



You have downloaded a document from
RE-BUŚ
repository of the University of Silesia in Katowice

Title: Bilans wodny oraz dynamika zmian wybranych zanieczyszczeń zbiornika Dzierżno Duże w warunkach silnej antropopresji

Author: Mariusz Rzętała

Citation style: Rzętała Mariusz. (2000). Bilans wodny oraz dynamika zmian wybranych zanieczyszczeń zbiornika Dzierżno Duże w warunkach silnej antropopresji. Katowice : Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH



Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

Mariusz Rzętała

Bilans wodny oraz dynamika zmian
wybranych zanieczyszczeń
zbiornika Dzierżno Duże
w warunkach silnej antropopresji



Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego



Katowice 2000

**Bilans wodny oraz dynamika zmian
wybranych zanieczyszczeń
zbiornika Dzierżno Duże
w warunkach silnej antropopresji**

Prace Naukowe
Uniwersytetu Śląskiego
w Katowicach
nr 1913

Mariusz Rzętała

Bilans wodny oraz dynamika zmian
wybranych zanieczyszczeń
zbiornika Dzierżno Duże
w warunkach silnej antropopresji



Redaktor serii: Nauki o Ziemi
Andrzej T. Jankowski

Recenzenci
Adam Choiński
Władysław Lange

Spis treści

1. Wstęp	7
1.1. Zarys problemu	7
1.2. Materiały źródłowe i metody pracy	12
1.2.1. Materiały źródłowe	13
1.2.2. Metody pracy	14
2. Charakterystyka obszaru badań	17
2.1. Lokalizacja obszaru badań	17
2.2. Charakterystyka środowiska fizycznogeograficznego zlewni i otoczenia zbiornika	19
2.2.1. Budowa geologiczna	19
2.2.2. Ukształtowanie terenu	22
2.2.3. Charakterystyka klimatologiczna	24
2.2.4. Hydrografia	28
2.2.4.1. Wody powierzchniowe	28
2.2.4.2. Wody podziemne	36
2.2.5. Gleby i szata roślinna	39
3. Bilans wodny zbiornika Dzierżno Duże	40
3.1. Elementy pionowej wymiany wody i uwarunkowania ich zmienności	42
3.1.1. Opady atmosferyczne	42
3.1.2. Parowanie	44
3.2. Elementy poziomej wymiany wody i uwarunkowania ich zmienności	46
3.2.1. Dopływ powierzchniowy	46
3.2.2. Odpływ powierzchniowy	48
3.2.3. Wymiana wód zbiornika ze zlewnią pod powierzchnią	49
3.3. Zmiany retencji zbiornika	58
3.4. Tempo wymiany wód	60
4. Dynamika zmian wybranych zanieczyszczeń zbiornika Dzierżno Duże i jego otoczenia	62
4.1. Wpływ zbiornika Dzierżno Duże na kształtowanie właściwości fizyko- chemicznych wód powierzchniowych	62
4.1.1. Rola zbiornika w redukcji stężeń wybranych zanieczyszczeń	62
4.1.2. Ocena roli zbiornika w kumulacji wybranych zanieczyszczeń	78

4.2. Wpływ zbiornika Dzierżno Duże na kształtowanie właściwości fizykochemicznych wód podziemnych	89
4.3. Zanieczyszczenie wody a eutrofizacja zbiornika Dzierżno Duże	94
4.3.1. Zewnętrzne obciążenie zbiornika substancjami biogennymi	95
4.3.2. Występowanie substancji biogennych w wodzie zbiornika	99
4.3.3. Przejawy eutrofizacji zbiornika	103
4.4. Rola zanieczyszczenia w kształtowaniu warunków termiczno-tlenowych i przezroczystości wody zbiornika	105
4.4.1. Zmienność warunków termicznych	105
4.4.2. Natlenienie wody	112
4.4.3. Zmiany przezroczystości wody	116
5. Dzierżno Duże na tle jezior i innych zbiorników antropogenicznych Polski	119
6. Wnioski	141
Literatura	143
Summary	167
Резюме	171

1

Wstęp

1.1. Zarys problemu

Podstawową przesłanką budowy zbiorników wodnych jest konieczność sterowania przepływami o dużej nieregularności oraz potrzeba retencjonowania wody w celu jej wielofunkcyjnego wykorzystania (Cyberski, 1984a). Globalny wzrost zapotrzebowania na wodę zmusza do poszukiwania nowych rozwiązań w dziedzinie sposobów jej retencjonowania, a także użytkowania zasobów już istniejących. Stąd niezwykle powodzeniem cieszą się programy podkreślające znaczenie zarówno dużych, istniejących, jak i perspektywicznych obiektów retencyjnych (Drobek, Heffner, 1982; Hennig, Hennig, Roszkowski, 1991; Nalberczyński, 1993; Przedwojski, Przybyłek, Rembeza, 1993; Klepacz, Maniček, 1997), a także rolę tzw. małej retencji w życiu i gospodarce człowieka (Czamara, Radczuk, Urbański, 1993; Ostrowski, 1996; Redczuk, Olearczyk, Nalberczyński, 1996; Ryszkowski, Kędziora, 1996; Żmuda, Rytelewski, Mioduszewski, 1997). Jednocześnie – jak wynika z przeglądu literatury – nie ustają poszukiwania metod eliminacji substancji zanieczyszczających wody limniczne (Dawidowicz, Gliwicz, 1987; Zalewski, Frankiewicz, 1994; Zalewski, 1995; Wiśniewski, 1995) oraz sposobów ich ochrony przed zanieczyszczeniem (Kleczkowski, 1973; Wojciechowski, 1987; Śleszyński, 1991; Matysik, 1992; Czaban, 1993; Dąbkowski, 1994; Kaniecki, Marciniak, Ziętkowiak, 1994).

Według A.T. Jankowskiego i M. Rzętały (1997, 1997a) genzę zbiorników wodnych (sztucznych jezior) należy bezpośrednio bądź pośrednio wiązać z celowymi zabiegami inwestycyjnymi mającymi przynieść określone korzyści ekonomiczne (zbiorniki: zaporowe, poeksploatacyjne, wybudowane na potrzeby zakładów przemysłowych, komunalnych itp. – np. osadniki) lub należy je utożsamiać z niezamierzonymi efektami działalności gospodarczej (zbiorniki w nieckach osiadania i zapadliskach).

Budowę zbiorników zaporowych w pełni uzasadniają czynniki lokalizacyjne, a nowo powstałym obiektom hydrologicznym precyzyjnie określono funkcje (Głodek, 1985).

Zbiorniki wodne utworzone w wyrobiskach po powierzchniowej eksploatacji surowców mineralnych na ogół mają mniejsze znaczenie funkcjonalne, zainteresowanie zaś ich zagospodarowaniem oraz optymalnym wykorzystaniem retencjonowanej wody jest niewielkie. Wynika to z faktu, że kwalifikacja wyrobiska poeksploatacyjnego jako perspektywicznego zbiornika wodnego jest działaniem wygodnym, często jedynym możliwym i najbardziej opłacalnym ekonomicznie w kontekście działań rekultywacyjnych. Jest to swoisty paradoks, zbiornik wodny bowiem powstaje faktycznie na bazie czynników przemawiających za lokalizacją zakładu odkrywkowej eksploatacji surowców mineralnych.

Poważniejszy problem stanowią zbiorniki powstałe jako niezamierzony efekt działalności gospodarczej (np. zbiorniki w nieckach osiadania i zapadliskach), najczęściej będące nieużytkami, m.in. z powodu ciągłości procesów deformacyjnych podłoża, niewielkiej powierzchni i pojemności oraz często nieodpowiedniej jakości retencjonowanej wody (Janowski, Rzętała, 1997, 1997a).

Zbiorniki wodne powodują głębokie zmiany w życiu gospodarczym regionów (Janowski, 1984), pociągając za sobą przeobrażenie środowiska geograficznego wynikające m.in. z bezpośredniej lub pośredniej ingerencji człowieka w pierwotny układ stosunków przyrodniczych (Głodek, 1985; Kajak, 1992). Pojawienie się sztucznych zbiorników wodnych inicjuje rozwój nowych jakościowo procesów nie występujących dotychczas na danym obszarze (Marcus, 1964; Cyberski, 1984; Babiński, Banach, Głazik, 1993; Babiński, Grześ, 1995), a wynikających z ilościowo-jakościowych przemian w krążeniu materii i energii (Cyberski, 1984), których wyrazem są przede wszystkim zmiany: klimatyczne (Lewińska, 1984; Kamiński, Ośródka, 1992; Wójcik, 1995), hydrologiczne (Dynowska, 1984; Poźniak, 1984; Chełmicki, 1990), hydrofizyczne i hydrochemiczne (Tomik, 1969; Woyciechowska, Dojlido, 1982; Cyberska, 1984; Pasternak, 1984; Kasza, 1986, 1986a), biologiczne (Kelly, Catchings, Payne, 1981; Pasternak, 1984) oraz morfologiczne (Cyberski, 1984a; Babiński, 1997; Babiński, Banach, 1992; Banach, 1993, 1993a; Rzętała M. A., 1998).

W odróżnieniu od bogatej bibliografii dotyczącej technicznego ujęcia funkcjonowania obiektów hydrotechnicznych (projektowanie, budowa, eksploatacja, konserwacja) kompleksowe opracowania geograficzne poświęcone zbiornikom wodnym (np. klimatyczne, hydrochemiczne, hydrobiologiczne, morfologiczne) w dalszym ciągu są uważane za nieliczne (Głodek, 1985), chociaż jest dość dużo wytycznych metodycznych traktujących o środowiskowym aspekcie tych zagadnień (Boguslavskij, 1960; Zajkov, 1960; Hutchinson, 1975, 1975a; Choiński, 1995; Lange, 1993).

Kompleksowa eksploatacja wód limnicznych w świetle wielofunkcyjności zbiorników wodnych powodującej konflikty na płaszczyźnie charakteru i przebiegu gospodarki wodnej jest niezwykle trudna (Rzętała, 1997; Janowski, Rzętała, 1997a) i powinna się przyczynić do intensyfikacji badań zmierzających do ilościowego rozpoznania poszczególnych składowych bilansu wodnego,

zapewniającego optymalne wykorzystanie retencji. Zagadnienia bilansu wodnego jezior i zbiorników wodnych są przedmiotem licznych opracowań, jednak wielu badaczy (np. Mikulski, 1970) zwraca uwagę na niedostateczne rozpoznanie jezior w kontekście układu ich bilansu wodnego. Z. Mikulski (1970, 1975) za prawdopodobną przyczynę owego niedostatecznego rozpoznania uznaje selektywną kontrolę hydrometryczną wielu podstawowych elementów bilansowych oraz całkowity jej brak w zdecydowanej większości obiektów, co w konsekwencji utrudnia lub uniemożliwia stosowne oceny.

Tym niemniej o obiegu wody jezior naturalnych – wykorzystywanych przez człowieka w niewielkim stopniu (Głodek, 1985) – jest zdecydowanie więcej opracowań (Jureko, 1969; Mikulski, Bojanowicz, Ciszewski, 1969; Paślawski, 1969; Mikulski, 1970; Weber, 1973; Okulaniś, 1981; Dynus-Angiel, 1979; Wojciechowski, 1985) niż o zbiornikach sztucznych (Paluch, Twardowska, Kostecki, Magosz, 1975; Grochulski, 1980; Galicka, 1996; Jurak, 1995), w których bilans wodny ogranicza się w praktyce do oszacowania wybranych składowych poziomej i pionowej wymiany wody. Wynika to prawdopodobnie z faktu, że analizy bilansu wodnego jezior (jako obiektów naturalnych) utożsamiane są z poznawczym kierunkiem badań, natomiast analogiczne rozważania w odniesieniu do zbiorników wodnych (jako obiektów antropogenicznych) częściej reprezentują aspekt użytkowy.

Problem rozpoznania składowych bilansu wodnego sztucznych zbiorników wodnych występujących na obszarze Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży wydaje się jeszcze bardziej skomplikowany. Mimo że wskaźniki jeziorności (lub raczej „zbiornikowości”) i gęstości zbiorników dla wspomnianego obszaru są porównywalne z terenami największej koncentracji jezior w Polsce (Jankowski, Wach, 1980; Jankowski, 1995; Rzętała, 1995, 1996b, 1997, 1998; Jaśko, Kosakowski, Rzętała M. A., 1997), to opracowania dotyczące ich bilansu wodnego należy określić mianem fragmentarycznych. Owa fragmentaryczność wynika z braku kompleksowych badań, a istniejące prace naukowe (Hyra, 1981; Kozłowski, Karaś, Fiedler, 1981; Jankowski J., 1981, 1983; Wajzer, 1989; Jankowski, Rzętała M., 1997a), niejako przy okazji rozpatrywania różnych problemów, dotyczą (niestety) tylko wybranych składowych bilansu wodnego. Ponadto wiele zbiorników regionu górnośląsko-zagłębińskiego jest monitorowanych w zakresie obiegu wody przez różne instytucje – obserwacje te obejmują zazwyczaj przydatne, aczkolwiek niezadowolające przy rozważaniach bilansowych parametry, jak np. sumaryczny dopływ do zbiornika rozumiany jako wypadkowa zasilania wodami: podziemnymi, powierzchniowymi i opadowymi.

Wykaz literatury dotyczącej składu chemicznego oraz cech fizycznych wód jeziornych i zbiornikowych należy uznać za niezwykle bogaty, a świadczy o tym zarazem duża ilość wytycznych metodycznych (Bajkiewicz-Grabowska, 1987; Burchard, Hereźniak-Ciotowa, Kaca, 1990; Lange, 1993; Choński, 1995; Kudelska, Cydzik, Soszka, 1994), jak i wiele mono- 9

graficznych opracowań limnologicznych z tego zakresu (Okulanis, 1981; Jędrzak, 1992; Hillbricht-Ilkowska, Wiśniewski, 1994; Kostrzewski, Mazurek, Tomczak, Zwoliński, 1994). Hydrochemiczny aspekt rozwoju jezioroznawstwa należy wiązać z sygnalizowanym już na początku XX wieku (Marszelewski, 1993), i nagłaśnianym w latach następnych, problemem antropogenicznych zmian jakości wód powierzchniowych (Leszczycki, Tokarski, 1970; Taylor, 1988; Żmuda, 1973; Kamiński, Wróbel, 1991; Lange, 1993; Dynowska, 1993; Nalberczyński, 1993; Choiński, 1997), czego wyrazem są też liczne spotkania naukowe poświęcone w całości lub częściowo tym zagadnieniom (Churski, 1988; Burchard, 1989; Jankowski, 1991; Jankowski, Szczypek, 1995; Choiński, 1997; Kaňok, Prášek, 1997).

Znamiennym indykatorem fizycznych i hydrochemicznych zmian ilościowo-jakościowych wód limnicznych jest ich zasolenie (Czaban, 1993; Rzętała, Wach, 1995, 1997) oraz obecność metali ciężkich (Rzętała, 1994), a ponadto zmiany bezwzględnych zasobów ciepła w konsekwencji dopływu zanieczyszczeń termicznych (Kuczera, 1992; Jankowski, Kuczera, 1992). Zwłaszcza procesy eutrofizacyjne jezior i zbiorników wodnych, będące pochodną nadmiernego, a więc niepożądanego wzrostu żywności wód (Winberg, 1964; Kajak, 1979), stały się przedmiotem wielu badań (Leszczycki, Tokarski, 1970; Bajkiewicz-Grabowska, 1985, 1987, 1990; Bajkiewicz-Grabowska, Malczyk, 1988; Rzewuska, Szykowski, Marchlewska-Knych, 1993; Gierszewski, Marszelewski, Szczepanik, 1994; Kajak, 1979; 1995; Kasza, 1995; Jańczak, 1997; Lange, 1997; Yakushko, 1997).

W piśmiennictwie limnologicznym marginalnie traktowane jest, poruszane w niniejszej pracy, zagadnienie transformacji właściwości fizykochemicznych wody w zbiornikach przepływowych (Kostecki, 1977; Galicka, Penczak, Marszał, Zaczyński, Koszaliński, 1994; Janda, Rzętała M., 1995; Piliczewski, 1996; Gierszewski, 1997), która nierozzerwalnie jest związana z przekształceniem reżimu termiczno-tlenowego (Tomik, 1969; Cyberska, 1984), a przede wszystkim z tzw. retencją chemiczną (Piliczewski, 1996). Wody limniczne spełniając funkcję naturalnych osadników transportowanego rumowiska, często w znacznym procencie utożsamianego z zanieczyszczeniami (Giercuszkiewicz-Bajtlik, Wojtowicz, 1993), po wieloletnim okresie użytkowania zatracają możliwości retencji chemicznej, stając się źródłem skażenia wód powierzchniowych i podziemnych znajdujących się na drodze hydrologicznych osi odwodnienia mis jeziornych i zbiornikowych. Problem ów w odniesieniu do jezior i zbiorników wodnych jest rozpatrywany w kontekście analizy stężeń substancji zawartych w wodach dopływających i odpływających (Kostecki, 1977; Galicka, Penczak, Marszał, Zaczyński, Koszaliński, 1994; Janda, Rzętała, 1995; Piliczewski, 1996; Gierszewski, 1997) bądź w aspekcie bilansu wielkości ładunków (Paluch, Twardowska,

Kostecki, Magosz, 1975; Kostecki, 1978, 1979a; Galicka, 1990, 1996; Galicka, Drożdżyk, 1994; Galicka, Drożdżyk, Korczyńska, 1994; Kentzer, Giziński, 1995), będącego bardziej wiarygodnym wskaźnikiem skuteczności kumulacyjnej omawianych obiektów hydrologicznych jako ogniw obiegu masy i energii (Vollenweider, 1968; Giercuszkiewicz-Bajtlik, 1990; Lossow, Więćławski, 1991; Kudelska, Cydzik, Soszka, 1994; Lossow, Gawrońska, 1997). Ponadto prowadzenie tego typu badań jest istotne i celowe z tego względu, że szybkość zamulania następującego w wyniku dostawy rumowiska z terenu zlewni oraz w rezultacie procesów abrazyjnych brzołów warunkuje długość okresu optymalnego wykorzystania obiektu (Biernat, 1968; Chomiak, Cyberski, Mikulski, 1969; Cyberski, 1969; Babiński, Grześ, 1995; Banach, 1993, 1993a; Jaguś, 1997), co często uważa się za priorytetowe dla ekonomii, a tym bardziej dla hydrotechniki (Głodek, 1985).

W badaniach ewolucji jezior – jako naturalnych obiektów hydrologicznych – ważną pozycję zajmują analizy stosunków termicznych (Kowalska, 1972; Mikulski, Okulanis, 1974; Grześ, 1976; Skowron, 1982, 1997; Łajczak, 1982; Skowron, Szczepanik, 1993) i tlenowych (Maślanka, 1997; Marszelewski, 1997) oraz uwarunkowań właściwości optycznych wód limnicznych (Faraś-Ostrowska, Lange, 1981). Niewiele prac poświęconych termice (Tomik, 1969; Kostecki, 1979; Banach, Głazik, 1971; Kuczera, 1992; Jankowski, Kuczera, 1992; Rzętała, 1996a; Jurak, 1995), natlenieniu (Kostecki, 1979; Kuczera, 1991; Jankowski, Kuczera, 1992) i przezroczystości wody (Jankowski, Kuczera, 1992) zbiorników antropogenicznych wskazuje na niewspółmiernie mniejszy stopień ekspozycji i rozpoznania problemu.

Zbiornik Dzierżno Duże zajmuje jedną z czołowych pozycji w drugiej dekadzie na liście rankingowej największych pod względem możliwości retencyjnych sztucznych obiektów wodnych w Polsce („Rocznik Statystyczny 1995”). Wśród zbiorników naturalnych pod względem powierzchni odpowiada jezioru Sarbsko, a kubaturą wód jest porównywalne z jeziorem Gopło. Charakteryzuje się wysokim zanieczyszczeniem – niezwykle rzadko spotykanym w innych zbiornikach antropogenicznych i jeziorach o podobnej lub większej pojemności. Wyższym poziomem zanieczyszczenia w grupie obiektów porównywalnych wielkością retencji charakteryzuje się jedynie, wykorzystywany przez Zakłady Górnicze Rudna (Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi „Polska Miedz” S.A.), osadnik transportowanych hydraulicznie odpadów poflotacyjnych (Królikowski, Mżyk, Tkaczyk, 1994). Wysoki stopień antropogenizacji stosunków wodnych zbiornika Dzierżno Duże i jego najbliższej okolicy jest przede wszystkim konsekwencją zasilania wodami pochodzącymi z odwodnienia zachodniej i centralnej części Wyżyny Katowickiej, natomiast przekształcenia powierzchniowej sieci hydrograficznej w omawianym terenie modyfikują obieg wody w sposób ilościowy i jakościowy. Z tego względu nieliczne prace realizowane w okresie funkcjonowania zbiornika Dzierżno Duże (Grzbiela, Kudela, 1972; Grzbiela, 11

1977; Mill, 1980; Chmura, 1985; Rózkowski, Mitas, Witkowski, 1989; Kropka, 1990; Białożył, 1995; Rzętała, Wach, 1995; Rzętała, 1996; Rózkowski, Chmura, Siemiński, 1997; Rzętała M. A., 1998) należy uznać za istotnie uzupełniające stan wiedzy limnologicznej.

