

**METALE CIĘŻKIE W SPŁYWACH POWIERZCHNIOWYCH
ZE ZLEWNI BEZPOŚREDNIEJ
ORAZ W WODZIE ZBIORNIKA NAKŁO-CHECHŁO**

AGATA DOMURAD, MACIEJ KOSTECKI

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

Keywords: heavy metals, anthropopressure, anthropogenic reservoirs.

**HEAVY METALS IN THE SURFACE RUN-OFF FROM THE BASIN AREA
AND IN THE WATER OF THE NAKŁO-CHECHŁO RESERVOIR**

The aim of the present work was to analyse the results of investigations on the heavy metals content in the water of the Nakło-Chechło Reservoir. In this study the importance of this element in the characteristic of aquatic environment is stressed.

Small content of heavy metals has excluded the possibility of the discharge of municipal and industrial sewage. All of these toxic substance included in water have confirmed that the Nakło-Chechło Reservoir is under strong hydrological and chemical influence of the precipitation and surface run off from the Reservoir basin area.

Streszczenie

Celem prezentowanej pracy jest analiza problemu zanieczyszczenia zbiornika Nakło-Chechło metalami ciężkimi. W niniejszej publikacji podkreślone zostało znaczenie tego elementu w charakterystyce środowiska wodnego.

Niska zawartość metali ciężkich w wodzie zbiornika wskazuje na brak źródeł zanieczyszczeń pochodzących ze zrzutów ścieków komunalnych i przemysłowych. Obecność tego rodzaju substancji toksycznych potwierdza, iż zbiornik Nakło-Chechło jest pod silnym hydrologicznym i hydrochemicznym wpływem opadów atmosferycznych oraz spływów powierzchniowych ze zlewni.

WPROWADZENIE

Zanieczyszczenie zbiorników wodnych przez substancje toksyczne, eutrofikacja zbiornika oraz zakwaszenie wód, któremu poświęca się coraz więcej uwagi w ostatnich latach, są najbardziej rozpowszechnionymi formami degradacji ekosystemów wodnych.

Ważnym zagadnieniem dotyczącym zanieczyszczenia wód zbiorników jest skażenie metalami ciężkimi [1, 5, 6, 10, 11, 13–16, 18]. Metale ciężkie wprowadzane do zbiorników podlegają akumulacji w osadach dennych w wyniku sorpcji przez składniki osadów oraz wytrącanie i sedymentację składników nierozpuszczonych [1, 6, 10–18]. W określonych warunkach hydrologicznych i fizykochemicznych może nastąpić migracja metali z osadów do wody, co powoduje jej wtórne zanieczyszczenie [5]. Tego rodzaju zanieczyszczenia przy przekroczeniu optymalnego progu stężenia zaczynają działać inhibitująco lub wręcz toksycznie na wzrost i procesy metaboliczne organizmów roślinnych i zwierzęcych [12, 15–18].

Stwierdzony stan zakwaszenia wody zbiornika Nakło-Chechło spowodował duże zainteresowanie tego rodzaju problemem degradacji ekosystemu wodnego oraz wywołał konieczność przeprowadzenia badań limnologicznych na szerszą skalę, obejmujących badania składu fizyczno-chemicznego wody zbiornika (w tym również na zawartość metali ciężkich), składu spływów powierzchniowych oraz analizę uwarunkowań eksploatacyjnych zbiornika z uwzględnieniem antropopresji turystycznej i działalności rybacko-wędkarskiej [7].

Podjęte badania miały na celu określenie istniejących i potencjalnych źródeł zagrożeń dla jakości wody zbiornika, wnoszonych ładunków i zanieczyszczeń z nich powstających, a w rezultacie – dążenie do opracowania zasad postępowania i odpowiednich technologii ograniczających zanieczyszczenia wody, powstałe w następstwie działalności człowieka.

Znajomość zawartości metali ciężkich w wodach i osadach dennych przy szczegółowych badaniach zbiorników może posłużyć do bardziej wyczerpującego chemicznego rozeznania środowiska wodnego, jak również jako wskaźnik naturalnej sytuacji geochemicznej panującej w zlewni i rozprzestrzeniania zanieczyszczeń oraz identyfikacji ich źródeł [17].

Metale ciężkie mogą być odprowadzane do wód powierzchniowych ze ściekami komunalnymi i przemysłowymi, ale także wprowadzane zostają spływami terenowymi (obszarowymi), a źródłem metali w tych spływach są suche i mokre depozycje (opady) atmosferyczne, nawozy i środki ochrony roślin [14].

Charakter zlewni ma duże znaczenie zarówno dla hydrologicznego ustroju wszystkich typów wód powierzchniowych, jak też dla uformowania się składu chemicznego wód, bowiem wpływa na sposób zasilania zbiornika, a co za tym idzie na doprowadzanie określonej ilości zanieczyszczeń, w tym metali ciężkich [12, 17].

W przypadku omawianego w niniejszej publikacji zbiornika Nakło-Chechło podkreślenia wymaga fakt, iż zbiornik ten nie posiada dopływów w postaci cieków wód powierzchniowych. Cała masa wody wypełniająca misę zbiornika pochodzi ze spływów powierzchniowych, spływów podziemnych oraz opadów atmosferycznych bezpośrednio na powierzchnię zbiornika [2–4, 7–9, 19]. Z tego względu spływy powierzchniowe stanowią bardzo ważny czynnik kształtujący sytuację środowiskową badanego ekosystemu. Za niezbędne zatem

uznano zbadanie składu wody spływów powstających w czasie opadów deszczu oraz orientacyjne określenie ilości wybranych zanieczyszczeń w opadach śniegu.

CEL I ZAKRES PRACY

W celu lepszego poznania problemu, jakim jest zanieczyszczenie wody zbiornika metalami ciężkimi, podjęto badania zmierzające do określenia pochodzenia tychże mikrozanieczyszczeń w zbiorniku Nakło-Chechłó. Badania obejmowały zarówno analizę zawartości metali ciężkich w wodzie zbiornika, jak również w opadach atmosferycznych, a co za tym idzie i w spływach powierzchniowych ze zlewni bezpośredniej.

