKI NYSY KŁODZKIEJ NA ODCINKU OD MŁYNOWA DO UJŚCIA RZEKI WILCZY

Wzrastające zapotrzebowanie na wodę pitną na terenie Dolnego Śląska stwarza potrzebę opracowania niezbędnych przedsięwzięć i środków umożliwiających przywrócenie czystości wód rzeki Nysy Kłodzkiej, stanowiącej już obecnie podstawowe źródło zaopatrzenia w wodę ludności miasta Wrocławia. Opracowanie prawidłowej koncepcji technicznej ochrony wód tej rzeki, ze szczególnym uwzględnieniem wysokiej jakości zasobów wodnych w istniejących i planowanych zbiornikach retencyjnych, wymaga oparcia się na danych wyjściowych i podstawach uzyskiwanych z bezpośrednich badań terenowych.

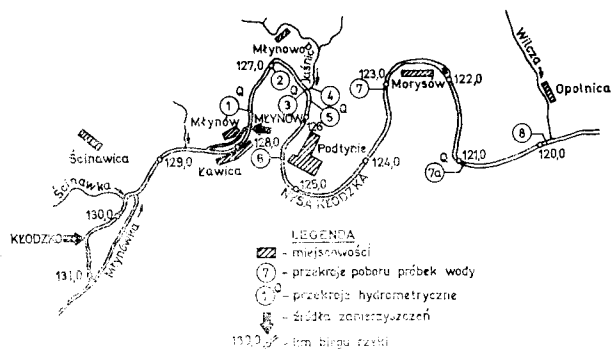
Wielozadaniowe przeznaczenie zbiornika wodnego planowanego w Kamieńcu Żąbkowskim, w tym jako źródła wody do celów komunalnych, wymaga szybkiego uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej w zlewni górnej Nysy Kłodzkiej w sposób skuteczny i ekonomiczny, uwzględniający racjonalne wykorzystanie naturalnego procesu samooczyszczania się wód. Wyniki badań nad ustaleniem parametrów tego procesu stanowią przedmiot tej pracy.

Metodyka i zakres badań

Ocenę zdolności samooczyszczania się wód rzeki Nysy Kłodzkiej przeprowadzono na podstawie badań i analizy zjawisk w zakresie zmian wskaźników fizykochemicznych, hydrobiologicznych i bakteriologicznych. Zasadą przyjętej metody był pobór próbek wody zgodnie z czasem przepływu fali zanieczyszczeń.

Dla ograniczenia pracochłonności i kosztów badań, planowanych pierwotnie na całym odcinku rzeki od źródeł do Kamieńca Żąbkowskiego, jak również z uwagi na skomplikowane warunki hydrotechniczne i hydrologiczno-sanitarne, badania wykonano na odcinku skróconym, odpowiadającym wymogom prawidłowego prowadzenia tego typu prac, a równocześnie reprezentatywnym dla górnego i części środkowego biegu rzeki. Odcinek ten, o długości 7,86 km, rozpoczynający się przekrojem ujścia młynówki w Młynowie a zakończony ujściem rzeki Wilczy w rejonie m. Opolnica, znajduje się pod bezpośrednim wpływem ścieków odprowadzanych z Fabryki Pa-

pieru w Młynowie oraz pod wpływem zanieczyszczeń odprowadzanych nieco wyżej z obszaru miasta Kłodzka. Na ustalonym odcinku zlokalizowano 8 przekrojów pomiarowo-kontrolnych usytuowanych w sposób przedstawiony na rysunku 1. W okresie od września 1973 r. do maja 1974 r. wykonano: dwa badania zdolności samooczyszczania się wód pod koniec lata, jedno badanie jesienne, dwa badania podczas zimy oraz dwa badania wiosenne. Zakres obserwacji, pomiarów i badań niezbędnych do ustalenia parametrów procesu samooczyszczania obejmował: pomiary czasu przepływu wód, pomiary hydrometryczne i hydronomiczne oraz właściwe badania hydrochemiczne i biologiczne.



Rys. 1. Lokalizacja przekrojów badawczych na odcinku rzeki Nysy Kłodzkiej od Młynowa do ujścia rzeki Wilczy.