Jednocześnie warto zauważyć, że podczas realizacji programu badawczego na potrzeby niniejszej pracy zwrócono uwagę na możliwość prowadzenia unikalnych obserwacji (badań) charakteru i przebiegu zjawisk oraz procesów zachodzących w zbiorniku o szczególnych warunkach antropogenicznie przekształconego systemu przyrodniczego. Wykładnikiem owych przekształceń jest nie tylko zaburzenie równowagi hydrocznej (zmiany ustalonych warunków krążenia i wymiany wody), lecz także zanieczyszczenie wód utożsamiane z ponadnormatywną – w świetle obowiązujących przepisów prawnych (Rozporządzenie..., 1990, 1991) oraz proponowanych systemów oceny jakości wód (Kudelska, Cydzik, Soszka, 1994), a tym bardziej definiowanego przez B. Jańca (1992, 1997) tła hydrochemicznego i hydrogeochemicznego – zawartością substancji fizycznych (zawiesiny) i rozpuszczonych substancji chemicznych. Według W. Marszałewskiego (1993) zanieczyszczenie można odnosić do skutków działalności człowieka wynikających z dostarczania do jezior zarówno substancji organicznych, jak i toksycznych. Uzasadnione jest również określenie wód o antropogenicznie podwyższonej temperaturze (np. w wyniku dostawy wód pochłodniczych lub znacznej liczby ścieków) mianem obciążonych zanieczyszczeniami termicznymi.

Identyfikacja problemów badawczych, oparta na wstępnym rozpoznaniu limnologicznym zbiornika Dzierżno Duże, pozwoliła określić ramy opracowania i sformułować cele pracy, które w szczególności dotyczą:

- oceny ilościowego zróżnicowania składowych bilansu wodnego zbiornika w świetle przyrodniczych i antropogenicznych uwarunkowań środowiskowych;
- roli zbiornika w kształtowaniu właściwości fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych otoczenia;
- określenia stopnia skuteczności kumulacyjnej zanieczyszczeń w zbiorniku;
- oceny nasilenia eutrofizacji oraz zmienności warunków termiczno-tlenowych silnie zanieczyszczonych wód limnicznych;
- określenia limnologicznej odrębności zbiornika Dzierżno Duże na tle jezior i innych sztucznych zbiorników wodnych Polski.

1.2. Materiały źródłowe i metody pracy

Realizacja założonego programu wymagała prowadzenia komplementarnych oraz interdyscyplinarnych badań (terenowych, laboratoryjnych i kameralnych) warunków środowiska geograficznego, a ich zakres implikowała różnorodność, współzależność i czasowa zmienność czynników decydujących o obiegu wody i dynamice zmian właściwości fizykochemicznych wskazujących na etap rozwoju

sztucznych zbiorników wodnych, wśród których Dzierżno Duże zajmuje wyjątkową pozycję z uwagi na dużą ilość retencjonowanej wody i wysoki poziom jej zanieczyszczenia.

1.2.1. Materiały źródłowe

Przedmiotem badań prowadzonych w latach 1993–1997 były zbiorniki: Dzierżno Duże, Pogoria I, Pogoria III, Rogoźnik, Kozłowa Góra (Świerklaniec), Pławniowice i Przeczyce. Mimo że praca w szczególności dotyczy zbiornika Dzierżno Duże – w świetle niedostatecznej liczby rozpraw naukowych poświęconych sztucznyemu zbiornikowi wodnym występującym na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach – podjęto decyzję o realizacji programu badań obejmującego wyżej wymienione obiekty. Nadrzędnym zadaniem tych działań było uzyskanie materiału porównawczego ze względu na to, że sztuczne zbiorniki wodne charakteryzują się rozpoznaniem niewspółmiernie mniejszym w stosunku do jezior (zbiorników naturalnych).

Systematyczne badania hydrometryczne oraz monitorowanie właściwości fizykochemicznych wód zbiorników i ich zlewni oraz wód powierzchniowych i podziemnych najbliższego otoczenia były prowadzone co najmniej raz w miesiącu. W latach 1994–1995 monitoring obejmował badania termiki i zawartości tlenu w wodzie łącznie w 37 profilach pionowych (w odstępach co 1 m) i w 26 punktach brzegowych (dopływy i odpływy). Próby pobrane w powyższych profilach pionowych i punktach zostały poddane analizie fizykochemicznej, zgodnie z podaną dalej metodyką. W latach hydrologicznych 1996–1997 analogiczny zakres oznaczeń i pomiarów był kontynuowany w odniesieniu do wszystkich punktów brzegowych i wytypowanych punktów na powierzchni zbiorników. Zawiesinę, odczyn, konduktometrię i makrojonowy skład wody określano również w próbkach wody opadowej – od 1993 roku do 1994 roku sporadycznie, natomiast w okresie 1995–1996 systematycznie.

W latach hydrologicznych 1993–1997 realizowano zadania z zakresu limnologii, które w szczególności dotyczyły oceny właściwości fizykochemicznych wód ok. 500 zróżnicowanych genetycznie i funkcjonalnie zbiorników antropogenicznych na obszarze Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży. Z tego pod kątem zmienności właściwości fizykochemicznych ok. 35 zbiorników monitorowano w odstępach kwartalnych, 20 kolejnych w reżimie comiesięcznym, a w przypadku pozostałych obiektów były to kilkakrotnie powtórzone badania.

Podczas badań antropogenicznych zbiorników wodnych przeprowadzono również ciągłe obserwacje krótkookresowe (trzydobowe) w wybranych warunkach ekstremalnych (np. podczas silnego nagrzewania wód limnicznych i w czasie intensywnego mieszania wiatrowego). Przeprowadzono je pięciokrotnie: dwukrotnie na zbiorniku Pogoria III, jednokrotnie na zbiorniku Pławniowice oraz dwukrotnie na zbiorniku Dzierżno Duże. Badania koncentrowały się na rozpoznaniu

czasowej i przestrzennej zmienności następujących parametrów: temperatury, natlenienia, odczynu, przewodności, przenikania światła. Ponadto w nielicznych wypadkach pobierano próbki do analiz fizykochemicznych wody.

Prace badawcze realizowane w latach 1993–1997 objęły również: rumowisko ujściowych odcinków dopływów, materiał budujący strefy litoralne oraz wypełniający dno mis zbiornikowych. Bogaty materiał badawczy został uzyskany w wyniku sporadycznie przeprowadzonych – zgodnie ze wskazówkami pracy W. Matuszkiewicza (1981) – rozpoznaw florystycznych, obejmujących masę wodną i strefy litoralne oraz otoczenie zbiorników.

W pracy oprócz wyników własnych badań terenowych i laboratoryjnych wykorzystano wiele niepublikowanych danych pochodzących z różnych instytucji: Okręgowej Dyrekcji Gospodarki Wodnej w Gliwicach, Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Katowicach, Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów w Katowicach, Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Katowicach i Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach, a także materiały zawarte w dostępnej literaturze.

1.2.2. Metody pracy

Próby do analiz fizykochemicznych pobierano do zaopatrzonych podwójnym korkiem pojemników z wysokociśnieniowego polietylenu, zalecanych przez wielu badaczy do tego typu zadań (Krawczyk, 1992; Leśnik, 1996). Napełniano je po kilkakrotnym przepłukaniu wodą destylowaną lub redestylowaną (jeśli wymagała tego specyfika oznaczeń), a następnie wodą pobieraną do analizy bezpośrednio przez zanurzenie, bądź – w przypadku prób z głębokości w miejscach oznaczonych bojami – za pomocą pompki perystaltycznej. Po przetransportowaniu próbek do laboratorium przechowywano je w temperaturze ok. + 4°C do czasu wykonania analiz.

Oznaczenia twardości ogólnej (TH) oraz stężeń: wodorowęglanów (HCO_3^-), węglanów (CO_3^{2-}), wapnia (Ca^{2+}), magnezu (Mg^{2+}), chlorków (Cl^-), sodu (Na^+), potasu (K^+) i azotanów (NO_3^-), wykonano zgodnie z metodyką opracowaną przez M. Markowicz i M. Pulinę (1979), a uzupełnioną w następnych latach przez W. E. Krawczyk (1992). Jony siarczanowe (SO_4^{2-}) określono metodą turbidymetryczną (Krawczyk, Opółka-Gądek, 1993), a zawartość fosforanów metodą spektrofotometryczną (Sobczyński, 1992). Stężenia lub zawartości danej substancji, wykraczające poza zakres możliwości analitycznych, wykorzystywanej w programie badań metody zasadniczej były określane za pomocą fotometru LF 204 (Przedsiębiorstwo Zagraniczne..., 1992) używanego do pomiarów właściwości fizykochemicznych wód użytkowych i ścieków za zgodą Głównego Inspektora Ochrony Środowiska (Zarządzenie..., 1992). Podobną procedurę przyjęto w odniesieniu do zdarzających się wątpliwych wyników analiz. Ilość zawiesiny oznaczano metodą wagową po przesączeniu próby o objętości 1 l i po

Pomiary temperatury wody w oznaczonych bojami pionach jeziornych i punktach obrzeża wykonano termometrem tyrystorowym o dokładności do $0,05^{\circ}\text{C}$, natomiast w zlewni zbiorników stosowano termometry (dokładność $0,05^{\circ}\text{C}$) stanowiące integralną część używanych w prowadzonych badaniach pH-metrów CP-315 (dokładność 0,01 skali pH) i konduktometrów CC-315 (dokładność 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$) firmy „Elmetron” lub termometru TC-204 (dokładność $0,05^{\circ}\text{C}$) firmy „Slandi”. Z kolei zawartość tlenu w wodach potamicznych i limnicznych oraz stopień ich nasycenia tlenem mierzono tlenomierzem CO-315 firmy „Elmetron” odpowiednio z dokładnością 0,01 $\text{mg O}_2/\text{dm}^3$ i 0,05% O_2 .

W czasie prowadzonych ciągłych obserwacji zmian parametrów fizykochemicznych wody wykorzystano przystosowany do manualnej i automatycznej rejestracji wyników badań przyrząd Data Loger DL 204 współpracujący z termometrem TC 204, luksomierzem LX 204, pH-metrem PH 204, konduktometrem C 204, fotometrem LF 204, a ponadto umożliwiający przeglądanie i transmisję danych (Przedsiębiorstwo Zagraniczne..., 1992).

W pomiarach prędkości i natężenia przepływu najczęściej stosowano metody proponowane przez E. Bajkiewicza-Grabowską, A. Magnuszewskiego i Z. Mikulskiego (1993): objętościową, przelewową, młynka hydrometrycznego (obliczenia zgodne z algorytmem metody rachunkowej), rzadziej pływakową.

Wody opadowe do analiz fizykochemicznych były zbierane w comiesięcznych odstępach do polietylenowych butelek za pomocą polistyrenowego leja wyłożonego polietylenową folią. Wstępne badania i obliczenia wykazały, iż ładunek dostarczany do badanych zbiorników wodnych w świetle ich nieporównywalnie wyższej alimentacji zanieczyszczonymi wodami potamicznymi ma znaczenie marginalne, toteż zdecydowano się – mimo że jest to problem kontrowersyjny, aczkolwiek związany z rodzajem prowadzonych badań (Jankowska, 1984; Krawczyk, Opółka-Gądek, 1993; Leśniok, 1996) – na miesięczny czas eksponowania urządzeń gromadzących opad, a nie na zbieranie próbek każdego opadu z osobna, chociaż i takie były sporadycznie pobierane.

Pomiary batymetryczne zbiornika wykonano echosondą Ultra III 3D z zamontowanym na pawęży łodzi przetwornikiem prędkości HS-3D4, rejestrując tor przemieszczającej się łodzi teodolitem lub tachymetrem „Dahlta 020”, wykorzystywanymi ponadto do zdjęć geodezyjnych form brzegowych i lokalizacji miejsc poboru próbek osadów. Analizy osadów przeprowadzone zgodnie z metodyką proponowaną przez wielu badaczy (np. Dobrzański, Uziak, 1972; Racynowski, Szczypek, 1985; Mycielska-Dowgiałło, Rutkowski, 1995) stanowiły podstawę rozważań litodynamicznych.

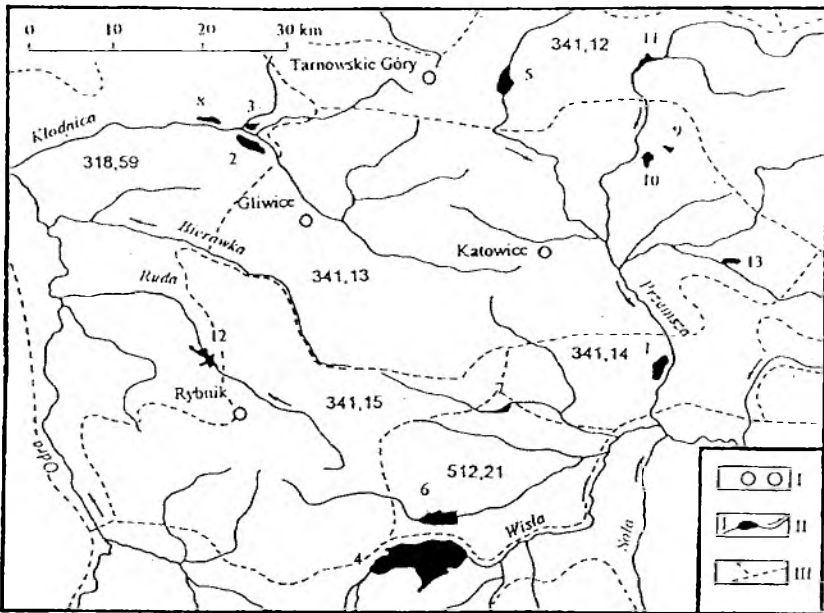
Podczas dokonywania analizy danych liczbowych, uzyskanych w drodze własnych badań terenowych i laboratoryjnych, z dostępnej literatury oraz archiwaliów wyżej wspomnianych różnych instytucji, posłużono się następującymi programami komputerowymi: Framework II i III, Excel 5.0, Surfer 6.0, a także Word 6.0. Wyniki operacji zawarto w kolejnych rozdziałach w postaci zestawień tabelarycznych, wykresów, bądź komentarzy.

W opracowaniu zebranych materiałów ważnym etapem była obróbka statystyczna danych liczbowych, w trakcie której wykorzystano zagadnienia analizy korelacji i regresji (Gregory, 1976; Runge, 1992) oraz stosunkowo proste obliczenia i wskaźniki, takie jak: współczynnik determinacji, współczynnik korelacji, medianę, średnią ruchomą, odchylenie standardowe, nachylenie (Boczaw, 1976; Gregory, 1976; Runge, 1992; Microsoft Excel 5.0 – tematy pomocy). W związku z wnikliwym procesem oceny otrzymanych w pracy danych liczbowych pod względem jednorodności genetycznej i statystycznej – zalecanym m.in. przez A. Czamarę i W. Czamarę (1993) oraz M. Ozgę-Zielińską i J. Brzezińskiego (1994) – zrezygnowano z obliczeń średniej wewnętrznej uzyskiwanej na podstawie działań wykluczających pewien procent punktów danych z górnego i dolnego śladu liczb, tzn. wykluczających z analizy wartości skrajne.

Charakterystyka obszaru badań

2.1. Lokalizacja obszaru badań

Zgodnie z podziałem Polski na jednostki fizycznogeograficzne, dokonany przez J. Kondrackiego (1994), zbiornik Dzierżno Duże znajduje się (rys. 1) we wschodniej części Kotliny Raciborskiej (318.59), która jest mezoregionem



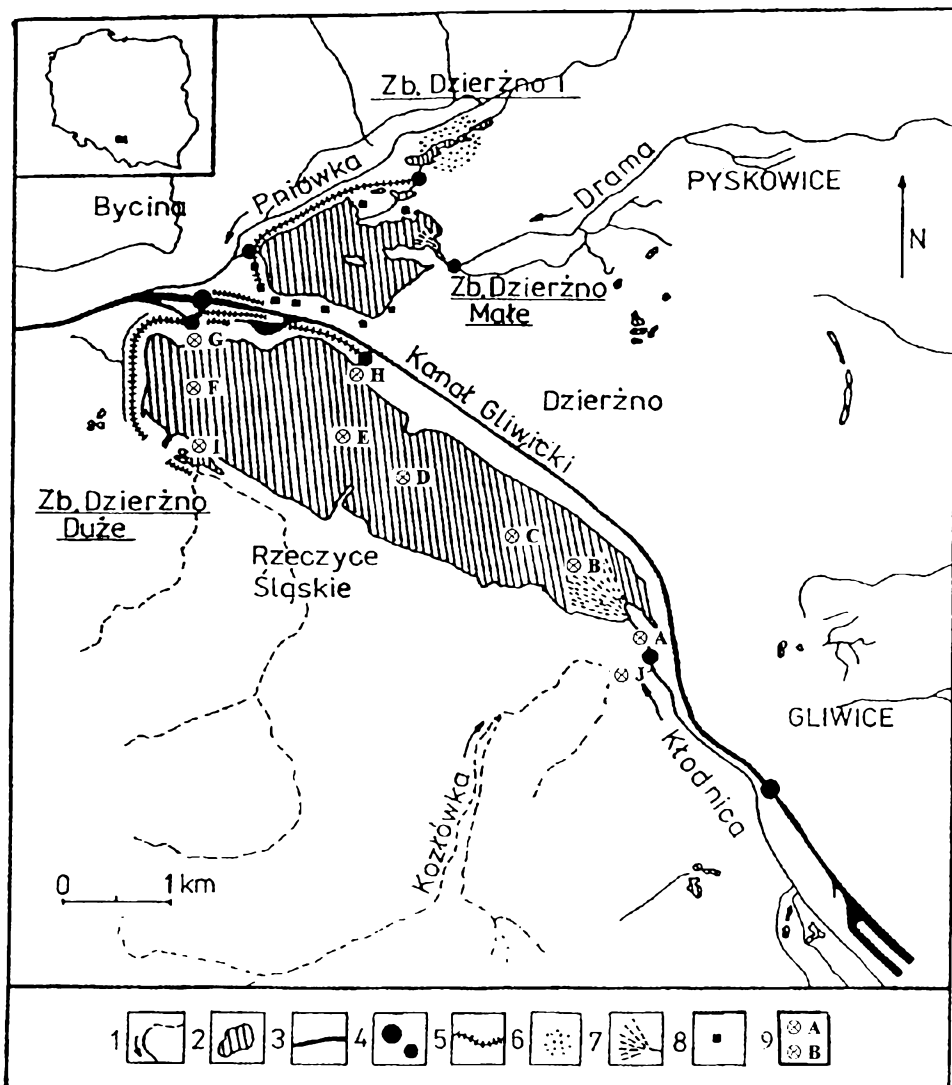
Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań

I - miasta; II - ciek i zbiorniki wodne: 1 - Dzieńkowice, 2 - Dzierżno Duże, 3 - Dzierżno Małe, 4 - Goczałkowice, 5 - Kozłowa Góra, 6 - Łąka, 7 - Paprocany, 8 - Pławniowice, 9 - Pogoria I, 10 - Pogoria III, 11 - Przeczyce, 12 - Rybnicki, 13 - Sosina; III - granice mezoregionów fizycznogeograficznych: 341.12 - Garb Tarnogórski; 341.13 - Wyżyna Katowicka; 341.14 - Pagóry Jaworznicke, 341.15 - Płaskowyż Rybnicki; 318.59 - Kotlina Raciborska; 512.21 - Równina Pszczyńska

Fig. 1. Localisation of the research area

I - cities, II - streams and water reservoirs: 1 - Dzieńkowice, 2 - Dzierżno Duże, 3 - Dzierżno Małe, 4 - Goczałkowice, 5 - Kozłowa Góra, 6 - Łąka, 7 - Paprocany, 8 - Pławniowice, 9 - Pogoria I, 10 - Pogoria III, 11 - Przeczyce, 12 - Rybnicki, 13 - Sosina, III - boundaries of physiogeographic mesoregions: 341.12 - Tarnowskie Góry Mound; 341.13 - Katowice Upland; 341.14 - Jaworzno Hillocks, 341.15 - Rybnik Plateau, 318.59 - Racibórz Valley; 512.21 - Pszczyzna Plain

Niziny Śląskiej (318.5), wchodzącej z kolei w skład Nizin Środkowopolskich (318). W bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika (tj. po jego wschodniej stronie) przebiega granica między Kotliną Raciborską (318.59) a Wyżyną Katowicką (314.13), zaliczaną wraz z Płaskowyżem Rybnickim (341.15), Pagórami Jaworz-



Rys. 2. Lokalizacja zbiornika Dzierżno Duże

1 – ciekі stałe i okresowe; 2 – zbiorniki wodne; 3 – kanały; 4 – śluzy, jazy, kaskady i inne urządzenia hydrotechniczne; 5 – obwałowania; 6 – strefa ujęcia wody; 7 – delty; 8 – ośrodki wypoczynkowo-rekreacyjne; 9 – punkty (A, G, H, I, J) i pionowe profile pomiarowe (B, C, D, E, F) – miejsca poboru próbek wody do analiz fizykochemicznych

Fig. 2. Location of Dzierżno Duże water reservoir

1 – perennial and intermittent streams; 2 – water reservoirs; 3 – canals; 4 – sluices, weirs, dams, stepped falls and other hydrotechnical equipment; 5 – embankments; 6 – zone of water intake; 7 – deltas; 8 – rest-recreation centres; 9 – measuring points (A, G, H, I, J) and vertical profiles (B, C, D, E, F) – places of water sampling for physico-chemical analyses

nickimi (341.14), Garbem Tarnogórskim (341.12) i Chełmem (341.11) do Wyżyny Śląskiej (341.1).