Opracowanie oparto na wynikach własnych badań terenowych, prowadzonych w okresie od stycznia do grudnia 1996 roku. Miały one na celu przede wszystkim określenie wpływu zanieczyszczeń na jakość i wartość użytkową wody zbiornika Nakło-Chechłó. Tego rodzaju dane mają duże znaczenie praktyczne ze względu na potrzebę zapobiegania dalszemu wzrostowi zanieczyszczeń.

Ze względu na istotne znaczenie dla przemiany i obiegu materii w środowisku wodnym oraz życia w nim organizmów, w niniejszej publikacji przedstawiono wyłącznie problem zanieczyszczenia wody zbiornika metalami ciężkimi. Rozpatrzono nieco szerzej dynamikę przemian stężeń metali jako czynnika decydującego o przebiegu procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, wpływających na jakość wody. Przeprowadzone badania miały charakter sondażowy, zmierzający do określenia ogólnego stopnia zanieczyszczenia, w związku z czym oznaczono wyłącznie ogólną zawartość metali ciężkich w wodzie.

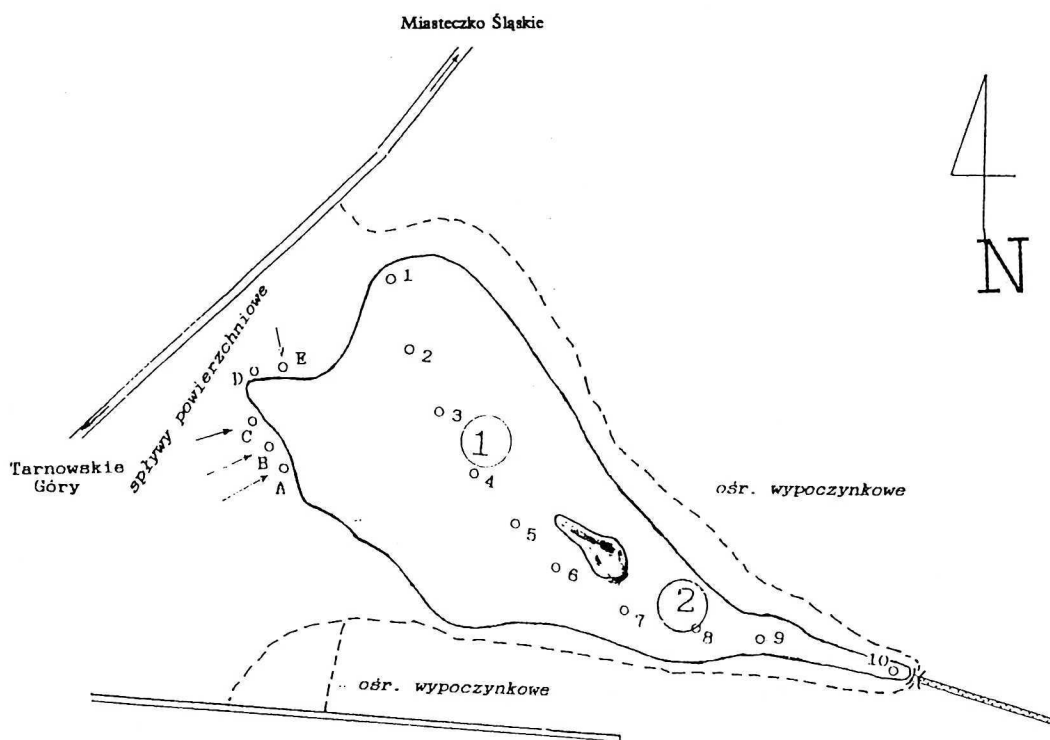
Charakterystyce jakości wody zbiornika pod względem ogólnych wskaźników fizyczno-chemicznych, jak również istotnym czynnikiem, związanym z charakterem zlewni poświęcone zostało wcześniejsze opracowanie [8]. Ze względu na duże znaczenie dla przebiegu procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, dynamika przemian oraz bilans podstawowych form azotu i fosforu, jako głównych czynników inicjujących proces eutrofizacji wód zbiornika, będzie przedmiotem odrębnej publikacji.

METODYKA BADAŃ

W ramach badań przeprowadzonych w okresie od stycznia do grudnia 1996 roku wykonano 8 poborów prób wody zbiornika z dwóch różnych stanowisk. Lokalizację punktów pomiarowych przedstawiono na rysunku 1.

Stanowisko nr 1 usytuowano w płytkiej części zbiornika, gdzie głębokość wody wynosiła około 1 m. Przyjęto założenie, że stanowisko to charakteryzuje część zbiornika znajdującą się pod wpływem spływów powierzchniowych ze zlewni bezpośredniej.

Stanowisko nr 2 usytuowano w pobliżu wyspy, na głębokości około 2,8 m. Przyjęto, że głębokość oraz konfiguracja dna w tej części zbiornika znajdują odbicie w składzie chemicznym wody.



Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych na obszarze zbiornika Nakło-Chechło
Location of sampling points in the Reservoir Nakło-Chechło

W pobranych próbach prześlędzono zmiany następujących wskaźników jakości wody zbiornika: żelaza ogólnego (Fe), manganu (Mn), cynku (Zn), chromu (Cr), kadmu (Cd), ołowiu (Pb) oraz miedzi (Cu). Stężenie metali ciężkich mierzono za pomocą spektrofotometru absorpcji atomowej (ASA) typ 1100B – Perkin Elmer.

W tym samym zakresie, co jakość wody, poddano analizie skład spływów powierzchniowych ze zlewni bezpośredniej. Pięciokrotnie określono pełny skład spływów. Ze względu na występowanie spływów w różnych punktach, skoncentrowano się na stanowisku ich najbardziej widocznego występowania. Stanowisko to znajdowało się w pobliżu tzw. rybacówki (siedziba Koła Polskiego Związku Wędkarstwa). Spływy występowały w różnych miejscach, w zależności od intensywności opadów oraz czasu suszy pomiędzy opadami. Odległości pomiędzy punktami pobierania prób wód spływów wynosiły od 50 do 100 m.