Sposób realizacji i zakres poszczególnych faz badań przedstawiał się następująco:

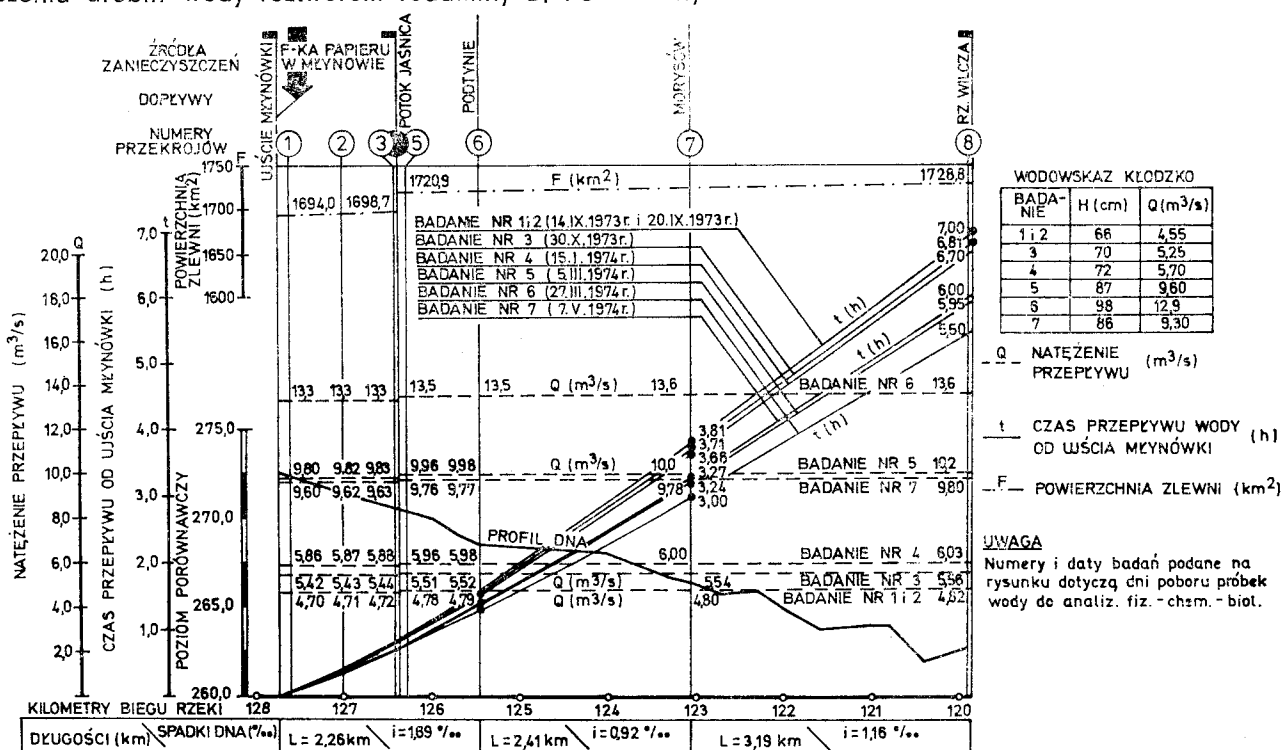
Pomiary czasu przepływu wykonano metodą znaczenia drobin wody roztworem rodaminu B. Po-

miary te przeprowadzono sześciokrotnie, z jedno- lub dwudniowym wyprzedzeniem w stosunku do dni poboru próbek wody, przy ustabilizowanych stanach wody obserwowanych w przekroju wodowskazowym Kłodzko.

Pomiary hydrometryczne, obejmujące określenie wielkości natężenia przepływu oraz głębokości rzeki i szerokości zwierciadła wody, prowadzono w dniach badań czasu przepływu. Pomiary te wykonywano w czterech przekrojach oznaczonych na rysunku 1 jako „przekroje hydrometryczne”.

Pomiary hydronomiczne, realizowane równocześnie z poborem próbek do analiz, obejmowały notowania temperatury powietrza i ciśnienia atmosferycznego.