Pod względem administracyjnym obszar badań znajduje się w zachodniej części województwa śląskiego (tj. około 7 km na zachód od centrum Gliwic, ok. 4 km na południowy wschód od centrum Pyskowic i ok. 1 km na północ od Przeczyc – rys. 2) i wchodzi w skład następujących jednostek administracyjnych: miasta Gliwic, miasta Pyskowic, gminy Rudziniec oraz gminy Zbrośławice.

Zlewnia zbiornika Dzierżno Duże – o powierzchni wynoszącej blisko 530 km² – prawie w całości znajduje się na obszarze Wyżyny Katowickiej (314.13), do niedawna w literaturze fizycznogeograficznej nazywanej Górnśląskim Okręgiem Przemysłowym z racji wysokiego stopnia urbanizacji i industrializacji mezoregionu (Kondracki, 1978).

2.2. Charakterystyka środowiska fizycznogeograficznego zlewni i otoczenia zbiornika

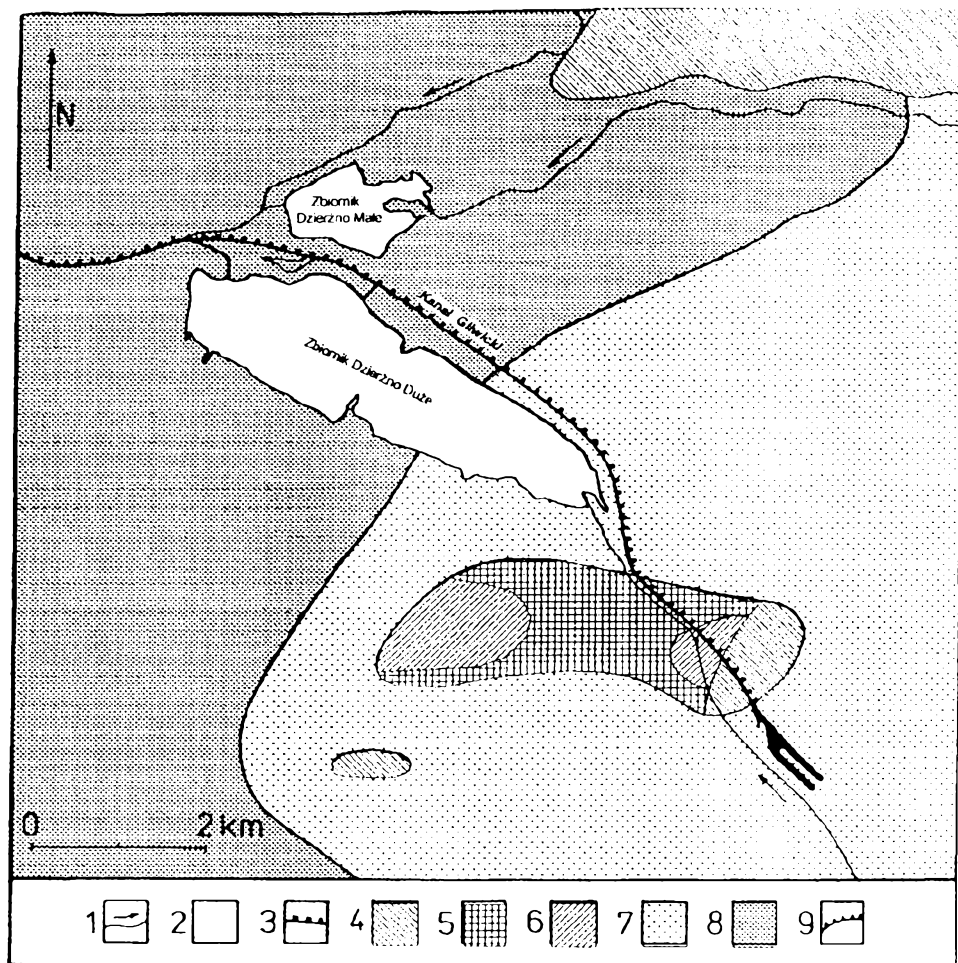
Bilans wodny oraz dynamika wybranych zanieczyszczeń zlokalizowanego w środkowej części zlewni Kłodnicy zbiornika Dzierżno Duże są uwarunkowane przebiegiem rozmaitych zjawisk i procesów zachodzących zarówno w środowisku fizycznogeograficznym zlewni zbiornika, jak i jego otoczenia. Dlatego też – mimo że zasadniczym przedmiotem pracy są problemy związane ze zbiornikiem i jego najbliższym otoczeniem – w niniejszym rozdziale podjęto próbę kompleksowej charakterystyki środowiska fizycznogeograficznego zlewni zbiornika, ze szczególnym uwzględnieniem tych zjawisk i procesów, które są bezpośrednio związane z tematyką podjętą w pracy. Przy opisie każdego komponentu środowiska po dokonaniu charakterystyki zlewni zbiornika Dzierżno Duże poświęcono kilka słów jego najbliższemu otoczeniu.

2.2.1. Budowa geologiczna

Zlewnia zbiornika Dzierżno Duże oraz jego najbliższe otoczenie znajdują się w obrębie Zapadliska Śląsko-Krakowskiego i zajmują północno-zachodnią część waryscyjskiego zapadliska górnośląskiego. Jego północna część jest zaliczana do Monokliny Śląsko-Krakowskiej, natomiast część południowa wchodzi w skład Zapadliska Ostrawsko-Krakowskiego (Bukowy, 1974).

Fundamentem geologicznym omawianego obszaru są tworzące rozległą nieckę utwory dewońsko-karbońskie, leżące niezgodnie na osadach kambru i być może w niektórych miejscach także ordowiku i syluru. Devon reprezentują wapienie, natomiast karbon – wapienie, zlepieńce, piaskowce i mułowce oraz łupki (Sokołowski, 1990). W północnej i zachodniej części zlewni zbiornika Dzierżno

Duże – na częściowo sfałdowanych i porozcinanych licznymi uskokami utworach karbońskich – zalegają formacje triasowe wykształcone w postaci osadów iłowcowo-piaskowcowych, margli, dolomitów i wapieni jamistych. Utwory jury mają w budowie geologicznej badanej zlewni mały udział. Z kolei utwory triasowe znajdują się pod przykryciem trzeciorzędowych (głównie miocenijskich) osadów o różnej miąższości i wykształceniu (rys. 3). Są to przede wszystkim ropy



Rys. 3. Położenie zbiornika Dzierżno Duże na tle budowy geologicznej starszego podłoża (wg: *Mapa geologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*, 1954)

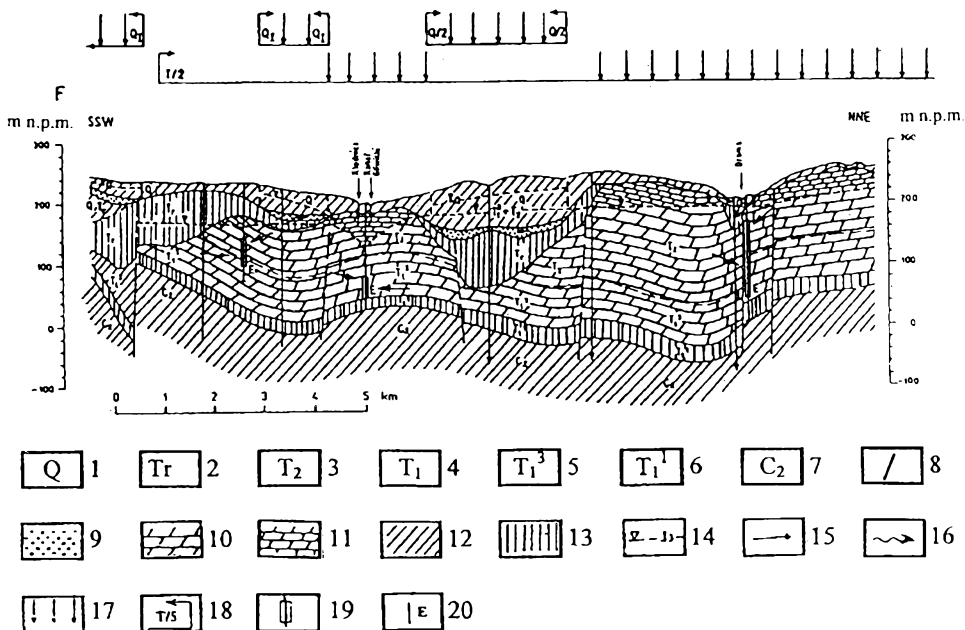
1 - ciekły; 2 - zbiorniki wodne; 3 - kanały; 4 - wapienie (trias - wapień muszlowy); 5 - dolomity diploporowe, miejscami wapienie (trias - wapień muszlowy); 6 - dolomity margliste (trias - wapień muszlowy); 7 - ropy, piaski, piaskowce, wapienie, gipsy i tufty (trzeciorząd - torton); 8 - ropy i piaski (trzeciorząd - torton); 9 - uskoki

Fig. 3. Location of Dzierżno Duże water reservoir against a background of the older basal complex geological composition (after *Mapa geologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*, 1954 - *Geological Map of Upper Silesian Coal Basin*, 1954)

1 - streams; 2 - water reservoirs; 3 - canals; 4 - limestones (Triassic - shelly limestone); 5 - diplopore dolomites, in some places limestones (Triassic - shelly limestone); 6 - marly dolomites (Triassic - shelly limestone); 7 - clays, sands, sandstones, gypsums and tuffites (Tertiary - Tortonian); 8 - clays and sands (Tertiary-Tortonian); 9 - faults

z przewarstwieniami piaskowców, piasków, rzadziej wapieni (*Mapa geologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*, 1954; Biernat, 1964).

Nadległe czwartorzędowe pokrywy osadowe występujące przede wszystkim w kopalnych dolinach rzecznych (Lewandowski, Kazik, 1982) pochodzą z okresu zlodowacenia południowopolskiego i północnopolskiego (Jahn, 1955), a głównie z okresu zlodowacenia środkowopolskiego, które pozostawiło najwyraźniejszy ślad w morfologii zlewni za sprawą zakumulowanego materiału flu-



Rys. 4. Główny Zbiornik Wód Podziemnych Gliwice (część południowa) – przekrój hydrogeologiczny (wg: Róźkowski, Chmura, Siemiński, 1997; uproszczone)

Granice i symbole stratygraficzne: 1 – czwartorzęd, 2 – trzeciorzęd, 3 – trias środkowy, 4 – trias dolny, 5 – trias dolny (ret), 6 – trias dolny (warstwy świerklanieckie), 7 – karbon góry; 8 – uskoki. Utwory wodonośne – piaski i żwiry czwartorzędowe: 9 – strefa saturacji. Utwory wodonośne – seria węglanowa triasu: 10 – strefa saturacji, 11 – strefa aktywnego drenażu górotworu wyrobiskami kopalni rud cynku i ołowiu lub skupionego drenażu studniami, 12 – utwory słabowodonośne (stratygrafia utworów jak wyżej); 13 – utwory praktycznie nieprzepuszczalne (stratygrafia utworów jak wyżej); 14 – zwierciadło wód podziemnych w utworach wodonośnych (stratygrafia utworów jak wyżej); 15 – lokalne przepływy wód podziemnych; 16 – infiltracja wód z cieków powierzchniowych; 17 – strefa bezpośredniego i pośredniego zasilania użytkowych poziomów wodonośnych; 18 – zasięgi GZWP i UPWP: Q₁ – rejonu Górnej Odry, Q/2 – rzeki Klodnicy (Pyskowice), T/2 – Gliwice; 19 – studnia – część czynna filtra; 20 – drenaż wód podziemnych przez eksploatację studni

Fig. 4. Main Reservoir of Underground Waters (southern part) – hydrogeological section (after Róźkowski, Chmura, Siemiński, 1997; simplified)

Boundaries and stratigraphic symbols: 1 – Quaternary, 2 – Tertiary, 3 – Middle Triassic, 4 – Lower Triassic, 5 – Lower Triassic (Roethian); 6 – Lower Triassic (Świerklaniec layers); 7 – Upper Carboniferous; 8 – faults. Water-bearing deposits – Quaternary sands and gravels: 9 – zone of saturation. Water-bearing deposits – carbonate series of Triassic, 10 – zone of saturation, 11 – zone of formation active drainage by excavations of zinc and lead ores mines or focused drainage by wells, 12 – weakly water-bearing deposits (stratigraphy of deposits as above), 13 – practically impermeable deposits (stratigraphy of deposits as above), 14 – underground water table in water-bearing deposits (stratigraphy of deposits as above), 15 – local underground waters discharges; 16 – infiltration of waters from surface streams; 17 – zone of direct and indirect alimentation of usable water-bearing horizons; 18 – ranges of GZWP and UPWP: Q₁ – region of the Upper Oder, Q/2 – the Klodnica (Pyskowice), T/2 – Gliwice; 19 – well – active part of filter; 20 – drainage of underground waters by exploitation of wells

wioglacjalnego i zwałowego, przeobrażonego sedymentologicznie w trakcie przemieszczania w interglacjale eemskim, neoplejstocenie i okresie późniejszym (Lewandowski, 1982). W dolinie Kłodnicy i jej dopływów występują też osady holocenijskie reprezentowane przez osady deluwialne, fluwialne, jeziorne oraz torfy (*Szczegółowa mapa geologiczna Polski...*, 1955). Największą miąższość utworów czwartorzędowych stwierdzono w południowej i zachodniej części zlewni Kłodnicy, najmniejszą zaś w części północnej i północno-wschodniej.

W bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika Dzierżno Duże – pod nieciągłą i niewielką miąższością pokrywają osadów holocenijskich – zalegają fluwioglacjalne piaski różnoziarniste (od grubych do drobnych) z domieszką żwirów i ilów (Jahn, 1955; Rataj, 1993), wypełniające kopalną dolinę Kłodnicy (Biernat, 1964; Lewandowski, Kazruk, 1982). Ich miąższość wynosi od kilku metrów do ponad 30 m w osi doliny Kłodnicy i zmniejsza się ku jej zboczom (Jahn, 1955). Poniżej znajdują się utwory trzeciorzędowe (*Mapa geologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*, 1954), izolujące 60–120-metrowej miąższości serię węglanową triasu środkowego i dolnego (Kropka, Rózkowski, Witkowski, 1991). Brak osadów trzeciorzędowych został stwierdzony w okolicach Gliwic-Łąbęd i Kleszczowa (*Szczegółowa mapa geologiczna Polski...*, 1955). Jest to okno hydrogeologiczne o powierzchni blisko 8 km², gdzie w stropie utworów triasowych znajdują się bezpośrednio osady czwartorzędowe (rys. 4). W podłożu osadów triasowych zalegają sfałdowane utwory karbonu produktywnego (Kuzak, 1994).

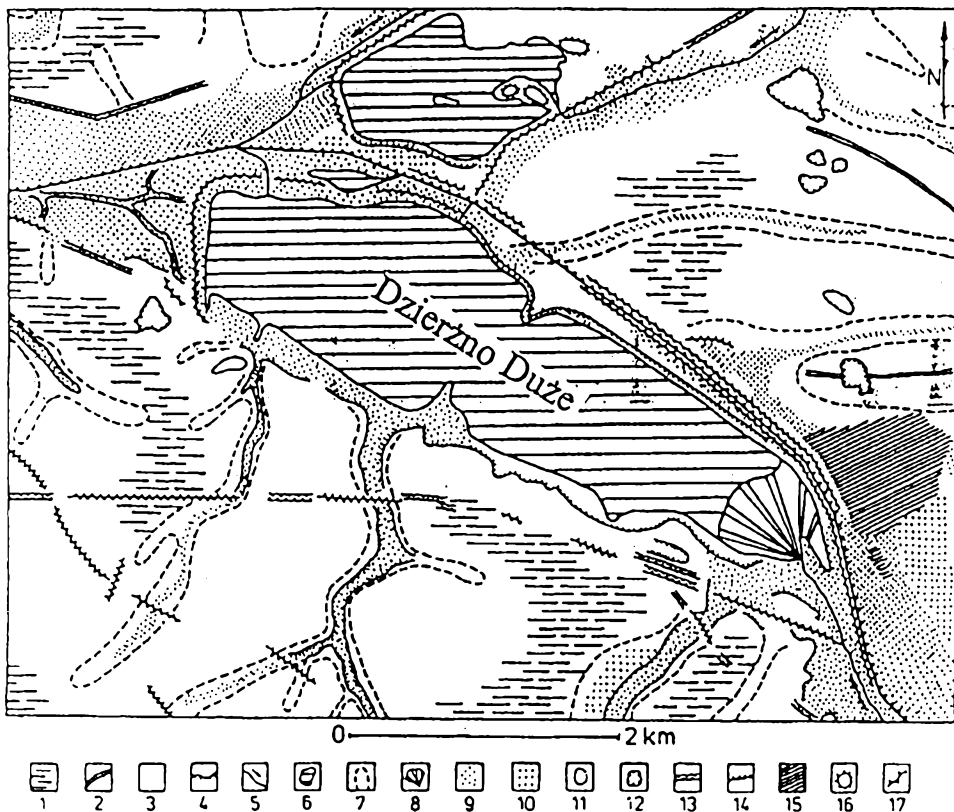
2.2.2. Ukształtowanie terenu

Na obszarze górnej i środkowej części zlewni Kłodnicy wyróżnia się następujące jednostki geomorfologiczne: Płaskowyż Bytomsko-Katowicki zaliczany do części Wyżyny Śląskiej o wyraźnie zrębowym charakterze rzeźby, oraz Działy Gliwickie wchodzące w skład Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej. Niewielki fragment północnej części omawianego obszaru jest położony w granicach tej części Wyżyny Śląskiej, która charakteryzuje się krawędziowym charakterem rzeźby (Karaś-Brzozowska, Klimaszewski, 1960).

Ukształtowanie powierzchni Płaskowyżu Bytomsko-Katowickiego nie jest jednolite. W północnej części jest to falisty obszar z płaskimi i szerokimi garbami oraz kopulastymi wzniesieniami o spłaszczonych wierzchołkach z kulminacjami na wysokości 320 m n.p.m., pooddzielanymi głębokimi dolinami o przebiegu równoleżnikowym. Z kolei w części południowej Płaskowyżu Bytomsko-Katowickiego oraz w części północno-wschodniej Działów Gliwickich rzeźba nawiązuje do równoleżnikowo przebiegającego – od Płaskowyżu Murcek aż po Kotlinę Raciborską – rowu tektonicznego. Dolina Kłodnicy w obrębie rowu ma symetryczną sieć dolin bocznych, a jej zbocza, ograniczone pagórami

i płaskowyżami poobcinanymi uskokami, rozczłonkowane są głębokimi podczwartorzędowymi obniżeniami (*Atlas województwa katowickiego*, 1971; Lewandowski, Kaziuk, 1982).

Ukształtowanie powierzchni omawianego obszaru (rys. 5) implikuje zarówno budowa geologiczna, jak i gospodarcza działalność człowieka (Karaś-Brzozowska, Klimaszewski, 1960). Nowym elementem rzeźby są formy antropogeniczne, powstające w rezultacie prowadzonej na szeroką skalę odkrywkowej i podziemnej eksploatacji surowców mineralnych, rozbudowy osiedli,



Rys. 5. Mapa geomorfologiczna okolic zbiornika Dzierżno Duże (wg: *Mapa geomorfologiczna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*, 1959; zmienił i uzupełnił)

1 - równiny erozyjno-denudacyjne; 2 - garby; 3 - stoki utworzone w okresie czwartorzędowym; 4 - krawędzie i skarpy; 5 - ciekły; 6 - zbiorniki wodne; 7 - doliny i niecki; 8 - stożki napływowe; 9 - równiny teras akumulacyjnych niższych; 10 - równiny teras akumulacyjnych średnich; 11 - wały wydmore; 12 - kamieniołomy, gliniarki i piaskownie; 13 - wkopy; 14 - kanały; 15 - obszary zniwelowane; 16 - kopce; 17 - nasypy

Fig. 5. Geomorphological map of Dzierżno Duże water reservoir vicinity (after *Mapa geomorfologiczna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego - Geomorphological Map of Upper Silesian Industrial Region*, 1959; changed and completed)

1 - erosional-denudational plains; 2 - hummocks; 3 - slopes formed in the Quaternary period; 4 - edges and scarps; 5 - streams; 6 - water reservoirs; 7 - valleys and basins; 8 - alluvial fans; 9 - plains of lower accumulative terraces; 10 - plains of middle accumulative terraces; 11 - dunes; 12 - quarries, claypits, sandpits; 13 - cuts; 14 - canals; 15 - levelled areas; 16 - hills; 17 - embankments

zakładów przemysłowych, budowy linii komunikacyjnych itp. (Karaś-Brzozowska, Klimaszewski, 1960; Żmuda, 1973; Dwucet, Krajewski, Wach, 1992). Pewna grupa form stanowi wynik ukierunkowanych zabiegów, część natomiast jest niezamierzonym efektem tejsze działalności (Szczypek, Wach, 1996). Do pierwszej grupy można zaliczyć wyrobiska popiaskowe (Dzierżno Duże, Dzierżno Małe, Pławniowice), hałdy i zwałowiska (zwałowiska Huty Łabędy), nasypy, rowy. Do drugiej grupy zaś należy zaklasyfikować niecki z osiadania.