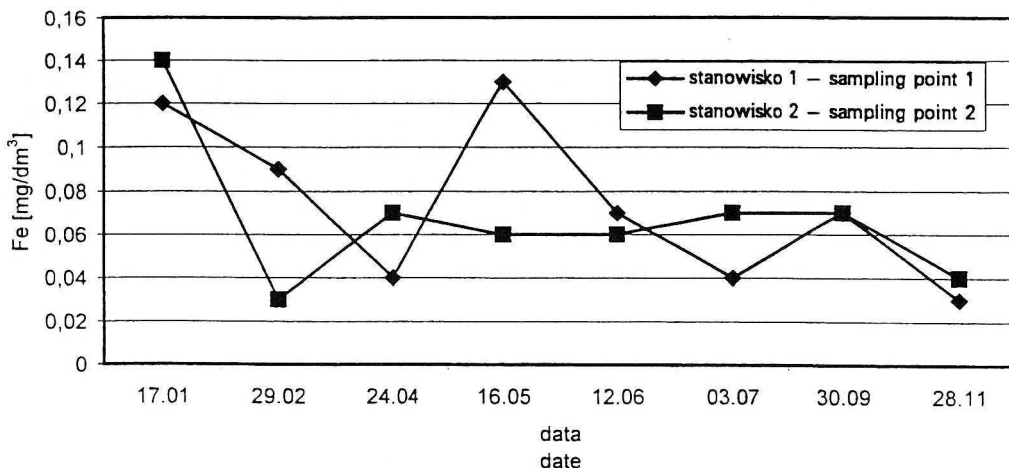
Próby śniegu z powierzchni zbiornika pobrano dwukrotnie, zimą, w styczniu i lutym 1996 roku. W próbach śniegu oznaczono metale ciężkie oraz kilka wybranych wskaźników w celu ogólnego zorientowania się co do roli opadów śniegu jako czynnika mającego zdolność akumulacji zanieczyszczeń.

WYNIKI BADAŃ

METALE CIĘŻKIE W WODZIE ZBIORNIKA

Żelazo ogólne

Obserwowane zmiany stężeń żelaza ogólnego w wodzie zbiornika Nakło-Chechło w okresie od stycznia do grudnia 1996 roku zachodziły w granicach od 0,14 do 0,03 mg/dm³ (Rys. 2). Najwyższe stężenia wystąpiły zimą, w styczniu, oraz wiosną, w maju 1996 roku. W dalszej części opracowania omówiono wyniki analiz próbek śniegu, w których stwierdzono stosunkowo duże ilości żelaza. Być może zatem zanieczyszczenie powietrza jonami żelaza jest powodem opisanej sytuacji. Co prawda nie zanotowano podwyższenia stężenia żelaza w wodzie zbiornika po zejściu pokrywy lodowej, lecz w czasie jej występowania, niemniej stan czystości powietrza w rejonie zbiornika jest, jak się wydaje, istotnym czynnikiem, chociażby ze względu na stężenie jonów żelaza.



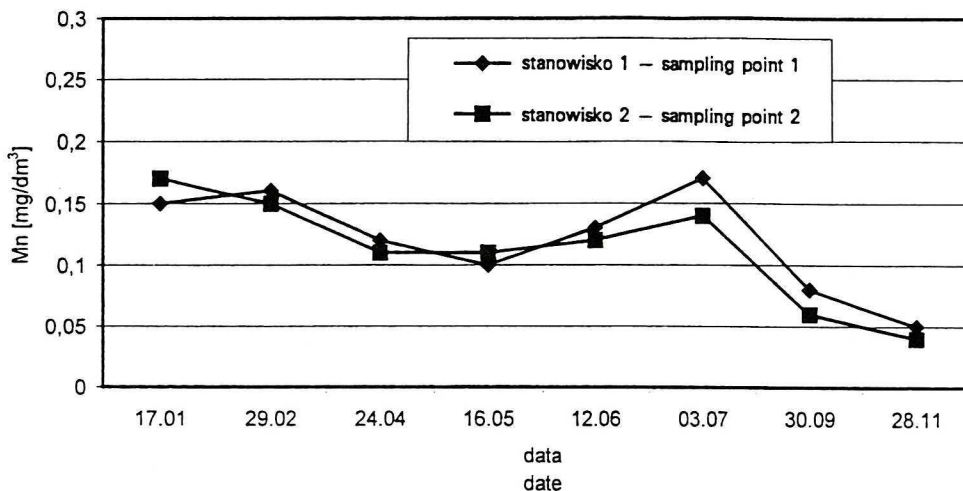
Rys. 2. Zmiany stężeń żelaza w wodzie zbiornika w 1996 roku

Changes in the content of iron in the water of the Reservoir Nakło-Chechło in 1996 year

Wykonane analizy wykazały, że gdyby nie jednorazowy wzrost stężenia żelaza ogólnego na stanowisku nr 1, w maju, przebieg zmian na obu stanowiskach byłby podobny, przy czym na stanowisku nr 1 stężenia żelaza były nieco niższe. Pod względem zawartości żelaza woda zbiornika odpowiada I klasie czystości.

Mangan

Stężenie manganu jest wskaźnikiem zanieczyszczenia wód ściekami gospodarczymi bądź może pochodzić z rozkładu materiału roślinnego. W przypadku badanego zbiornika mangan pochodzi prawdopodobnie z rozkładu roślinności oraz z gleby.



Rys. 3. Zmiany stężeń manganu w wodzie zbiornika w 1996 roku

Changes in the content of manganese in the water of the Reservoir Nakło-Chechło in 1996 year

W trakcie prowadzenia badań stężenie manganu zmieniało się w granicach od 0,04 do 0,17 mg/dm³ (Rys. 3). Na obu stanowiskach przebieg tych zmian był podobny, różnice stężeń praktycznie były nieistotne. W czasie badań stężenia manganu odpowiadały II klasie czystości wody.