Badania hydrochemiczne polegały na poborze próbek wody z równoczesnym notowaniem jej temperatury, zgodnie z uprzednio wyznaczonym czasem przepływu fali zanieczyszczeń. W pobranych próbkach wody oznaczano: tlen rozpuszczony, BZT₅, utlenialność, związki azotu i fosforu, fenole, detergenty anionoaktywne, chlorki oraz zawiesiny. Ważniejsze wyniki pomiarów terenowych, charakteryzujące warunki w jakich przeprowadzono badania, przedstawiono w tabeli I oraz na rysunku 2. W uzupełnieniu warunków, przy których oceniano szybkość przemian biochemicznych zachodzących w rzece odnotować należy, że na rozpatrywanym odcinku nie stwierdzono zawartości tlenu rozpuszczonego niższej od 8 mg O₂/dm³, stężeń chlorków wyższych od 25 mg Cl⁻/dm³, natomiast ilość zawiesin — oprócz ostatniego badania wiosennego, kiedy dochodziła do 40 mg/dm³ — nie była nigdy wyższa od 20 mg/dm³. W okresie zimowym, z wyjątkiem krótkotrwałych oblodzeń brzegowych w rejonie m. Ławica, woda na badanym odcinku rzeki nie zamarzała.



Rys. 2. Przebieg krzywych czasu przepływu i natężenia przepływu rzeki Nysy Kłodzkiej w dniach badań zdolności samooczyszczania się wód.

Metoda interpretacji wyników. Sposób opracowania wyników badań hydrochemicznych polegał na określaniu wielkości współczynników szybkości rozkładu związków organicznych — k_1 i na ustaleniu zależności pomiędzy tymi współczynnikami a wielkościami wskaźników: BZT₅, utlenialności i detergentów. Przeprowadzono również próbę określania współczynników szybkości przemian biochemicznych w odniesieniu do azotu amonowego i fosforanów.

Podstawę do wyznaczenia wartości współczynników k_1 stanowiły wyniki oznaczeń wymienionych wskaźników, przedstawione dla każdego z badań w postaci profitów hydrochemicznych [4]. W tym celu, na osi rzędnych profilów naniesiono w podziałce logarytmicznej wartości stężeń wskaźników w poszczególnych przekrojach, natomiast na osi odciętych — w podziałce równomiernej — czas przepływu wody na odcinku. Otrzymamy układ punktów wyrównano metodą najmniejszych kwadratów, korzystając z przedstawionej poniżej zależności Streeter'a i Phelps'a [4, 5, 6];

$$L_t = L_a \cdot 10^{k_1 \cdot t}$$

gdzie:

- t — czas przepływu wody liczony od początku odcinka w dobach
- L_a — wartość wskaźnika na początku odcinka w mg/dm³
- L_t — wartość wskaźnika w przekroju odległym od początku o odcinek jaki przepływa woda w czasie t w mg/dm³
- k_1 — współczynnik szybkości zmniejszania się stężeń wskaźników zanieczyszczenia, wyrażony w dobach ⁻¹.

Wartości k_1 ustalone przy temperaturze wody zmierzonej podczas badań przeliczono na temperaturę 20°C wykorzystując przekształcone równanie Theriault'a [1, 4, 7]:

$$k_1^{20^\circ\text{C}} = \frac{k_T}{(T-20)}$$

w którym T oznacza temperaturę wody w warunkach badań mierzoną w °C, — — współczynnik termiczny przyjęty według Theriault'a jako równy 1,047 natomiast $k_T = k_1$ przy temperaturze T , a $k_1^{20^\circ\text{C}} = k_1$ po przeliczeniu na temperaturę 20°C.

Przykłady profilów hydrochemicznych, sporządzonych według omówionej metodyki na podstawie wyników jednego z badań, przedstawiono na rysunkach nr 3 i 4. Na rysunkach tych, oprócz krzywych przebiegu zmian wielkości wskaźników podlegających przemianom biochemicznym, pokazano również kształtowanie się zmian stężeń chlorków, ilości zawiesin, temperatur wody i ciśnienia atmosferycznego oraz obliczone dla badanego odcinka wielkości współczynników k_1 przy temperaturach wody: średniej podczas badań i przy 20°C.

W celu ustalenia zależności pomiędzy współczynnikami $k_1^{20^\circ\text{C}}$ i wartościami początkowymi stężeń L_a wskaźników charakteryzujących obciążenie wód związkami organicznymi [2, 4], wyniki obliczeń tych wielkości naniesiono na układ współrzędnych podwójnie logarytmicznych. Dla wskaź-

ników utlenialności i BZT₅, wykazujących najwyższe współczynniki korelacji, rozważane zależności wyrównano metodą najmniejszych kwadratów według równania:

$$k_1^{20^\circ\text{C}} = a \cdot L_a^b,$$

w których współczynniki a i b są wartościami stałymi dla danego wskaźnika i rozpatrywanej rzeki. Dla zależności charakteryzujących się niskimi współczynnikami korelacji, tj. dla związków pomiędzy $k_1^{20^\circ\text{C}}$ i wartościami L_a fenoli oraz detergentów, uzyskany układ punktów wyrównano w sposób graficzny.