Otoczenie zbiornika Dzierżno Duże – zgodnie z podziałem dokonany przez C. Karaś-Brzozowską i M. Klimaszewskiego (1960) – pod względem geomorfologicznym należy zaliczyć do Doliny Kłodnicy jako jednostki strefy zachodniej Działów Gliwickich wchodzących w skład Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej. W obrębie omawianej jednostki dolina Kłodnicy osiąga szerokość od ok. 400 m na wysokości Gliwic-Łabęd do ponad 1,5 km w okolicach Dzierżna i Rzecyz. Dolina Kłodnicy – mająca powyżej zbiornika Dzierżno Duże przebieg SE-NW, natomiast poniżej przebieg E-W – jest rozczłonkowana szeregiem nieckowatych dolin bocznych (rys. 5) odwadniających stoki przylegającego od północy Działu Pyskowickiego i od południa Działu Żernickiego – jednostek geomorfologicznych Działów Gliwickich. Rzeźba Doliny Kłodnicy w dużej mierze została przeobrażona w wyniku działalności ludzkiej, o czym świadczy występowanie wielu antropogenicznych form terenu (Żmuda, 1973; Dwucet, Krajewski, Wach, 1992).

Na sztucznie ukształtowanych wybrzeżach zbiornika, nawiązujących do przebiegu krawędzi poeksploatacyjnych zachodzą z różną intensywnością procesy brzegowe, co unaocniają różnorodne formy brzegowe, m.in. mierzeje, cyple piaszczyste, wały brzegowe, terasy, klify, osuchy, szpyrki (Rzętała M. A., 1998). We wschodnim sektorze zbiornika (dopływ Kłodnicy) została utworzona znacznych rozmiarów delta, zbudowana głównie z miału węglowego, a na dnie zbiornika akumulująca drobnofrakcyjne osady, których miąższość ocenia się na kilka centymetrów na obrzeżach misy do kilku metrów w jej przegłębieniach. Ze względu na intensywnie zachodzące zmiany morfometryczne oraz młodociane stadium wielu form brzegowych zbiornik należy uznać za obiekt morfologicznie stosunkowo młody, w dalszym ciągu wyraźnie asymilujący się z otaczającym środowiskiem geograficznym (Rzętała M. A., 1998).

2.2.3. Charakterystyka klimatologiczna

W dokonanych przez różnych autorów podziałach klimatycznych Wyżyna Śląska zazwyczaj jest traktowana jako odrębny region (Woś, 1995). Ze względu na charakter opracowania, obejmującego tylko zachodnią część Wyżyny Katowickiej, będącej mezoregionem Wyżyny Śląskiej, bardziej przydatny 24 w analizie jest podział klimatologiczny zaproponowany przez A. Boryczkę

i in. (*Charakterystyka klimatologiczna...*, 1992). Nawiązuje on do opracowania J. Kondrackiego (1978) dotyczącego regionalizacji fizycznogeograficznej Polski. Obszar badań znajduje się w obrębie tzw. Wyżyny Śląskiej, bez Płaskowyzu Rybnickiego i Górnos Śląskiego Okręgu Przemysłowego, od południa granicząc z Kotlinami Podkarpackimi, a od zachodu z częścią Niziny Śląskiej i Płaskowyzem Rybnickim.

Oprócz ogólnej charakterystyki składników klimatu (temperatura powietrza, opady, wiatry, zachmurzenie, wilgotność powietrza, usłonecznienie) podjęto próbę określenia wpływu antropopresji na ich stan.

Stosunki termiczne obszaru badań (podobnie jak całej Wyżyny Śląskiej) są uwarunkowane przede wszystkim dopływem określonych mas powietrza i morfologią terenu (Ostrowska, Ośródk, 1987). Średnia roczna temperatura powietrza z wielolecia 1961–1990 w zlewni zbiornika Dzierżno Duże wahała się w granicach od 7,7°C do 7,9°C, natomiast średnie temperatury powietrza w styczniu i w lipcu wynosiły odpowiednio: ok. –3,0°C i ok. 17,2°C (*Charakterystyka klimatologiczna...*, 1992). Istotny wpływ na kształtowanie temperatury powietrza ma specyfika zabudowy i industrializacji regionu (Ośródk, Wojtylak, 1987; Ośródk, Świąch-Skiba, 1989), powodując powstanie wyspy ciepła (Dwucet, Krajewski, Wach, 1992).

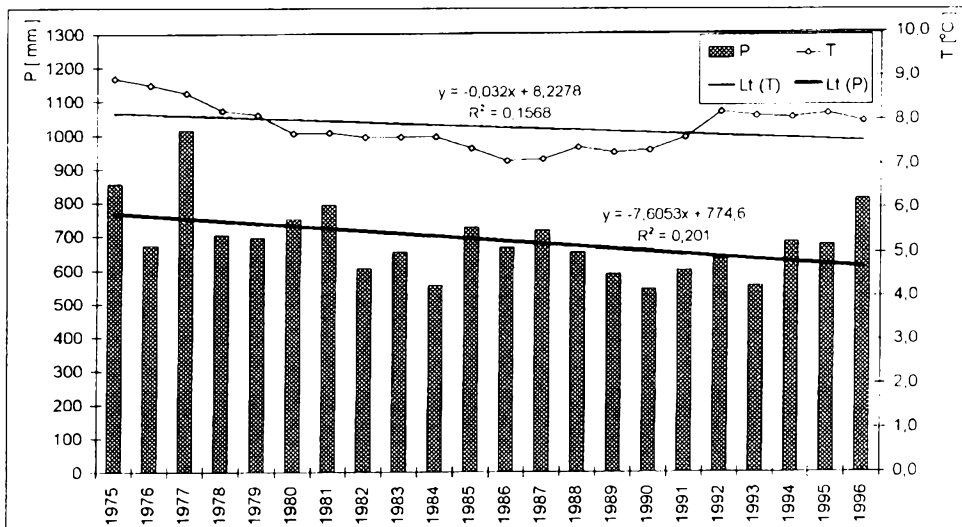
Zróznicowanie opadów na terenie omawianej zlewni, których średnia roczna z wielolecia 1961–1990 wynosi od 690 mm do 721 mm (*Charakterystyka klimatologiczna...*, 1992), wynika z wysokości bezwzględnej oraz ekspozycji terenu, a także jest wypadkową emisji do atmosfery znacznych ilości energii cieplnej, pary wodnej i innych produktów procesów przemysłowych (gazy, aerozole, pyły), stanowiących aktywne jądra kondensacji (Ostrowska, Ośródk, 1987). Badania przeprowadzone przez S. Czaję i J. Radosz (1993) wykazały, że w górnej (zurbanizowanej) części zlewni Kłodnicy opady śladowe występowały zdecydowanie częściej niż w mających charakter rolniczy dolnych partiach zlewni, położonych na zachodnich obrzeżach konurbacji górnośląskiej cechującej się zdecydowanie mniejszym zanieczyszczeniem powietrza (Zemła, Wrona, 1972; Jankowska, 1982, 1984; Jankowski, 1982; Wrona, 1972; Gregorczyk, Iwaszenko, 1982; Strzyszczyk, Bzowski, 1992; Hibszer, 1993; Leśniok, 1996).

W związku z ogólną cyrkulacją atmosferyczną przeważają wiatry z sektorów zachodnich (SW, W, NW). Ich udział w wieloleciu 1961–1990 wynosił ok. 60%. Są to jednocześnie wiatry o największej prędkości (średnia z wielolecia: 3,1–3,4 m/s) (*Charakterystyka klimatologiczna...*, 1992).

Średnie roczne wartości wilgotności względnej powietrza we wspomnianym regionie klimatycznym nie różnią się zasadniczo od parametrów charakterystycznych dla całej Wyżyny Śląskiej i wynoszą średnio ok. 76%. Brak istotnego zróżnicowania cechuje również zachmurzenie, które w ośmiostopniowej skali wynosi średnio 5,4 (*Charakterystyka klimatologiczna...*, 1992). Średnie roczne sumy usłonecznienia zawierają się w przedziale od 1270 godz. do 1370 godz. 25

i są niższe od średnich wartości dla całej Polski (Ostrowska, Ośródk, 1987), co powoduje obecność w powietrzu warstwy zmgłotnienia i zanieczyszczeń (Sztylet, 1987).

W otoczeniu zbiornika Dzierżno Duże średnie roczne temperatury powietrza w okresie hydrologicznym 1975–1996 (rys. 6) wahały się w zakresie od 7,1°C (lata 1986 i 1987) do 9,0°C (1975 rok). Szerokim przedziałem wahań charakteryzowały się również opady atmosferyczne (rys. 6). Najczęstszymi



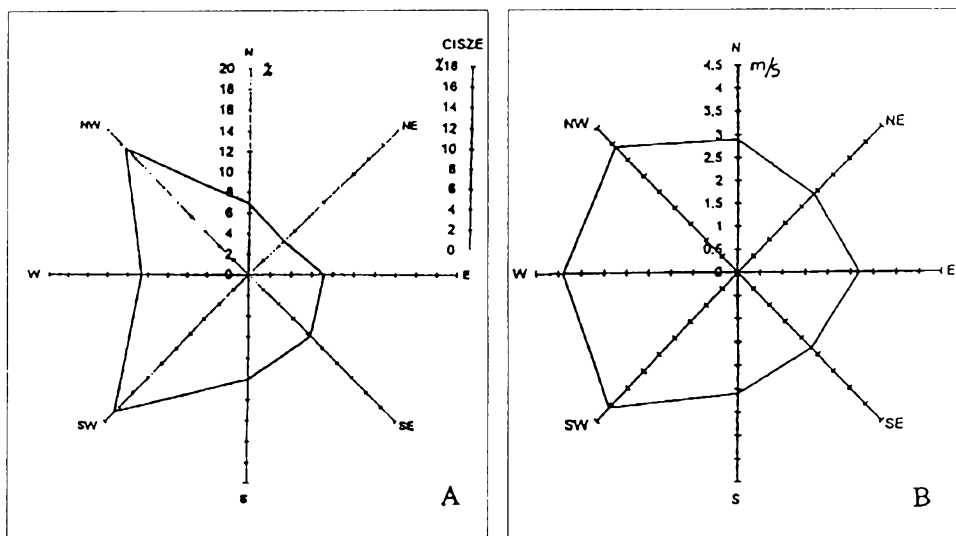
Rys. 6. Zmienność średnich rocznych wartości temperatury powietrza atmosferycznego w Czekanowie i rocznych sum opadów atmosferycznych w zlewni Kłodnicy po profil Taciszów (zlewnia zbiornika Dzierżno Duże) w latach hydrologicznych 1975–1996 (opracowanie na podstawie danych IMiGW w Katowicach)

T – średnie roczne wartości temperatury powietrza atmosferycznego w Czekanowie; P – obliczone metodą izohiet roczne sumy opadów atmosferycznych w zlewni Kłodnicy po profil Taciszów (zlewnia zbiornika Dzierżno Duże); Lt (T) – linia regresji prostoliniowej (trendu) dla średnich rocznych wartości temperatury powietrza atmosferycznego w Czekanowie; Lt (P) – linia regresji prostoliniowej (trendu) dla obliczonych metodą izohiet rocznych sum opadów atmosferycznych w zlewni Kłodnicy po profil Taciszów (zlewnia zbiornika Dzierżno Duże)

Fig. 6. Variability of mean annual values of atmospheric air temperature in Czekanów and annual sums of atmospheric precipitation in the Kłodnica catchment up to profile at Taciszów (catchment of Dzierżno Duże water reservoir) in hydrological years 1975–1996 (worked out on the base of data from IMiGW in Katowice)

T – mean annual values of atmospheric temperature in Czekanów; P – annual sums of atmospheric precipitation in the Kłodnica catchment up to profile at Taciszów (catchment of Dzierżno Duże water reservoir) calculated by means of isohyets; Lt (T) – line of rectilinear regression (trend) for the mean annual values of atmospheric air temperature at Czekanów; Lt (P) – line of rectilinear regression (trend) for annual sums of atmospheric precipitation in the Kłodnica catchment up to profile at Taciszów (catchment of Dzierżno Duże water reservoir) calculated by means of isohyets

wiatrami w wieloleciu 1973–1990 były wiatry z kierunków SW (18,6%), NW (17,4%), W (10,6%) i S (10,0%). Były to jednocześnie wiatry o największej sile. Najczęściej występowały wiatry o prędkości do 2 m/s (39,2%) oraz od 2,0 m/s do 5,0 m/s (31,4%), a cisze stanowiły 16,3% wszystkich obserwacji (rys. 7).



Rys. 7. Posterunek Czekanów. Rozkład kierunków (A) i średnie prędkości (B) wiatrów w latach 1973-1990 (opracowanie własne na podstawie danych IMiGW w Katowicach)

Fig. 7. Czekanów post. Distribution of wind directions (A) and mean velocities (B) in years 1973-1990 (worked out by the author on the base of data from IMiGW in Katowice)

Należy podkreślić, iż istotny wpływ na cechy klimatu lokalnego otoczenia węzła wodnego Dzierżno ma funkcjonujący w zlewni Kłodnicy od 1964 roku zbiornik Dzierżno Duże. Z niepublikowanych materiałów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Katowicach (*Ocena zmian klimatycznych...*, 1992) wynika, że charakter tego wpływu jest jednak niejednorodny i ograniczony terytorialnie, a przejawia się głównie:

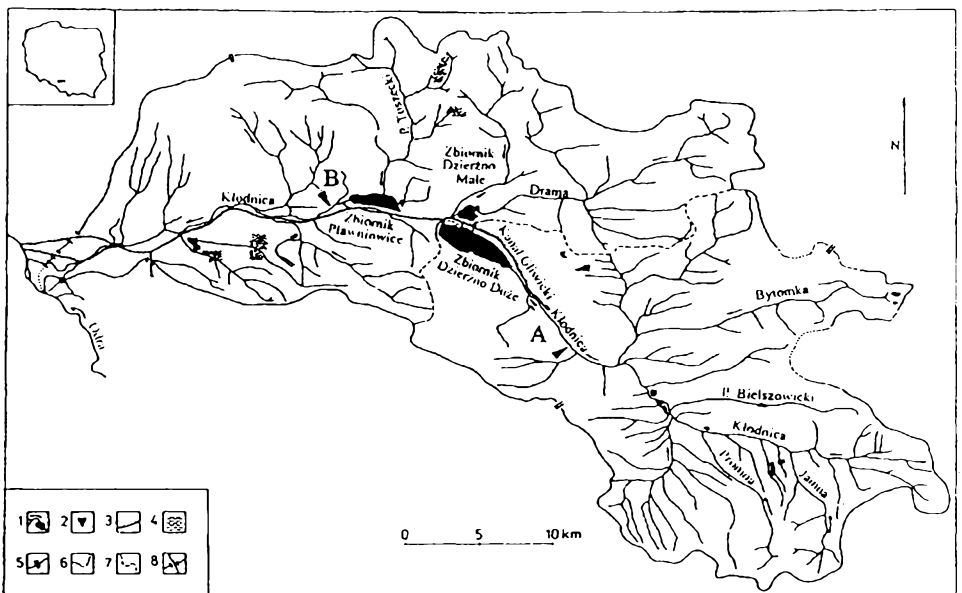
- wzrostem temperatur średnich o $0,1^{\circ}\text{C}$ i minimalnych o $0,4^{\circ}\text{C}$, powodującym wydłużenie okresów bezprzymrozkowych;
- nieznacznym zmniejszeniem maksimum termicznego o ok. $0,2^{\circ}\text{C}$ oraz zwiększeniem częstości wiatrów słabych o ok. 7%;
- oddziaływaniem na warunki konwekcji w okresie lata;
- zwiększeniem częstości występowania mgieł oraz opadów śladowych i małych.

Zasadniczo wpływ zbiornika na klimat lokalny ma zasięg do odległości ok. 2 km od linii brzegowej, wydłużając się do około 5 km w kierunku wschodnim.

2.2.4. Hydrografia

2.2.4.1. Wody powierzchniowe

Kłódnica wraz z systemem dopływów – z których ważniejsze to Potok Bielszowski, Czerniawka, Bytomka, Potok Pszowski, Drama, Potok Toszecki, Ślepiotka – odwadnia zachodnią część, wydzielonej przez J. Kondrackiego (1994), Wyżyny Katowickiej, utożsamianej z wysokim stopniem uprzemysłowienia i zaludnienia. Kłódnica jest prawobrzeżnym dopływem Odry o długości 75,3 km. Jej źródła znajdują się na Wyżynie Katowickiej w okolicy Brynowa na wysokości ok. 320 m n.p.m. W górnym i początkowo środkowym biegu płynie z południowego wschodu na północny zachód, a następnie zachowuje kierunek zachodni (rys. 8).



Rys. 8. Sieć hydrograficzna zlewni Kłodnicy

1 - ciek i zbiorniki wodne; 2 - wybrane profile wodowskazowe: A - Gliwice, B - Łany Małe; 3 - kanały; 4 - tereny podmokłe; 5 - dział wodny; 6 - dział wodny niepewny; 7 - zlewnia zbiornika Dzierżno Duże; 8 - brama w działce wodnym

Fig. 8. Hydrographic net of the Kłodnica catchment

1 - streams and water reservoirs; 2 - selected water-gauging profiles: A - Gliwice, B - Łany Małe; 3 - canals; 4 - water-logged terrains; 5 - watershed; 6 - uncertain watershed; 7 - catchment of Dzierżno Duże water reservoir; 8 - gap at watershed

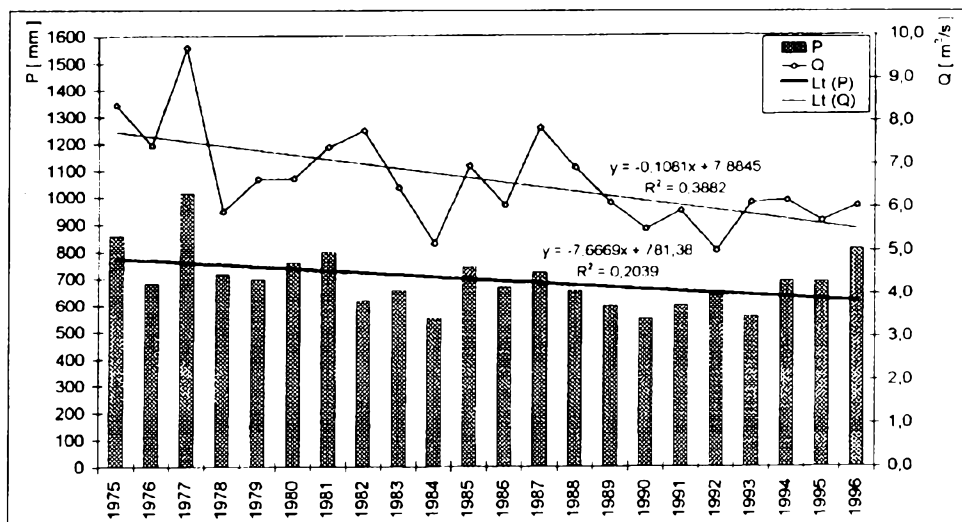
Zlewnia Kłodnicy jest znanym przykładem wpływu antropopresji na środowisko wodne. W jej granicach nastąpiło poważne zaburzenie stosunków wodnych, wyrażające się m.in. antropogenizacją odpływu, zmianą układu powierzchniowej sieci hydrograficznej oraz degradacją jakości wód powierzchniowych 28 wykluczającą możliwości samooczyszczania (Żmuda, 1973; Chmura, 1985).

W górnej i środkowej części zlewni Kłodnicy uutożsamianej z wysokim stopniem antropogenicznych przeobrażeń stosunków wodnych większość cieków została poddana pracom regulacyjnym prowadzonym zwłaszcza na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat (Born, 1948; Schmidt, 1990; Małusecki, 1996). W źródłowych odcinkach polegały one najczęściej na zabudowie źródeł i obwałowaniu oraz umocnieniu faszyną koryt rzecznych. Z kolei na obszarach zabudowanych oprócz obwałowań najczęściej spotyka się betonową zabudowę koryta. Zmiany układu powierzchniowej sieci hydrograficznej w omawianej zlewni nastąpiły również w wyniku budowy rowów odwadniających, kanałów oraz nowych odcinków koryt rzecznych związanych z przełożeniami cieków (Jankowski, Wach, 1988, 1988a; Schmidt, 1990; Małusecki, 1996).