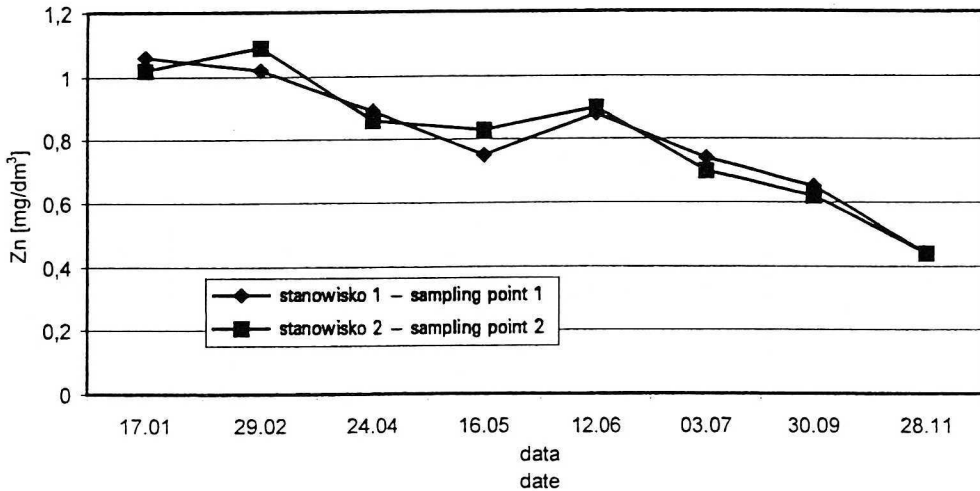
Charakterystyczny jest przebieg krzywych zmian, wykazujący tendencję spadkową dla całego okresu prowadzenia badań. Podobne zjawisko opisano już wcześniej.

Pozostaje wyjaśnić pochodzenie manganu, który w podwyższonych stężeniach – jak na czyste wody powierzchniowe – występował w ciągu wielu miesięcy. Biorąc pod uwagę charakter zlewni, można przypuszczać, że mangan pochodzi z rozkładu roślinności oraz jest pochodzenia gruntowego.

Rok 1996 był pod względem ilości opadów dość mokry. Być może w latach suchych ilość manganu w zbiorniku byłaby mniejsza. Wymaga to jednak doświadczalnego potwierdzenia. Spadek stężenia natomiast w miarę upływu czasu sugeruje rozważenie możliwości podnoszenia się poziomu wody w zbiorniku i uzyskiwanie efektu rozcieńczenia. Tego zjawiska jednakże nie stwierdzono. Przypuszczać można zatem, że wody zasilające zbiornik, tj. opady bezpośrednie, spływy powierzchniowe oraz spływy gruntowe mają ujście ze zbiornika. Dowodzi tego duży spadek powierzchni wody w zbiorniku w ostatnich latach.

Cynk

Przebieg zmian stężenia cynku w wodzie zbiornika przedstawiono na rysunku 4. Obserwowane zmiany stężeń zachodziły w granicach od 1,06 do 0,44 mg/dm³. Krzywa przebiegu zmian wykazuje wyraźną tendencję spadkową dla całego okresu prowadzenia badań. Najwyższe stężenia na obu stanowiskach zanotowano w styczniu, najniższe natomiast pod koniec listopada. Przebieg zmian nie wykazuje jakichkolwiek zależności od ilości opadów deszczu w poszczególnych miesiącach. Stężenie tego wskaźnika obniża się systematycznie w ciągu całego roku.



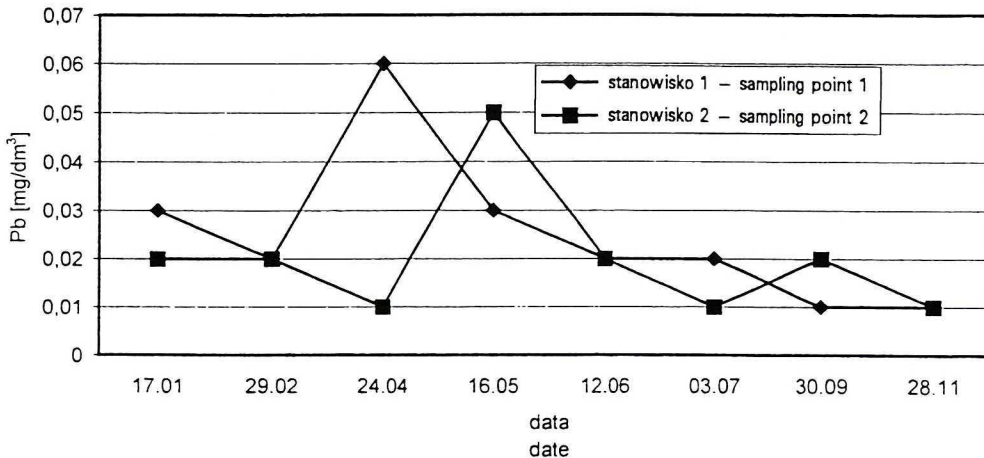
Rys. 4. Zmiany stężeń cynku w wodzie zbiornika w 1996 roku

Changes in the content of zinc in the water of the Reservoir Nakło-Chechło in 1996 year

Podkreślić należy w tym miejscu możliwość geologicznego pochodzenia jonów cynku ze względu na rudonośny charakter gruntów w rejonie zbiornika [7–9]. I w tym przypadku wskazuje się na celowość wykonania – w przypadku istnienia zainteresowania dalszymi losami zbiornika – wieloletniej analizy przebiegu zmian stężeń cynku, która pozwoliłaby na sprecyzowanie roli opadów atmosferycznych w dopływie zanieczyszczeń do zbiornika.