Otrzymane zależności pomiędzy $k_1^{20^\circ\text{C}}$ i L_a przedstawiono na rysunku 5.

Wyniki badań

BZT₅. Wyrównane wartości wskaźnika na początku odcinka kształtowały się w granicach od 4,5 mg O₂/dm³ — podczas badania przeprowadzonego w okresie letnim, przy przepływach bliskich średniemu niskiemu z wielolecia ŚNQ do wartości 9,8 mg O₂/dm³ — ustalonej dla badań wiosennych, wykonanych przy przepływie 12,9 m³/s, zbliżonym do średniego z wielolecia ŚSQ. Wartości współczynników $k_1^{20^\circ\text{C}}$, kształtujące się w zakresie od 0,680 do 2,17, świadczą o znacznej intensywności utleniania związków organicznych charakteryzowanych wskaźnikiem BZT₅.

Utlenialność wód rzecznych w przekroju początkowym, zmieniająca się w okresie badań od 4,8 do 7,8 mg O₂/dm³, kształtowała się na poziomie znacznie niższym od wielkości dopuszczalnej dla I klasy czystości wód. Ekstremalne wartości współczynników $k_1^{20^\circ\text{C}}$, wynoszące 0,143 i 1,01 wskazują, że związki organiczne określane utlenialnością ulegały kilkakrotnie wolniejszemu obniżaniu niż to stwierdzano w przypadku wskaźnika BZT₅.

Fenole. Intensywność rozkładu związków fenolowych, przy ich zawartości początkowej w granicach od 0,023 do ok. 0,075 mg/dm³ była przeciętnie najwyższa spośród wszystkich analizowanych wskaźników. Wartości $k_1^{20^\circ\text{C}}$ ustalone dla fenoli kształtowały się w przedziale od 0,577 do 5,82.

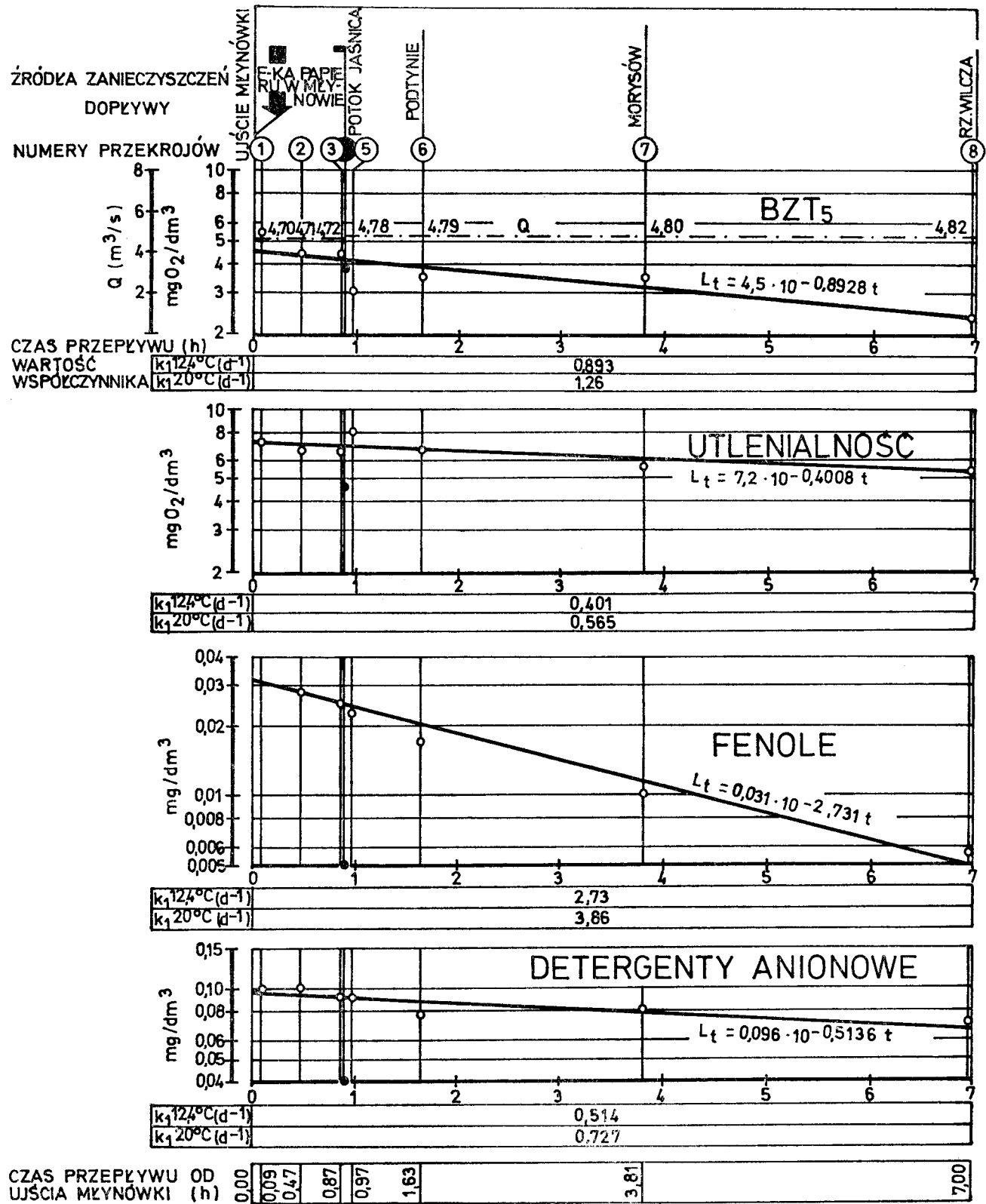
Detergenty anionoaktywne występowały w wodach rzeki w niewielkich ilościach. Najwyższe ich stężenia w przekroju początkowym zmianały się w zakresie od 0,081 do 0,182 mg/dm³. Zakres zmian współczynników $k_1^{20^\circ\text{C}}$, charakteryzujących szybkość rozkładu detergentów anionoaktywnych, wyznaczają wartości od 0,317 do 1,21.