Specyfika gospodarki wodnej prowadzonej na obszarze uprzemysłowionym i zurbanizowanym (regulacja cieków, przerzuty wód i wykorzystanie wód obcych pochodzących spoza terenu zlewni, zrzuty ścieków komunalnych i przemysłowych, wprowadzanie do rzek wód dołowych kopalń, budowa i powstawanie licznych zbiorników wodnych) oraz w mniejszym stopniu zmiany klimatyczne spowodowały przekształcenia w naturalnym reżimie odpływu cieków zlewni Kłodnicy (Żmuda, 1973; Jankowski, Wach, 1988, 1988a; Czaja, Jankowski, 1990, 1991; Absalon, Kańok, Leśniok, 1996; Absalon i in., 1996; Kańok, 1997). J. Szturc, A. Jurczyk i B. Stachowicz (1996) wyróżniają trzy okresy zasadniczych zmian wielkości średnich rocznych przepływów Kłodnicy w profilu wodowskazowym Gliwice. Pierwszy okres to lata do 1945 roku, z przepływami oscylującymi wokół wartości $3 \text{ m}^3/\text{s}$, okres drugi wyróżnia się znaczącym wzrostem przepływów średnich rocznych do ok. $7 \text{ m}^3/\text{s}$ i obejmuje lata 1950–1980, natomiast trzeci trwa od 1980 roku i wiąże się z nieznacznym spadkiem średnich rocznych przepływów, które obecnie wynoszą około $6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Średnie roczne przepływy Kłodnicy w profilu wodowskazowym Gliwice za okres hydrologiczny 1975–1996 charakteryzują się wahaniami w szerokim zakresie z maksimum w 1977 roku wynoszącym $9,7 \text{ m}^3/\text{s}$ i minimum $5,2 \text{ m}^3/\text{s}$, które wystąpiło w 1992 roku. Cechuje je tendencja spadkowa, wynikająca zapewne ze zmniejszającej się w ostatnim okresie ilości ścieków zrzucanych do wód powierzchniowych („Rocznik Statystyczny Województwa”..., 1993) oraz z malejącego trendu opadów atmosferycznych w zlewni (rys. 9).

Ponadto proces antropogenizacji stosunków wodnych w zlewni Kłodnicy obrazują zmiany jakościowe wody (Rzetała, 1996; *Atlas jakości...*, 1995), które wyrażają się przede wszystkim transformacją struktury chemicznej wody oraz związaną z tym zmianą jej walorów użytkowych (Żmuda, 1973). Informacje o poważnych zmianach jakości wód Kłodnicy w konsekwencji zanieczyszczenia ściekami pochodzą z XIX wieku i początku XX wieku (Schmidt, 1990). Obecnie, w konsekwencji wielkoobszarowej emisji zanieczyszczeń do wód powierzchniowych, cieki omawianego obszaru są klasyfikowane jako nie odpowiadające normom, ponieważ charakteryzują się niedostatecznym natlenieniem, wysoką 29



Rys. 9. Średnie roczne przepływy Kłodnicy w profilu wodowskazowym Gliwice na tle rocznych sum opadów atmosferycznych w zlewni - lata hydrologiczne 1975-1996 (opracowanie własne na podstawie danych IMiGW w Katowicach)

P - obliczone metodą izohiet roczne sumy opadów atmosferycznych w zlewni Kłodnicy po profil wodowskazowy Gliwice.
 Q - średnie roczne przepływy Kłodnicy w profilu wodowskazowym Gliwice; Lt (P) - linia regresji prostoliniowej (trendu) dla obliczonych metodą izohiet rocznych sum opadów atmosferycznych w zlewni Kłodnicy po profil wodowskazowy Gliwice.
 Lt (Q) - linia regresji prostoliniowej (trendu) dla średnich rocznych przepływów Kłodnicy w profilu Gliwice

Fig. 9. Mean annual discharges of the Kłodnica in water-gauging profile at Gliwice against a background of annual sums of atmospheric precipitation in catchment - hydrologic years 1975-1996 (worked out by the author on the base of data of IMiGW in Katowice)

P - annual sums of atmospheric precipitation in the Kłodnica catchment up to profile at Gliwice calculated by means of isohyets;
 Q - mean annual discharges of the Kłodnica in water-gauging profile at Gliwice; Lt (P) - line of rectilinear regression (trend) for annual sums of atmospheric precipitation in the Kłodnica catchment up to profile at Gliwice calculated by means of isohyets.
 Lt (Q) - line of rectilinear regression (trend) for mean annual discharges of the Kłodnica in profile at Gliwice

zawartością substancji biogennych, obecnością znacznych ilości metali ciężkich i zanieczyszczeń bakteryjnych oraz ponadnormatywnym zasoleniem i zawartością zawiesiny (Ochrona środowiska..., 1994; Atlas jakości..., 1995).

Cechą charakterystyczną zlewni Kłodnicy jest występowanie w jej granicach dużej ilości sztucznych zbiorników wodnych (Janowski, Wach, 1980, 1988, 1988a; Rzętała, 1995). Do największych zalicza się: Pławniowice, Dzierżno Małe, Dzierżno Duże, Czechowice, Betoniarnia, Głębokie. Za wyjątkiem pierwszych dwóch wszystkie znajdują się na terenie zlewni Kłodnicy po profil Taciszów (tab. 1).

W zlewni Kłodnicy po profil Taciszów - w czasie kartowania przeprowadzonego w 1993 roku - zinwentaryzowano 632 antropogeniczne zbiorniki wodne o różnej genezie (zaporowe, poeksploatacyjne, w nieckach z osiadania i inne) i przeznaczeniu, których łączna powierzchnia wynosiła blisko 10 km², a stwierdzona wówczas retencja zbiornikowa osiągnęła 74 hm³. Jeziorność lub raczej „zbiornikowość” oraz wskaźnik gęstości zbiorników wodnych, wynoszące odpowiednio 1,84% i 1,19, są porównywalne z jeziornością obszarów młodogła-

Sztuczne zbiorniki wodne w zlewni Kłodnicy po profil Taciszów (zlewnia zbiornika Dzierżno Duże) w 1993 roku

Artificial water reservoirs in the Kłodnica catchment up to profile at Taciszów (catchment of Dzierżno Duże water reservoir) in 1993

Klasa wielkości Class of size [ha]	Liczba zbiorników wodnych Number of water reservoirs [szt.]	Ogólna liczba zbiorników wodnych Percentage of total number of water reservoirs [%]	Powierzchnia zbiorników wodnych Area of water reservoirs [km ²]	% całkowitej powierzchni zbiorników wodnych Percentage of total area of water reservoirs [%]	Pojemność zbiorników wodnych Capacity of water reservoirs [hm ³]	% całkowitej pojemności zbiorników wodnych Percentage of total capacity of water reservoirs [%]
Poniżej 1	530	83,9	1,4	14,3	1,5	2,0
1-5	87	13,8	1,8	18,4	2,2	3,0
5-10	8	1,3	0,5	5,1	0,9	1,2
10-100	6	0,9	0,9	9,2	1,2	1,6
Powyżej 100	1	0,2	5,2	53,0	68,1	92,2
Razem	632	100,0	9,8	100,0	73,9	100,0

cyjnych (Rzętała, 1995, 1996b). Rola antropopresji w ich powstawaniu jest szczególnie czytelna w świetle inwentaryzacji prowadzonych w minionych latach (Kajetanowicz, 1948; Majdanowski, 1953; Sakowicz, 1953). Jednocześnie należy podkreślić, że dla sztucznych zbiorników wodnych regionu górnośląskiego znamieną jest duża dynamika zmian pod względem liczebności, powierzchni i możliwości retencyjnych (Jankowski, Wach, 1980; Jankowski, Zobeck, 1987; Czaja, Jankowski, 1988; Jankowski, 1995; Jankowski, Rzętała, 1997, 1997a).

Oprócz zmian ilościowych zbiorniki wodne w omawianej zlewni charakteryzują się dużym zróżnicowaniem stanu hydrochemicznego (jakości) retencjonowanej wody (tab. 2). Najmniej korzystne charakterystyki fizykochemiczne mają wody zbiorników zlokalizowanych w pobliżu: zwałowisk i wysypisk (np. zbiornik przy ul. Drzymały w Zabrze), osiedli (np. zbiornik na Os. Żeromskiego w Gliwicach), terenów przemysłowych i komunikacyjnych (np. zbiorniki w Rudzie Śląskiej przy ul. Zabrzeńskiej i ul. K. Goduli) oraz obszarów użytkowanych rolniczo (np. zbiornik przy ul. Murarskiej w Gliwicach). Nieco mniejszym zanieczyszczeniem cechują się zbiorniki położone w obszarach źródłowych cieków (np. zbiornik w zlewni Ślepiotki) lub na terenach leśnych (np. zbiorniki: Czarny Staw, Betoniarńia, Głębokie) oraz te obiekty, które mimo lokalizacji w strefie silnych przeobrażeń antropogenicznych są izolowane przed dopływem substancji mogących obniżyć ich walory użytkowe (np. zbiornik w parku im. K. Świerczewskiego w Zabrze). Wysoki poziom zanieczyszczenia wody zbiornika Dzierżno Duże jest funkcją złej jakości wody Kłodnicy, która odwadnia zachodnią część Wyżyny Katowickiej.

Tabela 2

Wybrane właściwości fizykochemiczne wody niektórych zbiorników wodnych w zlewni Kłodnicy
po profil Taciszów (zlewnia zbiornika Dzierżno Duże)

Table 2

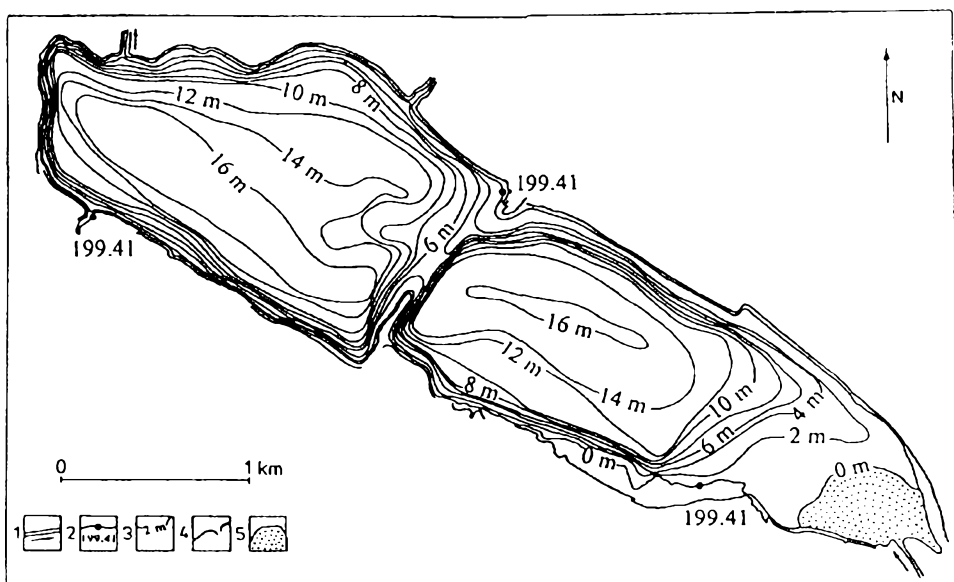
Selected physico-chemical properties of water in some water reservoirs in the Kłodnica catchment
up to the profile at Taciszów (catchment of Dzierżno Duże water reservoir)

Lokalizacja zbiornika Location of water reservoir	Data pomiaru Date of measuring	Przewodność [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃	PO ₄
			[mg/dm ³]			
Katowice zbiornik w zlewni Ślepiotki	09.10.1995	493,0	29,2	88,6	0,0	0,00
Ruda Śląska -- zbiornik przy ul. Zabrzeńskiej	16.10.1995	1064,0	79,5	256,7	1,1	0,50
Ruda Śląska -- zbiornik przy ul. K. Goduli	16.10.1995	1453,0	74,6	546,3	0,4	1,40
Zabrze - zbiornik w parku im. K. Świerczewskiego	16.10.1995	478,0	38,3	34,7	0,0	0,90
Zabrze -- zbiornik przy ul. Drzymały	16.10.1995	11 090,0	3463,4	766,1	63,9	0,05
Gmina Zbrostawice -- zbiornik Głębokie	31.07.1995	428,0	19,4	106,4	0,0	0,00
Gmina Zbrostawice -- zbiornik Betoniarnia	31.07.1995	370,0	19,0	117,3	1,1	0,00
Gliwice - zbiornik Czarny Staw	31.07.1995	417,0	30,2	106,5	0,0	0,00
Gliwice -- zbiornik przy ul. Murarskiej	31.07.1995	711,0	58,9	154,0	4,2	0,10
Gliwice -- zbiornik Kąpielisko Leśne	31.07.1995	884,0	33,4	150,7	13,6	()
Gliwice - zbiornik na Osiedlu Żeromskiego	31.07.1995	1351,0	63,9	1347,0	0,0	()
Rzeczyce -- zbiornik Dzierżno Duże	24.09.1996	4120,0	1084,9	376,8	56,5	2,88

() Brak danych; lack of data.

Obszar szczegółowych badań jest zlokalizowany w otoczeniu węzła wodnego Dzierżno, gdzie znajdują się zbiorniki Dzierżno I, Dzierżno Małe i Dzierżno Duże wraz z odcinkami ujściowymi zasilających je rzek oraz z fragmentami sekcji Kanału Gliwickiego sąsiadującymi ze służą Dzierżno (rys. 2). Jest to obszar celowych (świadomych) przekształceń powierzchniowej sieci hydrograficznej (przełożenia i regulacja cieków, budowa rowów i kanałów, powstawanie zbiorników wodnych itp.), wynikających z realizowanych od 200 lat koncepcji gospodarczego wykorzystania zasobów wodnych (R z e t a ł a, 1996). Większość ze wspomnianych obiektów wodnych ma charakter antropogeniczny, jednak ze względu na to, iż funkcjonują one co najmniej kilkadziesiąt lat (B o r n, 1948; S c h m i d t, 1990; M a ł u s e c k i, 1996), można je uważać za integralne elementy systemu hydrologicznego.

Zbiornik Dzierżno Duże – zlokalizowany między 38,1 km a 32,2 km biegu Kłodnicy (*Podział hydrograficzny Polski*, 1983) – pod względem pojemności całkowitej jest klasyfikowany na dwunastej pozycji (a pod względem powierzchni na szesnastej pozycji) wśród największych sztucznych zbiorników wodnych w Polsce (dane Głównego Urzędu Statystycznego w 1995 roku). Jest poeksploatacyjno-zaporowym zbiornikiem utworzonym w 1964 roku przez zalanie (oddzielonych rozmytą obecnie groblą) dwóch poeksploatacyjnych (popiaskowych) mis terenowych (wschodniej i zachodniej) o podobnej głębokości maksymalnej (rys. 10), wynoszącej przy poziomie piętrzenia (203,5 m n.p.m.) ok. 20 m. Od strony południowej i wschodniej misa zbiornika ma charakter „naturalny”, od zachodu ogranicza ją zapora ziemna, a od północy wybudowany tzw. wał północny.



Rys. 10. Plan batymetryczny zbiornika Dzierżno Duże

1 – ciek; 2 – rzędna zwierciadła wody w zbiorniku w czasie wykonywania pomiarów w m n.p.m.; 3 – izobaty; 4 – skarpy i krawędzie poeksploatacyjne; 5 – delty

Fig. 10. Bathometric plan of Dzierżno Duże water reservoir

1 – streams; 2 – datum of water table in m. a. s. l. in the reservoir during measurement making; 3 – isobaths; 4 – post-exploitation scarps and edges; 5 – deltas

Zbiornik zasilają w głównej mierze mocno zanieczyszczone wody Kłodnicy za pośrednictwem trzystopniowej kaskady wlotowej. Niewielki procent dopływu powierzchniowego stanowią niewykorzystane przez żeglugę wody z piątej sekcji Kanału Gliwickiego okresowo dopływające do zbiornika za pośrednictwem jazu segmentowo-klapowego wybudowanego w wale północnym oraz wody niewielkich – okresowo płynących – potoków (Rzeczyckiego i Kleszczowskiego) zasilających zbiornik od strony południowej – ich koryta nie są zabudowane. Odprowadzanie wody ze zbiornika do Kanału Gliwickiego (Kłodnica i Kanał Gliwicki na odcinku Dzierżno – Pławniowice mają wspólne koryto) odbywa się

przez urządzenia zrzutowo-upustowe zlokalizowane na 300-metrowej długości przekopie łączącym zbiornik z Kanalem Gliwickim.

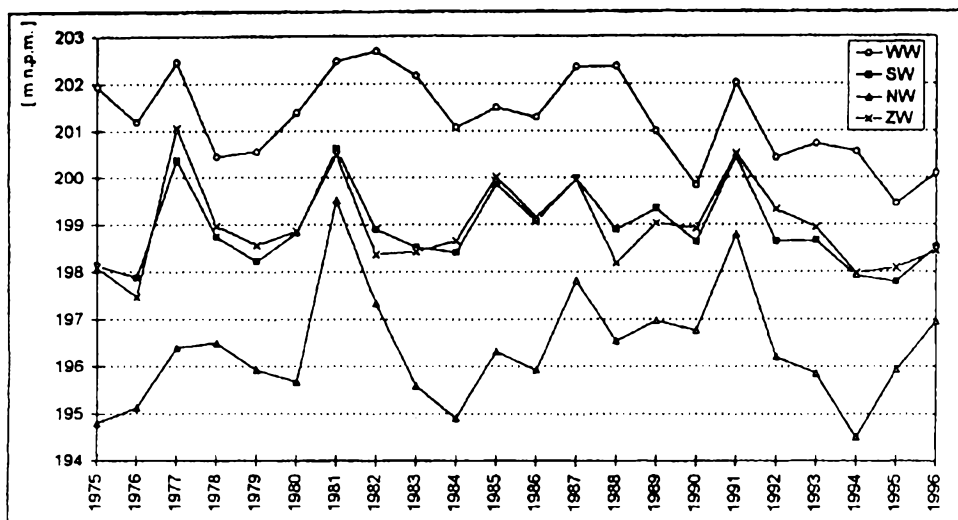
Podstawowe dane morfometryczne zbiornika Dzierżno Duże są następujące:

- minimalny poziom piętrzenia: 194,5 m n.p.m.,
- normalny poziom piętrzenia: 202,5 m n.p.m.,
- maksymalny poziom piętrzenia: 203,5 m n.p.m.,
- pojemność martwa (przy minimalnym poziomie piętrzenia): 40,5 hm³,
- pojemność użytkowa (przy normalnym poziomie piętrzenia): 47,5 hm³,
- rezerwa powodziowa (przy maksymalnym poziomie piętrzenia): 6,0 hm³,
- pojemność całkowita (przy maksymalnym poziomie piętrzenia): 93,5 hm³,
- powierzchnia zbiornika przy normalnym poziomie piętrzenia: 6,15 km²,
- długość zbiornika: 5,8 km,
- szerokość maksymalna zbiornika: 1,5 km,
- średnia szerokość: 1,0 km,
- głębokość maksymalna: 20 m,
- głębokość średnia: 15,2 m,
- długość linii brzegowej: 15,7 km,
- wskaźnik wydłużenia: 3,9,
- wskaźnik odstonięcia (otwartości) zbiornika: 38,5,
- wskaźnik zwartości: 0,16,
- wskaźnik rozwinięcia objętości: 2,3,
- wskaźnik kształtu misy zbiornika: 0,78.

Zgodnie z projektowymi założeniami zbiornik dotychczas był wykorzystywany do: poprawy warunków żeglugowych na Kanale Gliwickim i Odrze, oczyszczania wód silnie zanieczyszczonej Kłodnicy za względu na pełnienie funkcji „naturalnego” osadnika, oraz ochrony przeciwpowodziowej doliny Kłodnicy.

W pierwotnych koncepcjach zagospodarowania zbiornika zakładano, iż będzie on dodatkowo źródłem zaopatrzenia w wodę do różnych celów (Cyberski, 1984a). Poziom jej zanieczyszczenia (skażenia) czyni nieopłacalnymi wszelkie zabiegi zmierzające do realizacji tego zadania, uniemożliwia też rekreacyjno-wypoczynkowe bądź hodowlane zagospodarowanie obiektu. Z kolei wartość energetyczna osadów zakumulowanych przez Kłodnicę we wschodnim sektorze zbiornika czyni opłacalną ich eksploatację, która w latach 1995–1996 była prowadzona na niewielką skalę w ramach jego oczyszczania (Rzetała, 1996).