Ołów

Podobnie w przypadku ołowiu można mówić o niewielkich różnicach w przebiegu zmian stężeń tego wskaźnika w wodzie zbiornika na poszczególnych stanowiskach pomiarowych oraz o tendencji spadkowej w czasie prowadzenia badań (Rys. 5). Jednak w przypadku ołowiu tendencja ta została



Rys. 5. Zmiany stężeń ołowiu w wodzie zbiornika w 1996 roku

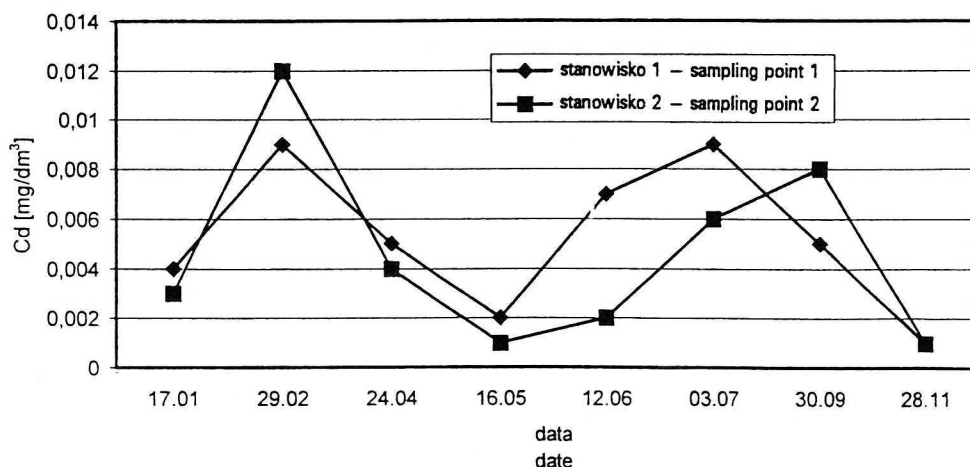
Changes in the content of lead in the water of the Reservoir Nakło-Chechło in 1996 year

zakłócona wzrostem stężenia ołowiu na stanowisku nr 1 w kwietniu 1996 roku do wartości $0,06 \text{ mg/dm}^3$. W tym miesiącu zanotowano nieznaczne przekroczenie normy wynoszącej $0,05 \text{ mg/dm}^3$, przewidzianej dla wszystkich klas czystości. W połowie maja nastąpił wzrost stężenia ołowiu na stanowisku nr 2 do wartości $0,05 \text{ mg/dm}^3$.

Wydaje się, że jony ołowiu, jako towarzyszące geologicznie jonom cynku, są charakterystycznym elementem środowiska w rejonie zbiornika. Należy zatem zakładać możliwość występowania stężeń przekraczających normę.

Kadm

W przypadku tego metalu zmiany stężeń zachodziły w granicach od $0,001$ do $0,012 \text{ mg/dm}^3$ (Rys. 6). Kadm jest pierwiastkiem silnie toksycznym. Norma przewidziana dla I klasy czystości wynosi $0,005 \text{ mg/dm}^3$ i w czasie prowadzenia badań była wielokrotnie przekraczana. Wskazuje to na obecność kadmu jako czynnika środowiskowego, mogącego wpływać na procesy biologiczne, zachodzące wewnątrz zbiornika. Celowe jest także ustalenie pochodzenia tego pierwiastka.

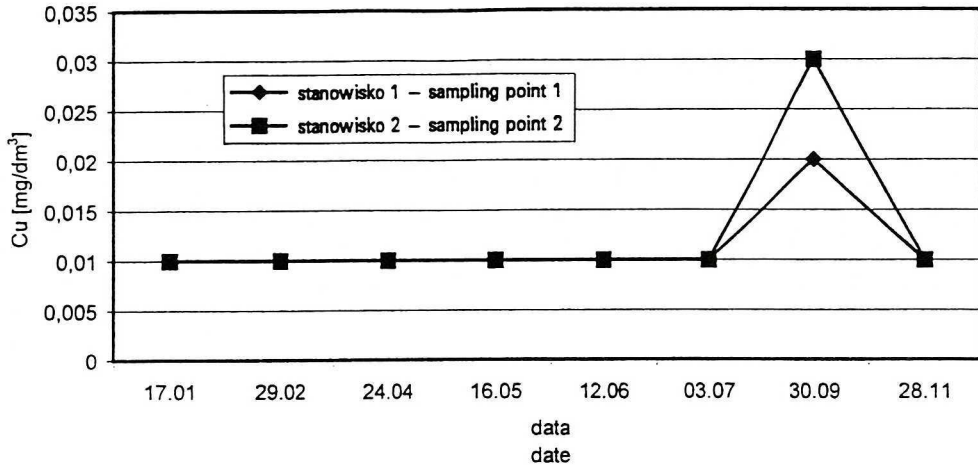


Rys. 6. Zmiany stężeń kadmu w wodzie zbiornika w 1996 roku

Changes in the content of cadmium in the water of the Reservoir Nakło-Chechło in 1996 year

Miedź

Przebieg zmian stężeń miedzi w wodzie badanego zbiornika, przedstawiony na rysunku 7, wskazuje na brak skażenia środowiska solami tego metalu. Notowane, bardzo wyrównane stężenia od $0,01$ do $0,03 \text{ mg/dm}^3$ mieszczą się w granicach określających I klasę czystości wody. Nieznaczny wzrost stężenia miedzi zanotowano w końcu września na obu stanowiskach.

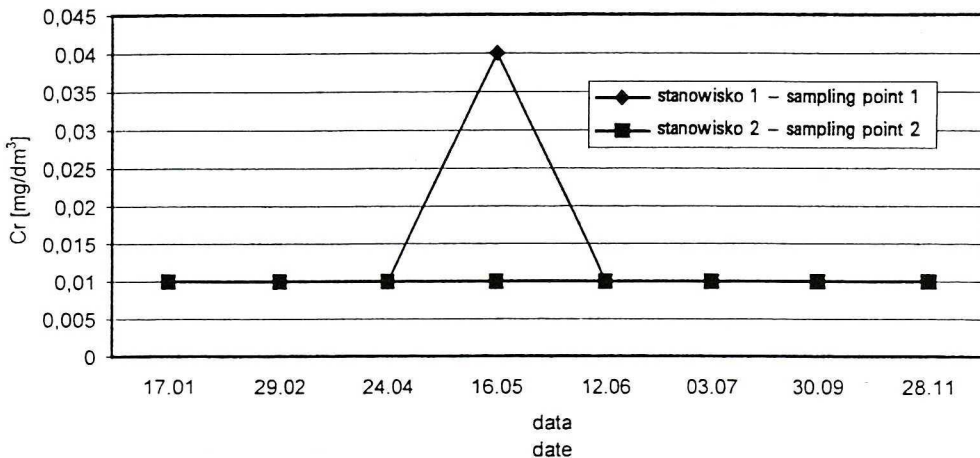


Rys. 7. Zmiany stężeń miedzi w wodzie zbiornika w 1996 roku

Changes in the content of copper in the water of the Reservoir Nakło-Chechło in 1996 year