Azot amonowy i fosforany. W zakresie obserwowanych stężeń stwierdzono brak korelacji pomiędzy początkową zawartością oznaczanych form azotu i fosforu a współczynnikami ustalonymi przy zastosowanej próbie oceny szybkości przemian charakteryzujących. W odniesieniu do azotu amonowego, którego stężenie początkowe kształtowało się w granicach od 0,54 do 1,33 mg N-NH₄/dm³, stwierdzenie to uwiadamia przykład oparty na wynikach dwóch badań letnich, wykonanych przy zbliżonych temperaturach, jednakowych przepływach i przy najwyższych lecz równocześnie nieznacznie się różniących zawartościach azotu amonowego na początku badanego odcinka

rzeki. Wartości początkowe stężeń wynosiły 1,26 i 1,33 mg N-NH₄/dm³, natomiast odpowiadające im współczynniki $k_1^{20^\circ\text{C}}$ były równe 2,85 i 0,009. Zawartość fosforanów, kształtująca się na początku odcinka w zakresie od 0,436 do 0,604

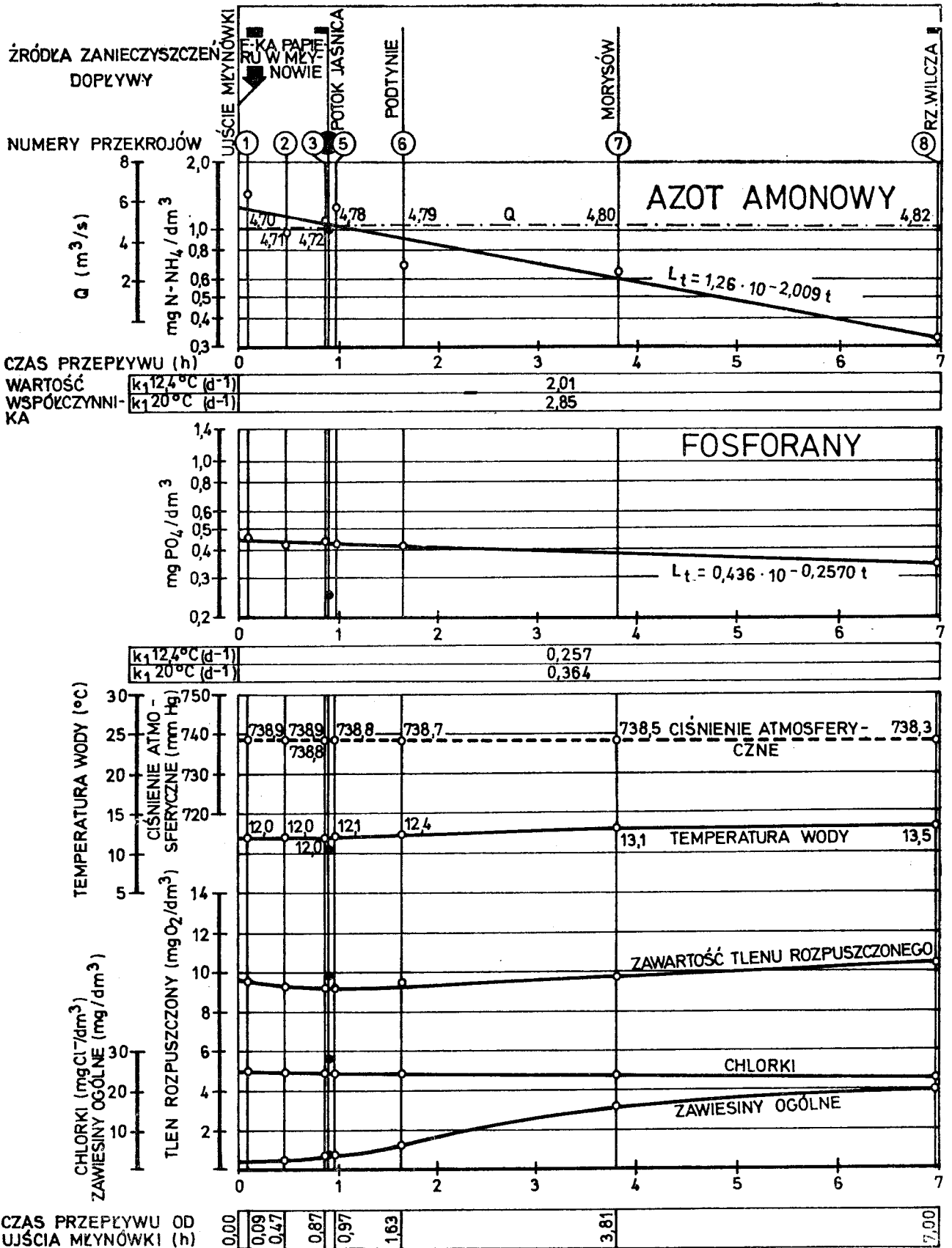
mg PO₄/dm³, wykazywała tendencję niewielkiego spadku zwłaszcza w badaniach zimowych i wiosennych oraz wzrastała wyraźnie na długości biegu rzeki podczas jesieni.

BADANIE 1 (14.IX.1974 r.)

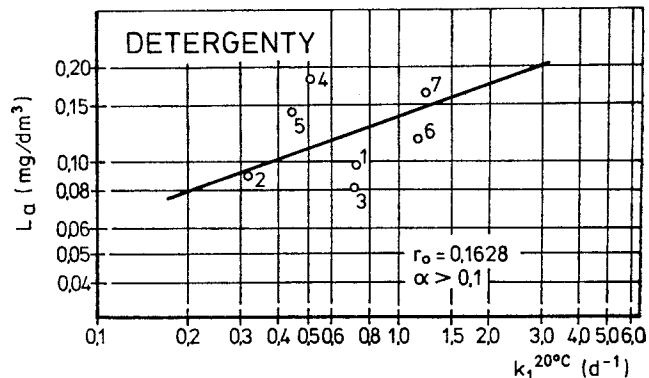
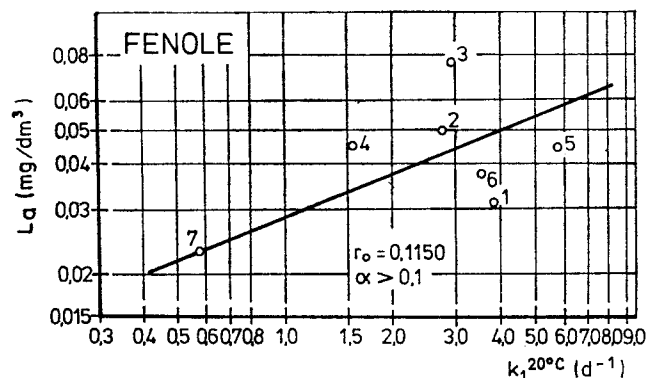
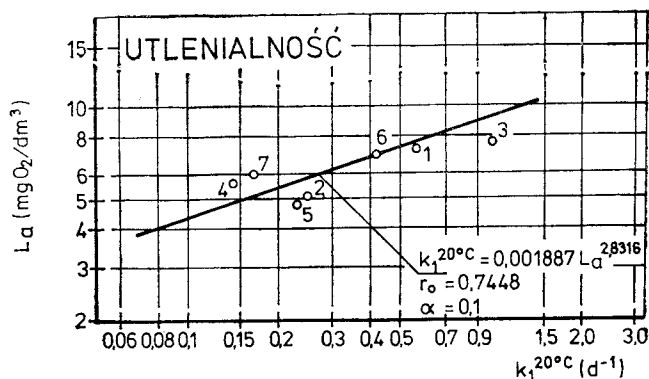
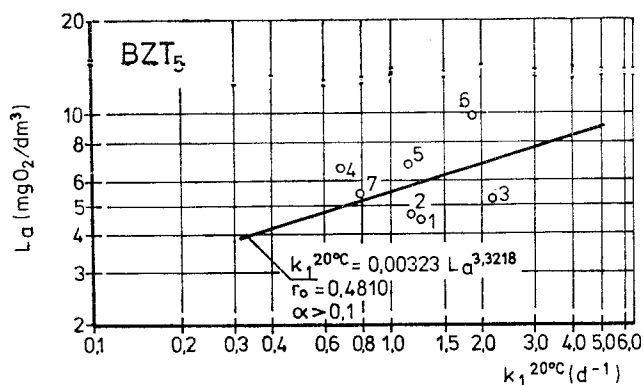