Charakter (przebieg) gospodarowania wodą zbiornika Dzierżno Duże powoduje, iż cechuje się on znacznymi wahaniami stanów wody (rys. 11), których analizę przeprowadzono na podstawie codziennych wyników ich obserwacji w wieloleciu 1975–1996 zgodnie z metodyką określania stanów głównych pierwszego i drugiego stopnia (Dynowska, Dynowski, 1982). Najniższy poziom piętrzenia wynoszący 194,51 m n.p.m. (NNW) wystąpił w 1994 roku, a najwyższy – 202,69 m n.p.m. (WWW) – stwierdzono w 1982 roku. Średni roczny poziom piętrzenia wody w zbiorniku obliczony dla wspomnianego wielolecia (SSW) wynosi 198,93 m n.p.m. Z kolei średnie maksymalne (SWW) i minimal-



Rys. 11. Zmiany wysokości zwierciadła wody w zbiorniku Dzierżno Duże w latach hydrologicznych 1975–1996 (opracowanie na podstawie danych ODGW w Gliwicach)
 WW – wysoka woda; SW – średnia woda; NW – niska woda; ZW – zwyczajna woda

Fig. 11. Changes in height of water table in Dzierżno Duże water reservoir in hydrological years 1975–1996 (worked out on the base of data from ODGW in Gliwice)
 WW – high level; SW – mean water; NW – low level; ZW – ordinary water

ne (SNW) poziomy piętrzenia wody w zbiorniku obliczone na podstawie maksymalnych (WW) oraz minimalnych (NW) rzędnych wysokości zwierciadła wody w poszczególnych latach hydrologicznych wielolecia 1975–1996 kształtowały się odpowiednio na poziomie 201,27 m n.p.m. i 196,39 m n.p.m. Średnia zwyczajna woda (SZW) wynosiła 198,98 m n.p.m. Największa i najmniejsza roczna amplituda wahań stanów wody w zbiorniku była równa odpowiednio 7,13 m w 1975 roku i 2,95 m w 1981 roku, natomiast wielkość amplitudy absolutnej, jaka wystąpiła w okresie hydrologicznym 1975–1996, to 8,18 m.

Na zbiorniku Dzierżno Duże najczęściej występują fale o wysokości 10–20 cm, powstające przy prędkościach wiatru dochodzących do 2–5 m/s. Przy prędkościach wiatru wynoszących 10–15 m/s wysokość fal dochodzi do 50–70 cm i jest zróżnicowana w zależności od długości efektywnej zbiornika, tj. długości „rozpędu” fali. W wyniku nieortogonalnego natarcia fal na brzeg powstają prądy litoralne, obserwowane przede wszystkim w okresach występowania silnych wiatrów, których kierunki pokrywają się z dłuższą osią zbiornika (Rzętala M. A., 1998). Ponadto na skutek falowania wywołanego wiatrami najczęściej wiejącymi z sektorów zachodnich występuje ruch powierzchniowych warstw wody w kierunku wschodnim, a więc przeciwnym do kierunku ruchu wody inicjowanego energią dopływających wód Kłodnicy.

Swoistym paradoksem w świetle wysokiego stopnia zanieczyszczenia wód limnicznych – dokumentującego skalę wpływów antropogenicznych – jest fakt, 35

ustalonej na podstawie wskaźników morfometrycznych, hydrograficznych i zlewniowych, niskiej podatności zbiornika Dzierżno Duże na degradację (II kategorii). Zalecane do tego typu ocen (Kudelska, Cydzik, Soszka, 1994) wskaźniki – tj. głębokość średnia, stosunek objętości jeziora do długości jego linii brzegowej, procent stratyfikacji wód, iloraz powierzchni dna czynnego (dna leżącego w zasięgu epilimnionu) i objętości epilimnionu, procent wymiany wody w roku – wskazują na I (najkorzystniejszą) kategorię podatności zbiornika Dzierżno Duże na degradację. Z kolei współczynnik Schindlera będący wskaźnikiem wpływu zlewni na jezioro osiąga wartość odpowiadającą II kategorii, a sposób zagospodarowania zlewni zbiornika oceniono jako użytkowanie zlewni poza kategorią. Niekorzystną rolę zlewni w procesie degradacji wód limnicznych potwierdza również ocena przeprowadzona zgodnie z metodyką proponowaną przez E. Bajkiewicz-Grabowską (1987). Stąd zalecane przez D. Kudelską, D. Cydzik i H. Soszkę (1994) określenie kategorii zbiornika umożliwia jedynie wnioskowanie o efektywności ewentualnych zabiegów ochronnych i rekultywacyjnych po przerwaniu dopływu zanieczyszczeń.

2.2.4.2. Wody podziemne

Na obszarze górnej i środkowej części zlewni Kłodnicy wydzielono kilka Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP), które są związane z utworami: czwartorzędowymi, trzeciorzędowymi i triasowymi. Wymienione zbiorniki wód podziemnych (tab. 3) cechują się zróżnicowaną wydajnością, a także jakością eksploatowanych wód (Różkowski, Kowalczyk, Witkowski, 1996), w różnym stopniu podlegając procesowi drenażu przez górnictwo węglowe (Posyłek, 1988).

Tabela 3

Zestawienie wybranych Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) i ich zasobów (wg: Różkowski, Kowalczyk, Witkowski, 1996; uproszczone)

Table 3

Sheet of the selected Main Underground Water Reservoirs (GZWP) and their resources (after Różkowski, Kowalczyk, Witkowski, 1996, simplified)

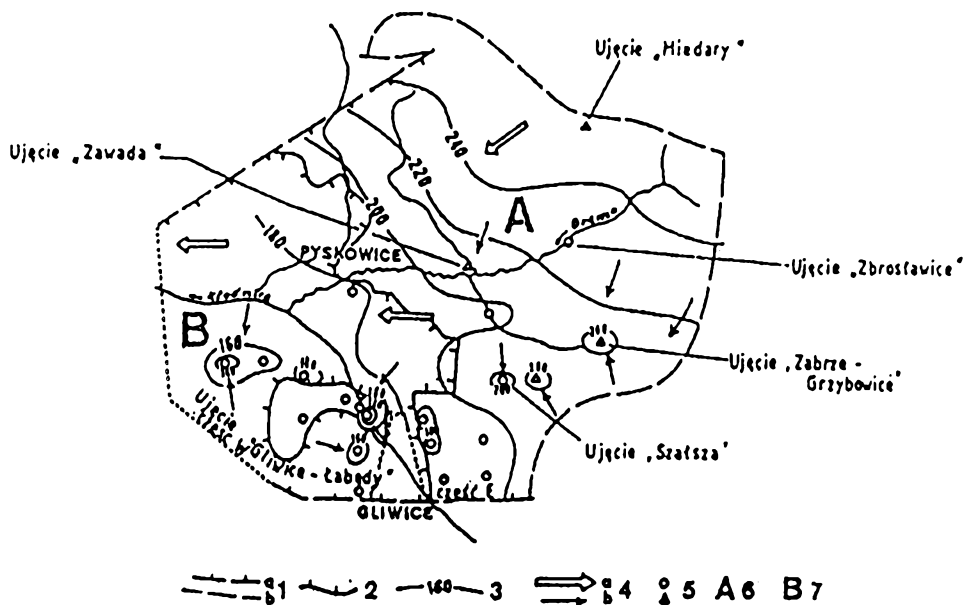
Nazwa zbiornika wg A. S. Kleczkowskiego z uzupełnieniami Name of reservoir after A. S. Kleczkowski, completed	Powierzchnia zbiornika Area of reservoir [km ²]	Straty- grafia Strati- graphy	Typ ośrodka Type of centre	Zasoby dynamiczne Dynamic resources [mln m ³ /rok]	Zasoby dyspozycyjne Available resources [mln m ³ /rok]
Dolina rz. Górna Kłodnica	33,00	Q	porowy	6,37	6,35
Dolina rz. Dolna Kłodnica	62,36	Q		6,29	5,03
Subniecka Kędzierzyńsko-Głubczycka	721,48	Tr		37,54	25,26
Bytom	177,99	T	szczelinowo- -krasowy	36,05	22,56
Gliwice	396,88	T		44,10	28,40

W obrębie utworów czwartorzędowych na terenie zlewni znajduje się zbiornik Dolina rzeki Górna Kłodnica oraz wschodnia część zbiornika Dolina rzeki Dolna Kłodnica o miąższościach warstw wodonośnych od kilku metrów do kilkudziesięciu metrów, które łączą się z utworami piaszczysto-żwirowymi – lokalnie pylastymi. Zbiorniki czwartorzędowe są podatne na zanieczyszczenia antropogeniczne ze względu na niedostateczną izolację od powierzchni terenu, dlatego są w znacznym stopniu zanieczyszczone (Kropka, Rubin, 1989). W obrębie pokrywy czwartorzędowej wody podziemne występują w dolinach rzecznych (wody związane z aluwiami) oraz w utworach fluwioglacjalnych (Janowski, Wach, 1988, 1988a). Ich znaczenie jest niewielkie ze względu na silne zanieczyszczenie i nieciągłość utworów wodonośnych (Kropka, Rubin, 1989).

Zbiornik trzeciorzędowy o nazwie Subniecka Kędzierzyńsko-Głubczycka związany jest z piaszczysto-żwirowymi warstwami zalegającymi wśród utworów ilastych. Jest to rozległy, częściowo zakryty i hydrodynamicznie podatny na zanieczyszczenia zbiornik wód porowych (Rózekowski, Kowalczyk, Witkowski, 1996).

Zbiornik Bytom obejmuje w przybliżeniu triasową nieckę bytomską o charakterze tektonicznego zapadliska równoleżnikowego i jest zbiornikiem zamkniętym, częściowo odkrytym, posiadającym tektoniczno-crozyjne granice na północnym wschodzie i południu, a od północnego zachodu i zachodu ograniczonym wododziałami podziemnymi. W granicach GZWP Bytom obserwuje się sukcesywne pogarszanie jakości wód oraz zmniejszanie się obszarów występowania wód podziemnych o walorach użytkowych, co jest spowodowane intensywnym drenażem górniczym (górnictwo rud cynku i ołowiu, górnictwo węgla kamiennego) oraz przenikaniem zanieczyszczeń z ognisk powierzchniowych (Kropka, 1993, 1996).

GZWP Gliwice (rys. 12) stanowi 60–120-metrowa miąższość formacji triasu środkowego i dolnego, występująca pod przepuszczalnymi utworami czwartorzędu i ilasto-piaszczystymi osadami trzeciorzędowymi w części południowo-wschodniej. W spągu serii węglanowej triasu środkowego i dolnego znajdują się izolujące utwory ilaste (Kropka, Rózekowski, Witkowski, 1991). Zbiornik obejmuje obszar zapadliska Pyskowic i jest ograniczony od północy oraz od wschodu obszarami wododziałowymi, a od zachodu przebiegiem stref uskoko-owych. Nieznany jest zasięg zbiornika od strony południowo-zachodniej (Kowalczyk, Kropka, Rózekowski, Rubin, 1996; Rózekowski, Chmura, Siemiński, 1997). Zbiornik jest zasilany bezpośrednio na wychodniach zlokalizowanych w jego wschodniej części, a przepływ wód odbywa się zgodnie z nachyleniem warstw w kierunku zachodnim. Brak formacji trzeciorzędowych został stwierdzony w okolicach Gliwic-Łabęd i Kleszczowa. Jest to okno hydrogeologiczne o powierzchni ok. 8 km², gdzie bezpośrednio w stropie utworów triasowych znajdują się osady czwartorzędowe (*Mapa geologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*, 1954). W podłożu osadów triasowych zalegają sfaldowa-



Rys. 12. Szkic hydrogeologiczny zbiornika wód podziemnych Gliwice (wg: Kropka, Rogoź, Różkowski, 1992)

1 - granice zbiornika: a - tektoniczne, b - hydrodynamiczne; 2 - zasięg występowania praktycznie nieprzepuszczalnych utworów trzeciorzędu (izolujących); 3 - hydroizohipsy poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu; 4 - kierunki przepływu wód a - regionalny, b - lokalny; 5 - studnie, obszary skupionej eksploatacji wód podziemnych; 6 - obszar zasilania; 7 - obszar przykrycia węglanowej serii triasu nieprzepuszczalnymi utworami trzeciorzędu

Fig. 12. Hydrogeological sketch of underground waters Gliwice (after Kropka, Rogoź, Różkowski, 1992)

1 - borders of reservoir: a - tectonical, b - hydrodynamical; 2 - range of occurrence of practically permeable deposits of the Tertiary age (isolating); 3 - hydroisohypses of water-bearing horizon of the Triassic carbonate series; 4 - directions of water flow: a - regional, b - local; 5 - wells, areas of focused exploitation of underground waters; 6 - alimentation area; 7 - area of the carbonate Triassic series covering by permeable Tertiary deposits

ne utwory karbonu produktywnego (Kuzak, 1994). Omawiany kompleks wodonośny jest przepływowym, w przeważającej części odkrytym, zbiornikiem szczelinowo-krasowym (Kropka, Rogoź, Różkowski, 1992), bazującym na wodach wyraźnie przekształconych antropogenicznie (Różkowski, Mitas, Witkowski, 1989; Różkowski, Grabala, Kropka, Rubin, Witkowski, 1992), których eksploatacja powoduje sukcesywne obniżanie się zwierciadła dynamicznego wód (Kropka, Rogoź, Różkowski, 1992).

Z kolei wody występujące w utworach karbońskich są zróżnicowane pod względem chemicznym - mineralizacja w granicach od 0,2 g/dm³ do 372,0 g/dm³ (Różkowski, Różkowski, 1994). Stopień zagospodarowania wód pochodzących z drenażu górniczego jest niewielki (Goszc, 1993), a ich pełne wykorzystanie wiąże się ze znacznymi nakładami finansowymi i skomplikowanymi zabiegami technicznymi (Różkowski, Kropka, Witkowski,

2.2.5. Gleby i szata roślinna

Zlewnia Kłodnicy aż po profil Taciszów obejmuje granice obszaru, dla którego znamienne jest silne przeobrażenie gleb wynikające z wysokiego stopnia industrializacji i urbanizacji powierzchni terenu (Celiński, Szczypek, Wika, 1991). W górnej części zlewni Kłodnicy znajdują się gleby bielcowe, brunatne, mułowo-bagiennie oraz rędziny, a w części środkowej największe powierzchnie są zajmowane przez gleby bielcowe wykształcone na podłożu piaszczystym i gliniastym (*Atlas województwa katowickiego*, 1971). Są to gleby w większości przypadków zanieczyszczone (Janosz-Rajczyk, 1993) i zdegradowane, nie nadające się do rolniczego wykorzystania z uwagi na ponadnormatywną zawartość m.in. metali ciężkich (Marchwińska, Kucharski, Karpińska-Bisanz, 1988). Tym niemniej procentowy udział użytków rolnych w zlewni zbiornika Dzierżno Duże wynosi nieco ponad 42%, z czego blisko 33% przypada na grunty orne.

Lasy na terenie omawianej zlewni obejmują ok. 20% powierzchni i w zdecydowanej większości przypadków stanowią je wtórne zadrzewienia, a w składzie gatunkowym dominuje drzewostan sosnowy. Lasy są nierównomiernie rozmieszczone na terenie całej zlewni, choć ich udział powierzchniowy wzrasta w kierunku zachodnim. Najniższymi wskaźnikami lesistości charakteryzują się obszary zlewni o najstarszych tradycjach przemysłowych, gdzie – jak podaje M. Troc (1975) – dawniej prowadzono wycinki drewna na potrzeby górnictwa i hutnictwa.

W okolicy zbiornika Dzierżno Duże dominują gleby brunatne i bielcowe (głównie III i IV klasy bonitacyjnej) wytworzone z glin zwałowych oraz gleby bielcowe wytworzone z piasków luźnych i piasków słabo gliniastych. Nieco mniejsze powierzchnie zajmują kompleksy gleb mułowo-błotnych oraz mady rzeczne. Znaczny odsetek powierzchni badanego obszaru zajmują gleby przeobrażone antropogenicznie, są one jednak w dużej mierze wykorzystywane rolniczo mimo stwierdzonych (Janosz-Rajczyk, 1993) ich fitotoksycznych właściwości.

Szata roślinna badanego obszaru uległa znacznym przeobrażeniom w wyniku oddziaływania antropopresji (Absalon, Jankowski, Leśniok, Wika, 1995). W obszarach leśnych dominuje monokulturowy drzewostan sosnowy. Mniejsze powierzchnie zajmują lasy dębowe, olszowe i modrzewiowe. W trakcie rozpoznania botanicznego – przeprowadzonego zgodnie ze wskazówkami podanymi w pracy W. Matuszkiewicza (1981) – w otoczeniu misy jeziornej stwierdzono występowanie zbiorowisk roślin synantropijnych, a w strefie wahań stanów wody również ruderalnych. Dno doliny Kłodnicy zbiornika Dzierżno Duże zajmują łąkowe zbiorowiska roślinne oraz roślinność bagienna i błotna. Strefę litoralną zbiornika porasta uboga roślinność zielna i krzewiasta, której sukcesji zapewne nie sprzyjają częste wahania stanów wody związane z ciągłym modelowaniem morfologicznym nowych partii wybrzeży (Rzetała M. A., 1998) oraz fitotoksyczne właściwości podłoża związane m.in. z wysokim poziomem zanieczyszczenia (zwłaszcza zasolenia) wody (Janosz-Rajczyk, 1993).

3

Bilans wodny zbiornika Dzierżno Duże

Najkorzystniejszym rozwiązaniem przy obliczeniach bilansu wodnego jezior i zbiorników wodnych jest stosowanie równań bilansowych, których poszczególne składowe obliczane są niezależnie (Mikulski, 1970). Duża ilość elementów bilansowych oraz trudność ich praktycznego wyznaczenia w terenie (Choiński, 1995), a także ograniczony zakres danych pochodzących z istniejącej sieci posterunków osłony hydrologiczno-meteorologicznej jezior i zbiorników skłania do odstąpienia od zasady niezależnego określania poszczególnych elementów bilansu wodnego i pośredniego oszacowania najtrudniejszego do oceny (np. dopływ podziemny, odpływ podziemny, spływ powierzchniowy) składnika z równania bilansowego (Mikulski, 1970, 1975; Gutry-Korycka, Bajkiewicz-Grabowska, 1981; Okulanis, 1993). Pozostałe składowe bilansu wodnego – dopływ i odpływ powierzchniowy, parowanie, opady, retencja zbiornikowa (początkowa i końcowa) – są możliwe do wyliczenia na podstawie bezpośrednich pomiarów hydrologicznych, meteorologicznych i limnometrycznych, bądź z zastosowaniem wielu ogólnych lub regionalnych wzorów empirycznych (Mikulski, 1970; Choiński, 1995).

Niepełny zakres istniejących danych wyjściowych służących do obliczenia charakterystyk liczbowych obiegu wody zbiornika Dzierżno Duże oraz wysoki stopień antropogenizacji stosunków wodnych zlewni i otoczenia zbiornika implikowały konieczność opracowania formuły bilansu wodnego systematycznie weryfikowanego na podstawie znanych wielkości retencji początkowej i retencji końcowej zbiornika (tab. 4), w którym zrezygnowano z elementu traktującego o wielkości spływu powierzchniowego, ponieważ powierzchnia zlewni odwadnianej bezpośrednio przez zbiornik wynosi zaledwie $0,5 \text{ km}^2$. Za podstawowy okres bilansowy przyjęto miesiąc, a charakterystyki liczbowe obiegu wody dla lat hydrologicznych zostały wyliczone przez sumowanie wartości miesięcznych. Ze względu na częste zmiany powierzchni zbiornika wynikające z dużej amplitudy wahań stanów wody obliczenia bilansowe wyrażono w hm^3 .

Retencja początkowa i retencja końcowa są codziennie stwierdzanymi wartościami wyrażonymi w hm^3 i ustalonymi na podstawie zależności pojemności

Obliczenia bilansu wodnego dla zbiornika Dzierżno Duże

Calculations of water balance for Dzierżno Duże water reservoir

Miesięczny bilans wodny	
$R_p + D_m + P_m - E_m - O_m + \Delta R_z = R_k$	
1. Dopływ powierzchniowy: $D_m = Q_m * d * 86\ 400 * 10^{-6}$	2. Odpływ powierzchniowy: $O_m = \frac{\sum_{i=1}^n Q_n * 86\ 400}{10^6}$
3. Opad atmosferyczny: $P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P * A_i}{10^5}$	4. Parowanie: $E_m = E_l * A_z * 10^{-5}$
5. Bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią: $\Delta R_z = R_k - R_p + O_m - D_m - P_m + E_m$	
Roczny bilans wodny	
$R_p + \sum_{i=1}^n D_m + \sum_{i=1}^n P_m - \sum_{i=1}^n E_m - \sum_{i=1}^n O_m + \Delta R_z = R_k$	

Objaśnienia: A_i - powierzchnia zbiornika [ha], d - liczba dni w miesiącu, D_m - dopływ do zbiornika wód powierzchniowych ze zlewni w ciągu miesiąca [hm^3], E_l - miesięczna suma wyparowanej wody w mm wg formuły Iwanowa, tj. $E_l = 0,0018(25 + t)^2(100 - f)$ (t - średnia miesięczna temperatura powietrza atmosferycznego [$^{\circ}\text{C}$], f - średnia miesięczna wilgotność względna powietrza atmosferycznego [%]), E_m - miesięczne parowanie z powierzchni zbiornika [hm^3], O_m - miesięczny odpływ powierzchniowy ze zbiornika [hm^3], P - dobowa suma opadów atmosferycznych na powierzchnię zbiornika [mm], P_m - miesięczny opad atmosferyczny na powierzchnię zbiornika [hm^3], Q_m - średni miesięczny przepływ w ciekach zasilających zbiornik [m^3/s], Q_n - średni dobowy przepływ w ciekach odprowadzających wodę ze zbiornika [m^3/s], R_k - retencja zbiornika pod koniec okresu bilansowego [hm^3], R_p - retencja zbiornika na początku okresu bilansowego [hm^3], ΔR_z - bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią [hm^3], 86 400 - ilość sekund w czasie doby, $10^6:10^3$, 10^3 , 10^5 - przeliczniki pozwalające na wyrażenie obliczeń w hm^3

Zasilanie zbiornika przez opady atmosferyczne obliczono, uwzględniając - zgodnie z zaleceniami wielu badaczy (Mikulski, 1970; Gutry-Korycka, Bajkiewicz-Grabowska, 1981) - aktualną w czasie ich wystąpienia powierzchnię.