Chrom

Przebieg zmian stężeń chromu zilustrowano graficznie na rysunku 8. Stężenia chromu w wodzie zbiornika są niskie i mieszczą się w granicach przewidzianych dla I klasy czystości wód. W ciągu całego okresu prowadzenia badań stężenie chromu w wodzie było bardzo wyrównane i utrzymywało się na poziomie 0,01 mg/dm³. Jednorazowo na stanowisku nr 2 zanotowano wzrost stężenia w maju do 0,04 mg/dm³.



Rys. 8. Zmiany stężeń chromu w wodzie zbiornika w 1996 roku

Changes in the content of chromium in the water of the Reservoir Nakło-Chechło in 1996 year

METALE CIĘŻKIE W SPŁYWACH POWIERZCHNIOWYCH Z OPADÓW DESZCZU

Powstawanie spływów powierzchniowych jest zależne od wielu czynników, w tym od intensywności opadów deszczu, czasu trwania opadów, czasu suszy pomiędzy okresami opadów, temperatury powietrza w czasie trwania suszy, dlatego też forma spływu przybierać może różne postacie. Może to być wysięk z powierzchni gruntu, spływ może spowodować silne zawilgocenie prowadzące do zabagnienia brzegów zbiornika, może także przybrać postać okresowego ciekłu. Niektóre partie zlewni zachowują zdolność do odprowadzania wód spływów tymi samymi drogami, najczęściej rowkami denudacyjnymi. W przypadku mniej intensywnych opadów deszczu spływ nie przybiera formy ciekłu, lecz ma postać utrzymujących się w zagłębieniach terenu kałuż, z których woda stopniowo przepływa coraz niżej, aż trafia do strefy brzegowej zbiornika.

Opisany ogólnie mechanizm kształtowania się spływów wpływa na skład chemiczny wody, a także na proces pobierania prób. Polega to na zmianie miejsc występowania spływów. Interpretacja uzyskanych wyników napotyka w związku z tym trudności, ponieważ nawet stosunkowo niewielka odległość pomiędzy stanowiskami poboru prób wymaga odpowiedniego uwzględnienia.

W przypadku przedstawionych wyników analiz, zebranych w tabeli nr 1, należy wyjaśnić, iż dokładano starań, aby wodę spływów pobierać w tym samym miejscu. Ponieważ nie zawsze było to możliwe, określono średnie stężenia analizowanych wskaźników, a następnie dokonano porównania średnich wartości stężeń wskaźników jakości wody w zbiorniku Nakło-Chechło oraz

Tabela 1. Zawartość metali ciężkich w spływach powierzchniowych ze zlewni zbiornika Nakło-Chechło w 1996 roku

Content of heavy metals in surface run off from the Nakło-Chechło basin area in 1996 year

Wskaźnik Parameter	Jednoska Unit	16.05	12.06	03.07	30.09	28.11	Średnia Average
Chrom Chromium	mg/dm ³	<0,01	mw	nw	0,01	0,01	0,005
Cynk Zinc	mg/dm ³	0,40	0,36	0,41	0,19	0,19	0,31
Kadm Cadmium	mg/dm ³	<0,001	0,001	0,002	0,009	0,003	0,0032
Mangan Manganese	mg/dm ³	0,40	0,28	0,25	0,23	0,25	0,282
Miedź Copper	mg/dm ³	0,02	0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,014
Ołów Lead	mg/dm ³	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,012
Żelazo Iron	mg/dm ³	0,73	0,51	0,22	0,35	0,35	0,432

Tabela 2. Średnie stężenia wybranych wskaźników jakości wody zbiornika Nakło-Chechło i spływów powierzchniowych ze zlewni bezpośredniej w 1996 roku

Average concentrations of selected parameters of water quality in the Nakło-Chechło Reservoir and in surface run off from the basin area in the year 1996

Wskaźnik Parameter	Jednoska Unit	Stanowisko 1 Sampling point 1	Stanowisko 2 Sampling point 2	Spływy pow. Surface run off
Chrom Chromium	mg/dm ³	0,014	0,010	0,005
Cynk Zinc	mg/dm ³	0,804	0,807	0,31
Kadm Cadmium	mg/dm ³	0,005	0,004	0,003
Mangan Manganese	mg/dm ³	0,120	0,112	0,282
Miedź Copper	mg/dm ³	0,011	0,012	0,014
Ołów Lead	mg/dm ³	0,025	0,020	0,012
Żelazo Iron	mg/dm ³	0,074	0,067	0,432

w spływach powierzchniowych ze zlewni bezpośredniej. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli nr 2. Poniżej omówiono wynikające z ich analizy spostrzeżenia.

Średnie stężenie manganu w wodzie spływów powierzchniowych było ponad dwukrotnie wyższe aniżeli w wodzie zbiornika. Z kolei średnie stężenie żelaza w spływach było wyższe od średniego stężenia w wodzie zbiornika prawie 6-krotnie. Potwierdza to geologiczne oraz roślinne pochodzenie tych metali.

Zlewnia zbiornika Nakło-Chechło charakteryzująca się pokładami rudonośnymi rud cynku wpływa na skład chemiczny wody, czego wyrazem są podwyższone stężenia cynku w wodzie zbiornika na obu stanowiskach. Jednocześnie średnie stężenie cynku w spływach jest niższe około 2,5-krotnie od stężenia w wodzie zbiornika. Geologicznie związkom cynku towarzyszą związki ołowiu, jednakże w przypadku jonów ołowiu stwierdzone ilości były niskie i nie stanowiły zagrożenia dla badanego ekosystemu.