Rys. 3. Przebieg krzywych BZT₅, utlenialności, fenoli i detergentów na odcinku rzeki Nysy Kłodzkiej od Młynowa do ujścia rzeki Wilczy.

BADANIE 1 (14.IX.1974r)



Rys. 4. Przebieg krzywych zawartości azotu amonowego, fosforanów, tlenu rozpuszczonego, chorków i zawiesin w wodach rzeki Nysy Kłodzkiej na odcinku od Młynowa do ujścia rz. Wilczy.



Rys. 5. Zależności pomiędzy początkowymi wartościami stężeń BZT₅, utlenialności, fenoli i detergentów, a wartościami współczynników $k_1^{20^\circ\text{C}}$ dla rzeki Nysy Kłodzkiej.

Podsumowanie

Badania zdolności samooczyszczania się wód Nysy Kłodzkiej przeprowadzono na odcinku o długości ok. 8 km, uznany za reprezentatywny dla górnego i części środkowego biegu rzeki, prowadzącego wody o średnim stopniu zanieczyszczenia. Obciążenie tych wód związkami organicznymi, wyrażone wartością BZT₅ na początku odcinka zmieniało się w okresie badań w granicach od 4,5 do 9,8 mg O₂/dm³, utlenialność kształtowała się w zakresie wartości od 4,8 do 7,8 mg O₂/dm³, zawartość fenoli ulegała zmianom od 0,023 do ok. 0,075 mg/dm³ a stężenie detergentów anionoaktywnych wynosiło od 0,081 do 0,182 mg/dm³.

Zakres zmian współczynników $k_1^{20^\circ\text{C}}$ dla wymienionych wskaźników charakteryzują wartości: w odniesieniu do BZT₅ — od 0,680 do 2,17, dla utlenialności — od 0,143 do 1,01, dla fenoli — od 0,577 do 5,82 i dla detergentów — od 0,317 do 1,21.

Wielkości współczynników $k_1^{20^\circ\text{C}}$ ustalone dla Nysy Kłodzkiej na podstawie wartości BZT₅ są przeciętnie nieco niższe od danych dotyczących innych rzek górskich badanych w kraju. Według H. Mańczaka [3] wartości współczynnika k_1 dla małego potoku górskiego Czerniawka, zmieniały się w zakresie od 0,13 do 6,40. Ustalone przez H. Florczyk [2] wielkości tego współczynnika dla rzeki górskiej Bystrzycy, charakteryzującej się wielkościami przepływów i parametrami hydraulicznymi bardziej zbliżonymi do Nysy Kłodzkiej niż potok

Czerniawka, kształtowały się w granicach od 0,82 do 2,56. Nieznacznie tylko wyższe k_1 ustalone dla rzeki Bystrzycy od k_1 dla Nysy Kłodzkiej wskazują, że intensywność procesów samooczyszczania się wód obu tych rzek jest podobna. Potwierdzeniem tego są również zbliżone zakresy kształtowania się współczynników szybkości redukcji utlenialności i detergentów dla obu rzek. Wielkości $k_1^{20^\circ\text{C}}$ wyznaczone na podstawie badań rzeki Nysy Kłodzkiej dla wskaźników: BZT₅, utlenialności, fenoli i detergentów potwierdzają ich zależność od wartości początkowych stężeń w wodach rzek o średnim stopniu zanieczyszczenia.