Straty wody następujące w konsekwencji parowania zostały określone z proponowanej przez A. Choińskiego (1995) i wykorzystywanej w praktyce (np. Sasiak, 1994) formuły Iwanowa, uzależniającej wielkość parowania od średniej miesięcznej temperatury i od średniej miesięcznej wilgotności względnej powietrza atmosferycznego. Otrzymane wyniki w mm każdorazowo odnoszono do aktualnej wówczas powierzchni zbiornika, ostatecznie wyrażając je w hm^3 . Analiza literatury przedmiotu (np. Jurak, 1968) wykazuje, że pomiary ewaporometryczne są zdecydowanie bardziej reprezentatywną metodą przy podejmowaniu prób określenia parowania rzeczywistego z powierzchni wody, jednak brak możliwości ich przeprowadzenia oraz zasób dostępnych obserwacyjnych danych meteorologicznych przesądził o zastosowaniu wspomnianej wyżej formuły Iwanowa. Tego typu rozwiązanie wydaje się w pełni uzasadnione 41

wobec faktu, iż parowanie z rozpatrywanych zbiorników wodnych zajmuje w bilansie wodnym po stronie rozchodów wielkości znacznie niższe od dopuszczalnego w badaniach geograficznych statystycznego błędu (poziom istotności 0,05).

Przez dopływ powierzchniowy należy rozumieć ilość wody dopływającą w okresie bilansowym do zbiornika z jego zlewni. Należy podkreślić, że część wód powierzchniowych ze zlewni Dzierżna Dużego nie bierze udziału w jego zasilaniu, gdyż jest odprowadzana na potrzeby Kanału Gliwickiego odrębnym torem wodnym. Przez odpływ powierzchniowy należy rozumieć ilość wody odpływającą ze zbiornika w okresie bilansowym.

Z kolei wymiana wód ze zlewnią pod powierzchnią jest wartością określaną z równania bilansu wodnego. Niemożność niezależnego obliczenia dopływu i odpływu podziemnego przede wszystkim wynika z niedostatecznej ilości pomiarów pomiarowych stanów wód podziemnych. Istniejąca w sąsiedztwie zbiornika sieć piezometryczna służy monitorowaniu horyzontu wód czwartorzędowych bezpośrednio związanego z charakterem i przebiegiem gospodarowania wodą zbiornika, nie zapewniając kompleksowego rozpoznania hydrogeologicznego jego otoczenia. Uwzględnienie w równaniu bilansu wodnego wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią uzupełnia charakterystyki obiegu wody, przybliżając rolę zbiornika w kształtowaniu sytuacji hydrogeologicznej. Mimo że do obliczeń tego typu należy odnosić się z pewną rezerwą wynikającą z szacunkowego charakteru uzyskanych wyników (Mikulski, 1970; Choiński, 1995), to w praktyce limnologicznej są one dosyć często stosowane (Wojciechowski, 1985; Gutry-Korycka, Bajkiewicz-Grabowska, 1981). W przypadku niektórych jezior dopływ i odpływ podziemny (często przy założeniu wzajemnego równoważenia się) zupełnie pomijany jest w obliczeniach bilansu wodnego (Jurek, 1969; Weber, 1973), jednak przyjęcie takiego rozwiązania dla zbiornika Dzierżno Duże byłoby bardzo dużym uproszczeniem.

3.1. Elementy pionowej wymiany wody i uwarunkowania ich zmienności

3.1.1. Opady atmosferyczne

Wielkość alimentacji zbiornika przez wody pochodzące z opadów atmosferycznych w wieloleciu 1975–1994 wyniosła 70,86 hm³ i charakteryzowała się tendencją spadkową, której wielkość oceniono na podstawie równania linii regresji prostoliniowej ($b = -0,0528a + 4,0981$) na nieco ponad 0,05 hm³/rok, mimo iż wartości rzeczywistego zasilania różnią się dość wyraźnie od wyidealizowanych wartości odczytanych z równania prostej regresji (rys. 13).



Rys. 13. Zasilanie zbiornika Dzierżno Duże opadami atmosferycznymi w latach hydrologicznych 1975-1994 (A) oraz 1994-1996 (B) (opracowanie na podstawie wyników badań własnych oraz danych IMiGW w Katowicach i ODGW w Gliwicach)

P - opady atmosferyczne; *Lt* - linia regresji prostoliniowej

Fig. 13. Alimentation of Dzierżno Duże water reservoir by atmospheric precipitation in hydrological years 1975-1994 (A) and 1994-1996 (B) (worked out on the base of results of author's research and data of IMiGW in Katowice and OGDW in Gliwice)

P - atmospheric precipitation; *Lt* - line of rectilinear regression

Zasilanie zbiornika Dzierżno Duże przez wody opadowe w rozpatrywanym dwudziestolecu kształtowało się średnio na poziomie $3,54 \text{ hm}^3$, z maksimum w 1977 roku ($5,04 \text{ hm}^3$) i minimum w 1989 roku ($2,89 \text{ hm}^3$). Amplituda wahań rocznych sum opadów atmosferycznych osiągnęła więc poziom $2,15 \text{ hm}^3$, co stanowi 60,7% wartości średniej z wielolecia i 74,4% wartości minimalnej. Opady atmosferyczne występujące w okresie hydrologicznym 1994-1996 (rys. 13) zasilły zbiornik w $11,33 \text{ hm}^3$ wody. W 1994 roku wielkość zasilania zbiornika 43

wodami pochodzącymi z opadów atmosferycznych wynosiła $3,52 \text{ hm}^3$, a w latach 1995 i 1996 odpowiednio $3,53 \text{ hm}^3$ i $4,29 \text{ hm}^3$.

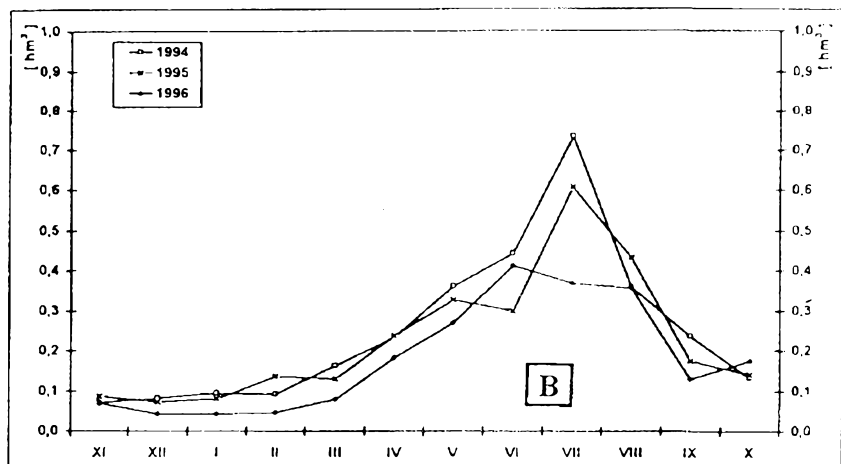
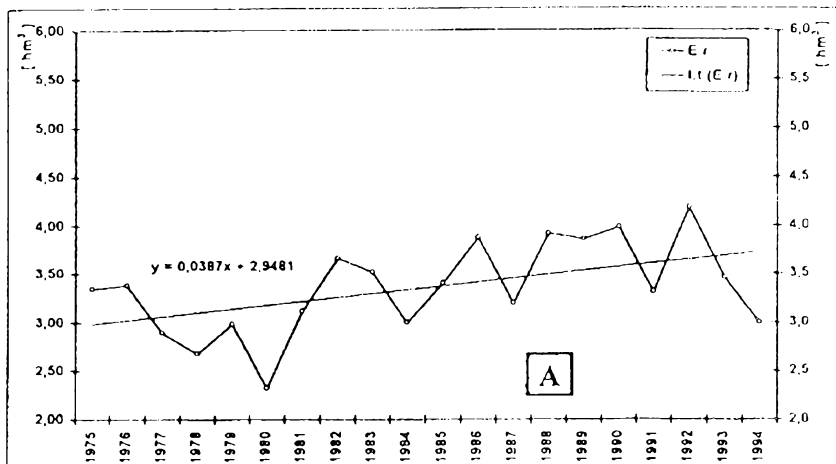
Tak znaczący rozrzut analizowanych wartości przede wszystkim wynika ze zróżnicowania wielkości opadów atmosferycznych w poszczególnych latach hydrologicznych oraz w mniejszym stopniu jest wypadkową zmieniającej się powierzchni zbiornika.

3.1.2. Parowanie

Parowanie z powierzchni wody w okresie hydrologicznym 1975–1994 (rys. 14) oszacowano na $67,08 \text{ hm}^3$, a charakteryzowały je okresowe wahania z tendencją do nieznacznego wzrostu, którego wielkość (ok. $0,04 \text{ hm}^3/\text{rok}$) została określona z równania prostej regresji ($b = 0,0387a + 2,9481$). Roczne straty wody następujące w wyniku parowania kształtowały się średnio na poziomie $3,35 \text{ hm}^3$, z minimum w 1980 roku ($2,32 \text{ hm}^3$) i maksimum w 1992 roku ($4,18 \text{ hm}^3$). Amplituda wyniosła $1,86 \text{ hm}^3$, stanowiąc 55,5% wartości średniej i 80,2% wartości minimalnej.

Odptyw wody ze zbiornika następujący w konsekwencji parowania dla okresu hydrologicznego 1994–1996 (rys. 14) wynosi $7,90 \text{ hm}^3$. W 1994 roku kształtował się na poziomie $3,00 \text{ hm}^3$, w 1995 roku wynosił $2,73 \text{ hm}^3$, a w 1996 roku $2,18 \text{ hm}^3$. Parowanie wody ze zbiornika było najbardziej intensywne w miesiącach letnich, natomiast najniższe zimą, w wielu wypadkach przewyższające ilość wody dostarczoną do zbiornika wraz z opadami atmosferycznymi. W roku hydrologicznym 1994 wahało się w zakresie od $0,07 \text{ hm}^3$ w listopadzie do $0,73 \text{ hm}^3$ w lipcu, a średnio wynosiło $0,25 \text{ hm}^3$ na miesiąc. W 1995 roku najniższe parowanie występowało w grudniu ($0,07 \text{ hm}^3$), a najwyższe w lipcu ($0,61 \text{ hm}^3$), przy średniej równej ok. $0,23 \text{ hm}^3$ na miesiąc. W 1996 roku minimum przypada na grudzień i styczeń (po $0,04 \text{ hm}^3$), natomiast maksimum wystąpiło w czerwcu ($0,37 \text{ hm}^3$). Średnio w ciągu roku straty wody w wyniku parowania wynosiły ok. $0,18 \text{ hm}^3$ na miesiąc.

Zróżnicowanie wielkości parowania wody ze zbiornika jest wypadkową zmian powierzchni parowania oraz sezonowej i wieloletniej zmienności warunków hydrometeorologicznych. Intensywne parowanie z powierzchni zbiornika ma miejsce w latach utożsamianych z występowaniem wysokich temperatur powietrza i znacznych niedosytów jego wilgotności (np. 1995 rok). Z kolei lata uważane za chłodne i wilgotne cechuje mniejsze parowanie (np. 1996 rok).



Rys. 14. Parowanie wody ze zbiornika Dzierżno Duże w latach hydrologicznych 1975–1994 (A) oraz 1994–1996 (B) (opracowanie na podstawie wyników badań własnych oraz danych IMiGW w Katowicach i ODGW w Gliwicach)

E, – straty wody w wyniku parowania; *Lt* – linia regresji prostoliniowej

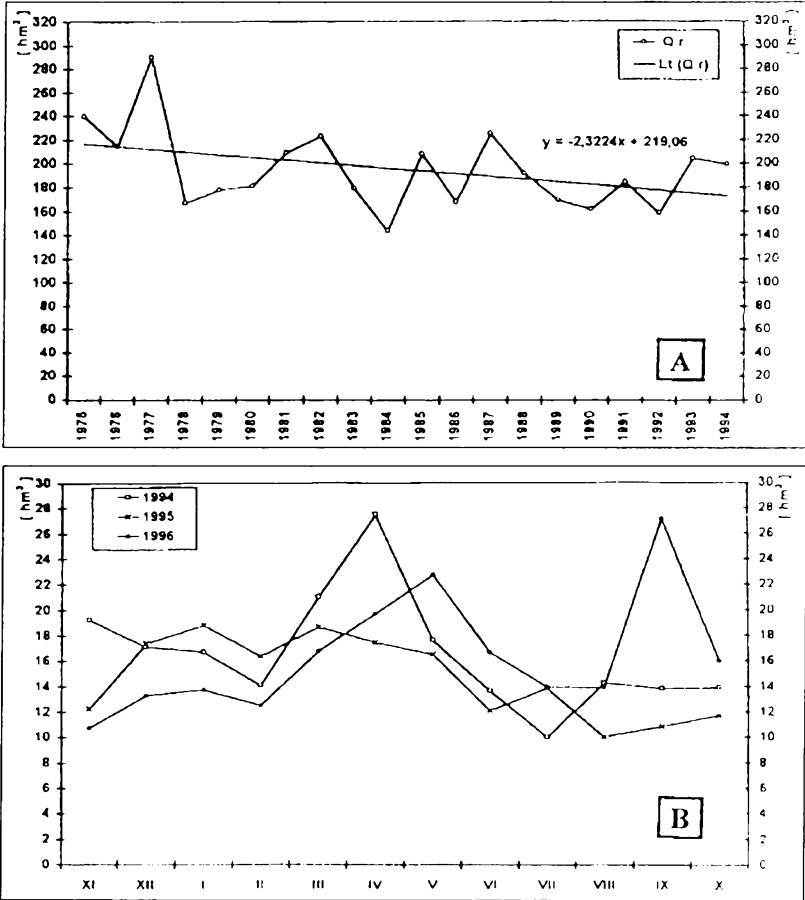
Fig. 14. Water evaporation from Dzierżno Duże water reservoir in hydrological years 1975–1994 (A) and 1994–1996 (B) (worked out on the base of results of author's research and data of IMiGW in Katowice and ODGW in Gliwice)

E, – water losses owing to evaporation; *Lt* – line of rectilinear regression

3.2. Elementy poziomej wymiany wody i uwarunkowania ich zmienności

3.2.1. Dopływ powierzchniowy

W okresie hydrologicznym 1975–1994 do zbiornika Dzierżno Duże dopłynęło ze zlewni 3893,42 hm³ wody. Dopływ powierzchniowy do zbiornika w okresie rozpatrywanego dwudziestolecia (rys. 15) kształtował się średnio na



Rys. 15. Dopływ powierzchniowy do zbiornika Dzierżno Duże w latach hydrologicznych 1975–1994 (A) oraz 1994–1996 (B) (opracowanie na podstawie wyników badań własnych oraz danych IMiGW w Katowicach i ODGW w Gliwicach)

Q_r – dopływ powierzchniowy; Lt – linia regresji prostoliniowej

Fig. 15. Surface inflow into Dzierżno Duże water reservoir in hydrological years 1975–1994 (A) and 1994–1996 (B) (worked out on the base of results of author's research and data of IMiGW in Katowice and ODGW in Gliwice)

poziomie $194,67 \text{ hm}^3/\text{rok}$, z wyraźnym maksimum w 1977 roku ($290,57 \text{ hm}^3$) i minimum przypadającym na 1984 rok ($143,80 \text{ hm}^3$), charakteryzując się tendencją spadkową, której wielkość (ok. $2,32 \text{ hm}^3/\text{rok}$) oceniono na podstawie równania linii regresji prostoliniowej ($b = 2,3224a + 219,06$).

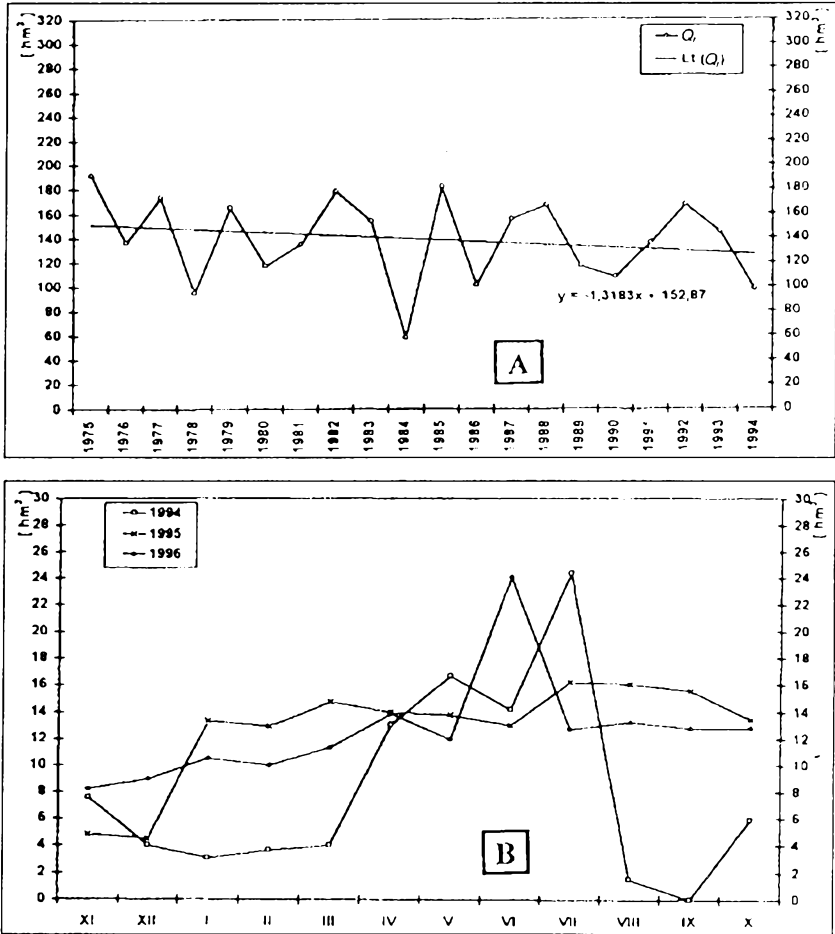
Wielkość zasilania zbiornika przez wody powierzchniowe zależy przede wszystkim od ilości opadów na terenie zlewni zbiornika. Współczynnik korelacji między dopływem powierzchniowym do zbiornika oraz wielkością opadów atmosferycznych w zlewni zbiornika, obliczonych proponowaną przez wielu badaczy (D y n o w s k a, D y n o w s k i, 1982) metodą izohiet, wynosi 0,76. Jednak wody powierzchniowe spływające ze zlewni – oprócz zasilania zbiornika Dzierżno Duże – były wykorzystywane do celów żeglugi śródlądowej w ilości od $13,82 \text{ hm}^3/\text{rok}$ (1993 rok) do $58,22 \text{ hm}^3/\text{rok}$ (1979 rok). W konsekwencji kierowano je odrębnym torem wodnym do położonych poniżej zbiornika sekcji Kanału Gliwickiego i nie brały udziału w jego zasilaniu. Odpływ wody ze zlewni zbiornika Dzierżno Duże przez służę Dzierżno na Kanale Gliwickim w omawianym dwudziestolecu również charakteryzowała tendencja spadkowa, której wielkość na podstawie równania regresji prostoliniowej ($b = 1,417a + 57,439$) została oceniona na ok. $1,42 \text{ hm}^3/\text{rok}$. Przy założeniu, że wszystkie wody odpływające ze zlewni zbiornika Dzierżno Duże wpływają do tegoż zbiornika, współczynnik korelacji między opadami atmosferycznymi w zlewni a zasilaniem powierzchniowym (0,94) wskazuje na wysoką – wprost proporcjonalną – zależność korelowanych cech.