Podwyższone – w stosunku do wartości stężeń w zbiorniku – średnie stężenia manganu oraz żelaza wskazują na istotną rolę, jaką w funkcjonowaniu ekosystemu jeziornego mogą odgrywać spływy powierzchniowe, zwłaszcza kiedy są jednym z głównych źródeł wody zasilającej zbiornik. W przypadku zbiornika Nakło-Chechło spływy powierzchniowe stanowią szlak transportowy, doprowadzający do zbiornika pewne ilości zanieczyszczeń.

Podkreślić należy, że stwierdzone ilości określonych substancji zawarte były w wodach spływów przed dotarciem do zbiornika. Być może, że odnotowane stężenia ulegają zmianie na odcinku powyżej zbiornika, a poniżej stanowisk poboru prób. W przypadku badanego zbiornika odległości te wynosiły około 50–100 m.

Sporządzenie bilansu doprowadzanych do zbiornika zanieczyszczeń będzie przedmiotem odrębnych opracowań. Praca ta wymaga dodatkowych informacji, dotyczących charakteru gleb zlewni, składu opadów atmosferycznych oraz dynamiki zmian opadów atmosferycznych z uwzględnieniem dobowych sum opadów.

METALE CIĘŻKIE W OPADACH ŚNIEGU Z POWIERZCHNI POKRYWY LODOWEJ ZBIORNIKA

Przedstawione w tabeli 3 wyniki analiz śniegu wskazują na zmienność stopnia zanieczyszczenia powietrza w rejonie zbiornika, a także na rolę opadów śniegu, jako czynnika usuwającego zanieczyszczenia z powietrza.

Tabela 3. Zawartość metali ciężkich w śniegu z powierzchni zbiornika Nakło-Chechło w 1996 roku
Content of heavy metals in snow from the surface of the Nakło-Chechło Reservoir in 1996 year

Wskaźnik Parameter	Jednoska Unit	17.01.	29.02.
Chrom Chromium	mg/dm ³	<0,01	<0,01
Cynk Zinc	mg/dm ³	0,10	0,13
Kadm Cadmium	mg/dm ³	0,005	0,008
Mangan Manganese	mg/dm ³	0,05	0,03
Miedź Copper	mg/dm ³	0,03	0,01
Ołów Lead	mg/dm ³	0,05	0,06
Żelazo Iron	mg/dm ³	0,64	0,41

Pomimo iż położony na peryferiach województwa, zbiornik Nakło-Chechło i jego zlewnia znajdują się pod wpływem zanieczyszczeń przemysłowych.

Wyniki analiz śniegu potwierdzają to wyraźnie. Ilości ołowiu i kadmu przekraczające normy dla I klasy czystości wód powierzchniowych, a także stosunkowo wysokie stężenia żelaza (0,64 i 0,41 mg Fe/l) w wodzie ze stopionego śniegu wskazują na rolę opadów atmosferycznych jako czynnika wprowa-

dzającego zarówno na powierzchnię zlewni, jak i bezpośrednio na powierzchnię zbiornika pewne ilości zanieczyszczeń, posiadających właściwość kumulowania się w osadach dennych, co stanowi potencjalne, lecz realne zagrożenie dla badanego ekosystemu.

PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych badań wynika, że zawartość metali ciężkich w wodzie zbiornika Nakło-Chechło znajduje się na niskim poziomie. Wskazuje to na brak źródeł zanieczyszczeń pochodzących ze zrzutów ścieków komunalnych i przemysłowych. Nie wykryto bezpośredniego zanieczyszczenia wód ściekami, natomiast zaobserwowano pośrednie skażenie wód metalami ciężkimi, wywołane opadami atmosferycznymi. Z wykonanych badań wynika jednoznacznie, że opady atmosferyczne, a co za tym idzie i spływy terenowe mają wpływ na stężenie metali ciężkich w wodzie zbiornika Nakło-Chechło.

W świetle obowiązujących przepisów stężenie większości analizowanych metali ciężkich w wodzie zbiornika Nakło-Chechło nie przekracza stężeń dopuszczalnych dla wód śródlądowych (Rozp. MOŚZNiL z dnia 5 listopada 1991 r.), jednak nie oznacza to, iż nie należy podjąć działań zapobiegawczych. Dotyczy to zwłaszcza podwyższonych stężeń cynku w wodzie zbiornika na obu stanowiskach. Wynika to być może stąd, że zlewnia zbiornika Nakło-Chechło, charakteryzująca się pokładami rudonośnymi rud cynku, wpływa na skład chemiczny wody. W tym przypadku wskazuje się na celowość wykonania wieloletniej analizy przebiegu zmian stężeń cynku, która pozwoliłaby na sprecyzowanie roli opadów atmosferycznych w dopływie zanieczyszczeń do zbiornika.

Ze względu na fakt, iż zbiornik Nakło-Chechło nie posiada dopływów w postaci cieków wód powierzchniowych, spływy terenowe spełniają istotną rolę w funkcjonowaniu ekosystemu, zwłaszcza kiedy są jednym z głównych źródeł wody zasilającej zbiornik. W przypadku zbiornika Nakło-Chechło spływy powierzchniowe stanowią szlak transportowy, doprowadzający do zbiornika pewne ilości zanieczyszczeń.