Najwyższymi współczynnikami korelacji charakteryzują się zależności $k_1^{20^\circ\text{C}}$ od utlenialności i BZT₅; zależności uzyskane dla fenoli i detergentów wykazują bardzo niskie współczynniki korelacji, natomiast w przypadku azotu amonowego i fosforanów zależności takiej w badaniach Nysy Kłodzkiej nie zaobserwowano.

Reasumując można stwierdzić, że przy pracach prognostycznych dotyczących jakości wód w rzekach górskich, wykazujących podobne warunki hydrologiczne i zbliżony do Nysy Kłodzkiej stopień zanieczyszczenia wód, można dokonywać prób przeliczeń krzywych utlenialności i BZT₅ z zastosowaniem ustalonych dla Nysy Kłodzkiej zależności. W przypadku wystąpienia wartości tych wskaźników znacznie niższych od 4 mg O₂/dm³ niezbędne byłoby uściślenie zależności drogą dodatkowych studiów i badań. Zależności $k_1^{20^\circ\text{C}}$ sporządzone w odniesieniu do związków fe-

nolowych i detergentów należy traktować jako orientacyjne, wymagające przed ich ewentualnym zastosowaniem potwierdzenia na innych rzekach zawierających te zanieczyszczenia w niezbyt wysokich ilościach.

LITERATURA

1. H. AMBÜHL: Die Bedeutung der Strömung als Ekologischer Factor. Schweiz. Z. Hydrolog. Vol. 21, 1959.
2. H. FLORCZYK: Badania zdolności samooczyszczania się wód rzeki Bystrzycy. Ochrona Wód przed Zanieczyszczeniem — Wybrane Zagadnienia Programu Polska 3101. IGW, Warszawa, 71-110.
3. H. MAŃCZAK: Poprawa warunków tlenowych potoków górskich za pomocą zabiegów hydrotechnicznych na przykładzie rzeki Czarniawki. Prace IGW, 2, 3, 3—146.
4. H. MAŃCZAK: Przebieg procesu samooczyszczania rzek skanalizowanych na podstawie kryterium tlenowego i wyników badań rzeki Odry. Prace IGW, 1970, tom VI, zeszyt 1.
5. H. W. STREETER, E.B. PHELPS: Studies of the Pollution and Natural Purification of the Ohio River. Publ. Healt Bull., nr 146, 1925.

6. H. W. STREETER: Measures of Natural Oxidation in Polluted Streams. Sew. Works I. 534, 1935.
7. E. J. THERIAULT: The Oxygen Demand of Polluted Waters. Publ. Health. Bul. 1927, nr 173, s. 185.

Tabela I.

Warunki hydrologiczne i hydromiczne w okresie badań
zdolności samooczyszczania się wód rzeki Nysy Kłodzkiej.

Nr ba- dań	Data badań	Natę- żenie prze- pływu /wodo- wskaz Kłodz- ko/ w m ³ /s	Czas prze- pływu w h	Ciśnienie atmosfe- ryczne w mm Hg		Temperatura powietrza w °C		Temperatura wody w °C	
				min.	max.	min.	max.	min.	max.
1	14.IX.73	4,55	7,00	738,3	738,9	14,0	23,3	12,0	13,5
2	20.IX.73	4,55	7,00	730,9	731,5	19,0	23,5	14,8	16,2
3	30.X.73	5,25	6,51	734,4	735,3	6,8	8,5	4,7	5,4
4	15.I.74	5,70	6,70	736,4	737,1	0,3	1,0	2,0	2,5
5	5.III.74	9,60	5,95	734,4	735,1	6,4	11,3	4,9	5,1
6	27.03.74	12,9	5,50	732,1	732,4	12,5	15,4	6,4	7,5
7	7.V.74	9,30	6,00	731,5	732,2	2,8	3,8	8,2	8,6