Już we wcześniejszej publikacji, z cyklu opisującego wyniki badań ogólnych wskaźników jakości wody zbiornika Nakło-Chechło, wykazano wstępnie, że zbiornik znajduje się pod silnym hydrologicznym i hydrochemicznym wpływem opadów atmosferycznych. Obecnie przedstawione wyniki analiz zawartości metali ciężkich w zbiorniku potwierdzają istotną rolę opadów atmosferycznych jako czynnika wprowadzającego zarówno na powierzchnię zlewni, jak i bezpośrednio na powierzchnię zbiornika zanieczyszczenia, posiadające właściwość kumulowania się w osadach dennych, co stanowi potencjalne, lecz realne zagrożenie dla badanego ekosystemu. Specyfika zbiornika, zwłaszcza jego uzależnienie oraz podatność na wielkość i skład opadów atmosferycznych oraz spływów powierzchniowych ze zlewni, utrudnia dokładne przewidywanie zachowania się tego ekosystemu. W związku z tym autorzy opracowania wskazują na celowość prowadzenia badań limnologicznych zbior-

nika przez dłuższy czas. Umożliwiłyby to obserwację procesów i zjawisk decydujących o kształtowaniu się równowagi hydrochemicznej i biologicznej zbiornika i stanowiłyby rodzaj kontroli, istotnej dla zachowania wysokiej czystości jego zasobów wodnych.

Praca została sfinansowana ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach na zlecenie Wydziału Ekologii Urzędu Wojewódzkiego w Katowicach.

LITERATURA

- [1] Beck J.N., G.J. Ramelow, R.S. Thompson, C.S. Mueller, C.L. Werbe: *Heavy metal content of sediments in the Calasieu River/Lake Complex, Luisiane*, Hydrobiologia, **192**, 149–165 (1990).
- [2] Bombówna M.: *Ecology of some waters in the forest-agricultural basin of the River Brynica near the Upper Silesian Industrial Region. 2. Chemical composition of water and atmospheric precipitation*, Acta Hydrobiol., **27**, 433–450 (1985).
- [3] Bucka H.: *Ecological aspects of the mass appearance of planctonic algae in dam reservoirs of southern Poland*, Acta Hydrobiol., **29**, 2, 149–191 (1987).
- [4] Bucka H.: *Ecology of selected planctonic algae causing water blooms*, Acta Hydrobiol., **31**, 3/4, 207–258 (1989).
- [5] Gromiec M.J.: *Badania zbiorników wodnych na obszarze Centralnego Regionu Wodno-Gospodarczego w ramach programu PONT*, Materiały Konferencji Naukowej: Problemy ochrony, zagospodarowania i rekultywacji antropogenicznych zbiorników wodnych, Zabrze, 15–16 listopada 1995.
- [6] Kostecki M., A. Domurad, E. Kowalski, J. Kozłowski: *Badania limnologiczne zbiornika zaporowego Dzierżno Małe. Część III. Metale ciężkie w osadach dennych zbiornika*, Archiwum Ochrony Środowiska, **2**, 73–81 (1998).
- [7] Kostecki M., A. Domurad, E. Kowalski, J. Kozłowski, I. Łuczak, H. Brylski, Ł. Rychlewska: *Ocena stanu jakości wody zbiornika rekreacyjnego Nakło-Chechło, ustalenie przyczyn katastrofalnego zakwaszenia wody oraz opracowanie sposobu ustalenia równowagi jonowej w celu zapobieżenia ujemnym skutkom acidotrofii*, Praca IPIŚ PAN, Zabrze 1996 (nie publ.).
- [8] Kostecki M., A. Domurad, E. Kowalski, J. Kozłowski: *Stosunki termiczno-tlenowe oraz wybrane fizyczno-chemiczne wskaźniki jakości wody zbiornika Nakło-Chechło*, Archiwum Ochrony Środowiska (w druku).
- [9] Kostecki M., A. Domurad, E. Kowalski, J. Kozłowski: *Zakwaszenie wody zbiornika Nakło-Chechło (gmina Świerklaniec) – próba wyjaśnienia przyczyn*, Archiwum Ochrony Środowiska, **4**, 65–80 (1999).
- [10] Kostecki M., E. Kowalski, A. Domurad: *Badania limnologiczne zbiornika zaporowego Dzierżno Małe. Część II. Metale ciężkie w wodzie i osadach dennych rzeki Dramy*, Archiwum Ochrony Środowiska, **1**, 45–56 (1998).
- [11] Kwapuliński J., D. Wiechuła, A. Kraśnicka, H. Orczyk: *Zawartość metali ciężkich w zbiorniku Goczalkowice*, Gaz, Woda i Tech. San., **1**, 12–14 (1996).
- [12] Lampert W., U. Sommer: *Ekologia wód śródlądowych*, PWN, Warszawa 1996.
- [13] Loska K., D. Wiechuła, J. Pelczar, J. Kwapuliński: *Occurrence of heavy metals in bottom sediments of a heated reservoir (the Rybnik Reservoir, southern Poland)*, Acta Hydrobiol., **36**, 281–295 (1994).
- [14] Popławski S., J. Suschka: *Problemy zanieczyszczenia wód metalami ciężkimi*, Mat. IV Konf.: Zapobieganie Zanieczyszczeniu Środowiska, Ustroń, listopad 1996.
- [15] Protasowicki M., E. Niedźwiecki: *Zagrożenia ekologiczne w strefie ujścia Odry ze szczególnym uwzględnieniem metali ciężkich*, Pollutants in the Environ., **1**, 3–6 (1991).

- [16] Radwan S., W. Kowalik, C. Kowalczyk: *Occurrence of heavy metals in water, phytoplankton and zooplankton of mesotrophic lake in eastern Poland*, Sci. Total Environ., **96**, 115–120 (1990).
- [17] Starmach K., S. Wróbel, K. Pasternak: *Hydrobiologia. Limnologia*, PWN, Warszawa 1976.
- [18] Winkels H.J., G. Blom, S.B. Kroonenberg, L. Lijklema: *Dilution of riverine heavy metal input concentrations by suspension of sediments and algal growth in the IJsselmeer*, Wat. Res., **32**, 2931–2940 (1998).
- [19] Zięba J.: *Ecology of some waters in the forest-agricultural basin of the River Brynica near the Upper Silesian Industrial Region. 1. Range and aims of the investigation with a description of the environment*, Acta Hydrobiol., **27**, 423–432 (1985).

Wpłynęło: 16 sierpnia 2000, zaakceptowano do druku: 18 grudnia 2000.