Dopływ powierzchniowy do zbiornika charakteryzował się dużą zmiennością w poszczególnych miesiącach okresu hydrologicznego 1994–1996 (rys. 15), sumarycznie wynosząc $572,41 \text{ hm}^3$ – z czego $198,97 \text{ hm}^3$ wody dopłynęło do zbiornika w 1994 roku, $175,98 \text{ hm}^3$ przypada na 1995 rok, a $197,46 \text{ hm}^3$ zasililo zbiornik w 1996 roku. Najwyższe wielkości zasilania powierzchniowego zbiornika w 1994 roku są znamienne dla okresu występowania wiosennych opadów, tj. marca ($21,00 \text{ hm}^3$), kwietnia ($27,48 \text{ hm}^3$) i maja ($17,62 \text{ hm}^3$), natomiast najniższe występowały w lipcu ($9,97 \text{ hm}^3$). W 1995 roku ilość wód dopływająca powierzchniowo do zbiornika cechowała się mniejszym zróżnicowaniem miesięcznym, wahając się w zakresie od $18,81 \text{ hm}^3$ w styczniu do $10,03 \text{ hm}^3$ w sierpniu. Na początku 1996 roku (listopad–luty) dopływ powierzchniowy do zbiornika nie przekraczał 14 hm^3 na miesiąc, a następnie wzrastał, osiągając w maju poziom $22,77 \text{ hm}^3$. Okres od czerwca do sierpnia charakteryzował się ponownym obniżeniem omawianej wielkości do poziomu kilkunastu hm^3 na miesiąc. We wrześniu wystąpiło maksimum ($27,16 \text{ hm}^3$), październik zaś był okresem spadku wielkości zasilania powierzchniowego do $16,04 \text{ hm}^3$.

Wahania wielkości dopływu powierzchniowego do zbiornika Dzierżno Duże nawiązują do czasowej zmienności występowania opadów w ciągu roku hydrologicznego, a ponadto istotną rolę w kształtowaniu dopływu powierzchniowego odgrywa intensywność i czas trwania spływu wód pochodzących z tajania pokrywy śnieżnej na terenie zlewni. Tempo i zakres zmienności wielkości zasilania jest ponadto implikowany charakterem gospodarowania wodą Kanału Gliwickiego. 47

3.2.2. Odpływ powierzchniowy

Odpływ powierzchniowy ze zbiornika w latach 1975–1994 wynosił 2780,54 hm³, co oznacza, iż statystycznie w ciągu każdego roku ze zbiornika odprowadzano wodę w ilości 139,03 hm³. Fluktuacje wielkości odpływu powierzchniowego (rys. 16) w omawianym okresie – z maksimum w 1975 roku (191,35 hm³) oraz wyraźnym minimum w 1984 roku (57,98 hm³) – są w dużej mierze kon-



Rys. 16. Odpływ powierzchniowy ze zbiornika Dzierżno Duże w latach hydrologicznych 1975–1994 (A) oraz 1994–1996 (B) (opracowanie na podstawie wyników badań własnych oraz danych IMiGW w Katowicach i ODGW w Gliwicach)

Q – odpływ powierzchniowy; L_t – linia regresji prostoliniowej

Fig. 16. Surface runoff from Dzierżno Duże water reservoir in hydrological years 1975–1994 (A) and 1994–1996 (B) (worked out on the base of results of author's research and data of IMiGW in Katowice and ODGW in Gliwice)

sekwencją zasilania zbiornika. Powyższy związek tłumaczy wartość współczynnika korelacji (0,62) obliczona dla dopływu i odpływu powierzchniowego oraz dla odpływu powierzchniowego i ilości opadów atmosferycznych (0,42) w zlewni zbiornika. Jednocześnie owe wartości dowodzą kształtowania wielkości odpływu powierzchniowego przez inne czynniki, możliwe do ustalenia w świetle bardziej szczegółowych obliczeń.

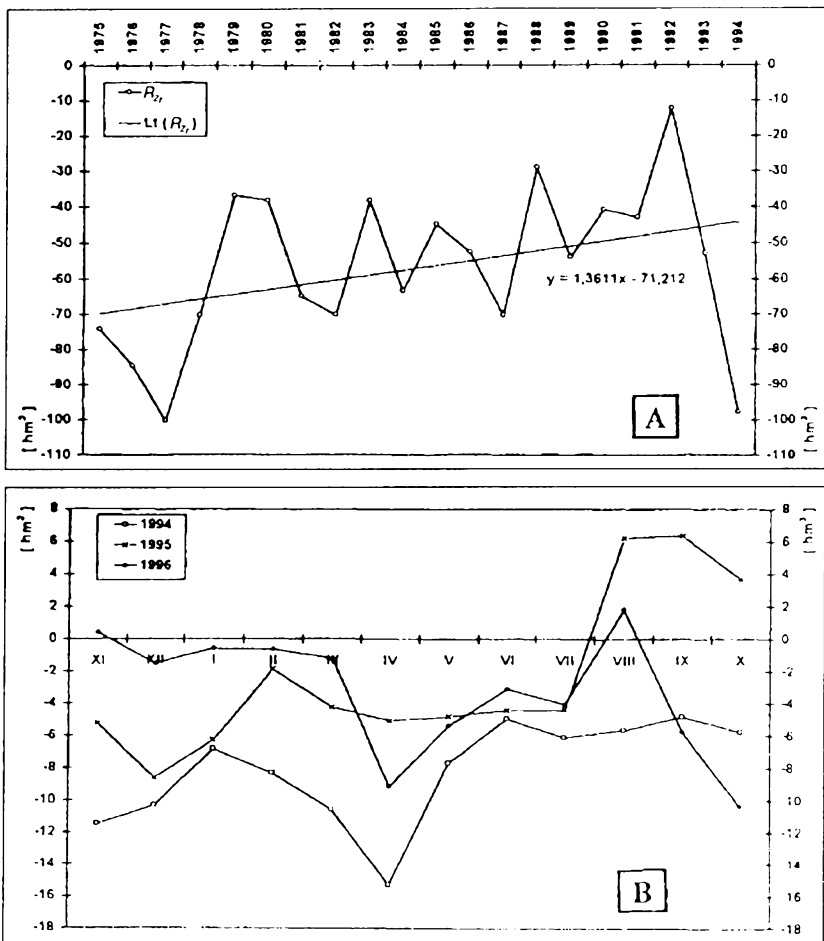
Wielkość odpływu powierzchniowego ze zbiornika obliczona dla okresu 1994–1996 wynosi 401,32 hm³, a w poszczególnych latach kształtowała się na poziomie: 98,03 hm³ (1994 rok), 152,53 hm³ (1995 rok) i 150,76 hm³ (1996 rok). Wahania wielkości odpływu powierzchniowego ze zbiornika są też zróżnicowane dla poszczególnych miesięcy rozpatrywanego okresu (rys. 16). Najwyższe odpływy ze zbiornika przypadają na czas trwania żeglugi na Kanale Gliwickim, tj. od wiosny do jesieni. Najmniej wody odprowadzano w pierwszych miesiącach roku hydrologicznego, co należy wiązać z retencjonowaniem wód, mającym na celu zwiększenie uszczuplonych w okresie żeglugowym zasobów wodnych. W 1994 roku największy odpływ ze zbiornika miał miejsce w lipcu (24,37 hm³), natomiast we wrześniu (z powodu remontu urządzeń zrzutowo-upustowych) odpływ ze zbiornika nie występował (zasypano i uszczelniono kanał upustowy). Rok później najniższą wielkością odpływu cechował się grudzień (4,49 hm³), a najwięcej wody (16,07 hm³) odprowadzono ze zbiornika w sierpniu. Analogiczne wartości dla 1996 roku wynosiły: 8,21 hm³ (w listopadzie) i 24,08 hm³ (w czerwcu).

Zmienność wielkości odpływu powierzchniowego jest konsekwencją intensywności zasilania oraz wynika z systemowego charakteru zarządzania gospodarowaniem wodą, opartego na współpracy wielu instytucji i wykorzystującego zasoby wodne zbiorników wybudowanych w górnej i środkowej części dorzecza Odry (Rutkowski, Śliwa, 1993). Stąd wody odprowadzane ze zbiornika Dzierzno Duże są wykorzystywane w żegludze na sekcjach Kanału Gliwickiego znajdujących się poniżej śluzy Dzierzno, a ponadto zasilając Odrę, stymulując wzrost wartości przepływów niżówkowych, nieznacznie wpływając na poprawę warunków żeglugowych.

3.2.3. Wymiana wód zbiornika ze zlewnią pod powierzchnią

Bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią przedstawiany w równaniu bilansowym ze znakiem minus należy definiować jako ucieczki wody ze zbiornika, z kolei wartość dodatnia – będąca wypadkową podziemnej wymiany wody – świadczy o zasilaniu zbiornika.

Bezwzględne wartości omawianej składowej bilansu wodnego dla poszczególnych lat hydrologicznych wskazują na ucieczki wody ze zbiornika (rys. 17). Wahły się one w granicach od 12,05 hm³ (1992 rok) do 100,42 hm³ (1977 rok) przy średniej 56,92 hm³ i bezwzględnej amplitudzie wynoszącej 88,37 hm³. 49



Rys. 17. Bilans wymiany wód zbiornika Dzierżno Duże ze zlewnią pod powierzchnią w latach hydrologicznych 1975–1994 (A) oraz 1994–1996 (B) (opracowanie na podstawie wyników badań własnych oraz danych IMiGW w Katowicach i ODGW w Gliwicach)

R_z – bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią; Lt – linia regresji prostoliniowej

Fig. 17. Balance of water exchange in Dzierżno Duże water reservoir with subsurface catchment in hydrological years 1975–1994 (A) and 1994–1996 (B) (worked out on the base of results of author's research and data of IMiGW in Katowice and ODGW in Gliwice)

R_z – balance of water exchange with subsurface catchment; Lt – line of rectilinear regression

Na podstawie równania regresji prostoliniowej ($b = 1,3611a - 72,212$) obliczono, że ucieczki wody ze zbiornika w okresie 1975–1994 cechuje tendencja malejąca, której wielkość wynosi średnio ponad $1,36 \text{ hm}^3/\text{rok}$.

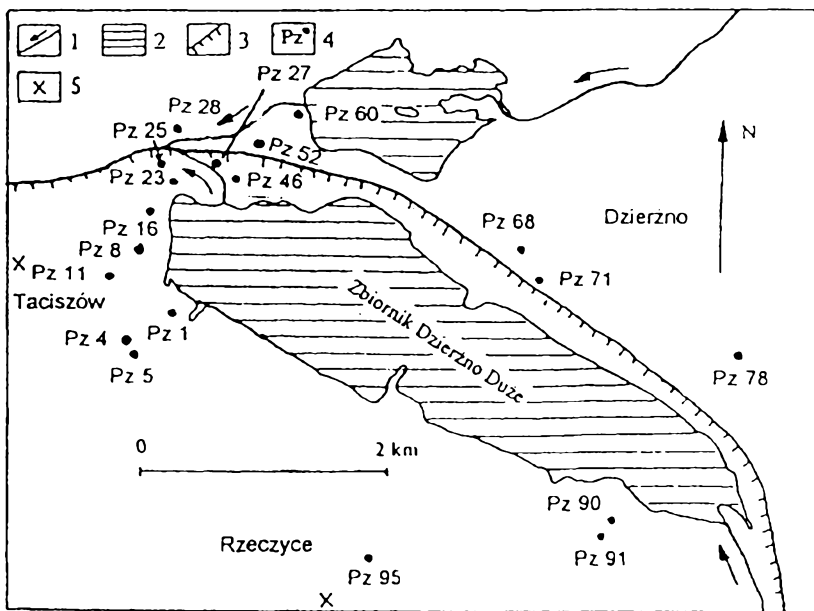
W poszczególnych miesiącach okresu hydrologicznego 1994–1996 obliczenia bilansu wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią wskazywały na występowanie ucieczek wody ze zbiornika, rzadziej na jego efektywne zasilanie (rys. 17). Tym niemniej w zestawieniach rocznych pozycję tę należy traktować

z czego $97,73 \text{ hm}^3$ przypada na 1994 rok, a $28,59 \text{ hm}^3$ oraz $39,39 \text{ hm}^3$ odpowiednio na lata 1995 i 1996. Ujemny bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią osiągał najwyższe wartości w okresach półrocza zimowego, podczas gdy w miesiącach półrocza letniego dochodziło nawet do okresowej przewagi zasilania zbiornika przez wody podziemne nad drenażem wód limnicznych przez horyzont wodonośny. Ucieczki wody ze zbiornika zwiększają się wraz z podpiętrzeniem wód limnicznych, a wielkość jego zasilania wzrasta w czasie obniżania zwierciadła wody w zbiorniku. Należy jednak wspomnieć, iż nie jest to zależność wybitnie liniowa. Duży zakres wahań wielkości ucieczek wody jest implikowany specyfiką warunków środowiskowych otoczenia zbiornika, a przede wszystkim przebiegiem gospodarowania wodą zbiornika w poszczególnych latach hydrologicznych.

Wymiana wód ze zlewnią pod powierzchnią, kształtująca się w specyficznych warunkach naturalnych (misa zbiornika usytuowana w czwartorzędowym materiale piaszczystym, sąsiedztwo okna hydrogeologicznego w piaszczysto-ilastych utworach trzeciorzędowych umożliwiającego migrację wód w niżej zalegające dolomitowo-wapienne formacje triasowe), i stymulacja specyficznym charakterem gospodarowania wodą, prowadząca do wahań zwierciadła wody dochodzących do kilku metrów (maksymalnie $8,18 \text{ m}$ w latach 1975–1996), osiąga skrajnie różne wartości. W pewnych okresach świadczy o przewadze odpływu podziemnego ze zbiornika nad dopływem podziemnym, jednak zdecydowanie częściej osiąga wartości ujemne wskazujące na różnej wielkości ucieczki wody ze zbiornika. Obliczenia wykazały, że w latach 1975–1994 bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią był ujemny i wynosił średnio $1,80 \text{ m}^3/\text{s}$, przy średnim dopływie powierzchniowym osiągającym poziom $6,17 \text{ m}^3/\text{s}$. Zestawienie wartości miesięcznych bilansów wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią ze średnimi miesięcznymi poziomami piętrenia wody w zbiorniku Dzierżno Duże za lata 1975–1996, pozwala na statystyczną ocenę zależności wielkości ucieczek wody ze zbiornika przy wroście poziomu jej piętrenia. Równanie opisujące linię regresji prostoliniowej ($y = -0,6331x + 121,37$) wskazuje, że ucieczka wody w ciągu miesiąca wzrasta o ponad $0,6 \text{ hm}^3$ wraz z podpiętrzeniem zwierciadła wody w zbiorniku o jeden (statystyczny) metr.

Uwzględniając fakt, iż omawiana składowa jest obliczana z równania bilansowego (w odróżnieniu od pozostałych składowych obliczanych niezależnie), nieco więcej miejsca należy poświęcić prezentacji przesłanek oraz dowodów uzasadniających zestawienia liczbowe bilansu wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią oraz wyjaśniających przyczyny jej zmienności w przedstawionym wyżej zakresie wahań.

Informacji dotyczących zalegania zwierciadła wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego identyfikowanego z przepuszczalnymi utworami piaszczysto-żwirowymi czwartorzędu dostarczają wyniki pomiarów piezometrycznych prowadzone w kilkudziesięciu punktach zlokalizowanych wokół zbiornika Dzierżno Duże. Większość z nich nie ma wystarczająco długich i reprezentatywnych 51



Rys. 18. Lokalizacja wybranych piezometrów i studni w okolicach zbiornika Dzierżno Duże
 1 – ciek; 2 – zbiorniki wodne; 3 – kanały; 4 – piezometry; 5 – studnie

Fig. 18. Location of selected piezometers and wells in the vicinity of Dzierżno Duże water reservoir

1 – streams; 2 – water reservoirs; 3 – canals; 4 – piezometers; 5 – wells

ciągów pomiarowych, dlatego w analizie uwzględniono jedynie dane z kilkunastu otworów pomiarowych (rys. 18), dla których wyliczono rozmaite charakterystyki (tab. 5), odnosząc je do wysokości zwierciadła wody w zbiorniku, stwierdzonego w poszczególnych terminach obserwacji piezometrycznych.

Analiza wyników pomiarów piezometrycznych w otoczeniu zbiornika wskazuje, iż zasila on wody podziemne, odgrywa też rolę drenującą w stosunku do horyzontu wodonośnego (tab. 5). Ilość i usytuowanie sprawnych piezometrów w otoczeniu zachodniej części zbiornika, a także ich reprezentatywne ciągi pomiarowe pozwalają na ocenę zjawisk filtracyjnych przede wszystkim w rejonie zapory, gdzie zlokalizowane są otwory badawcze nr 11, 16, 23, 27, 28, 46, 52. Zasilanie wód podziemnych przez wody limniczne – rzadziej drenaż wód podziemnych przez zbiornik – jest szczególnie wyraźne w obszarze przylegającym do zbiornika od strony zachodniej. Świadczy o tym wysoki odsetek przypadków, gdy zwierciadło wód podziemnych układało się poniżej rzędnej piętrzenia wody w zbiorniku. Potwierdzeniem są również wyliczone charakterystyki liczbowe (średnia arytmetyczna, mediana i modalna), których wartości obliczone dla rzędnych zwierciadła wody w piezometrach są niższe od analogicznych dla poziomu zwierciadła wody w zbiorniku. Przewaga drenażu wód podziemnych nad ich zasilaniem jest znamieną dla południowo-wschodniego wybrzeża zbiornika, na co wskazują wyniki pomiarów zalegania zwierciadła wód podziemnych w pie-

Tabela 5

Charakterystyka występowania zwierciadła wód podziemnych w sąsiedztwie zbiornika Dzierżno Duże na podstawie wybranych pomiarów piezometrycznych (opracowanie z danych ODGW w Gliwicach)

Table 5

Characteristics of underground waters table occurrence in the neighbourhood of Dzierżno Duże water reservoir on the base of selected piezometric measurements (worked out on the base of data of ODGW in Gliwice)

Charakterystyka Characteristics	Numer własny piezometru Specific number of piezometer						
	5	11	16	23	27	28	46
Początek okresu obserwacji	06.11.1974						
Koniec okresu obserwacji	25.09.1995	20.09.1991	28.12.1992	25.09.1995	19.03.1990	16.12.1988	25.09.1995
Liczba pomiarów (n_i)	264	216	231	264	198	173	264
Tendencja zmian H_{pz}	+	-	-	+	-	-	-
Liczba przypadków, gdy $H_{pz} \leq H_{zb}$	78	186	217	253	193	172	219
Liczba przypadków, gdy $H_{pz} > H_{zb}$	186	30	14	11	5	1	45
Odsetek przypadków, gdy $H_{pz} \leq H_{zb}$	29,5	86,1	93,9	95,8	97,5	99,4	83,0
Odsetek przypadków, gdy $H_{pz} > H_{zb}$	70,5	13,9	6,1	4,2	2,5	0,6	17,0
Współczynnik korelacji (H_{pz} i H_{zb})	0,63	0,65	0,69	0,85	0,22	0,43	0,24
H_{zb} (śr.) dla n_i pomiarów w okresie obserwacji	198,91	199,03	199,01	198,91	198,95	198,97	198,91
H_{pz} (śr.) dla n_i pomiarów w okresie obserwacji	199,80	197,09	196,85	197,13	195,25	194,87	197,15
H_{zb} (mod.) dla n_i pomiarów w okresie obserwacji	199,05	199,16	199,18	199,05	199,09	199,15	199,05
H_{pz} (mod.) dla n_i pomiarów w okresie obserwacji	199,85	197,59	196,96	197,00	195,12	194,86	197,14
H_{zb} (mod.) dla n_i pomiarów w okresie obserwacji	200,67	199,79	199,67	200,67	199,79	199,79	200,67
H_{pz} (mod.) dla n_i pomiarów w okresie obserwacji	199,96	198,29	196,36	196,29	194,90	194,86	197,28
Odchylenie standardowe dla H_{pz}	0,89	0,89	1,07	1,30	0,88	0,26	0,76
Nachylenie dla zależności H_{pz} od H_{zb}	0,33	0,34	0,44	0,66	0,11	0,06	0,11
Charakterystyka Characteristics	Numer własny piezometru Specific number of piezometer						
	52	60	68	78	90	91	95
Początek okresu obserwacji	06.11.74						
Koniec okresu obserwacji	25.09.1995	14.05.1993	18.10.1989	13.12.1988	25.03.1992	20.09.1991	11.08.1992
Liczba pomiarów (n_i)	264	236	193	183	222	216	227
Tendencja zmian dla H_{pz}	-	-	+	-	-	-	-
Liczba przypadków, gdy $H_{pz} \leq H_{zb}$	225	165	5	119	10	141	0
Liczba przypadków, gdy $H_{pz} > H_{zb}$	39	71	188	64	212	75	227
Odsetek przypadków, gdy $H_{pz} \leq H_{zb}$	85,2	69,9	2,6	65,0	4,5	65,3	0,0
Odsetek przypadków, gdy $H_{pz} > H_{zb}$	14,8	30,1	97,4	35,0	95,5	34,7	100,0
Współczynnik korelacji (H_{pz} i H_{zb})	0,59	0,20	0,50	0,16	0,17	0,04	0,03
H_{zb} (śr.) dla n_i pomiarów w okresie obserwacji	198,91	199,03	198,97	198,94	199,05	199,03	199,04

Charakterystyka Characteristics	Numer własny piezometru Specific number of piezometer						
	52	60	68	78	90	91	95
$H_{pz (sr)}$ dla n , pomiarów w okresie obserwacji	197,08	198,42	201,65	197,91	201,69	197,90	209,48
$H_{zb (med)}$ dla n , pomiarów w okresie obserwacji	199,05	199,23	199,13	199,13	199,22	199,16	199,21
$H_{pz (med)}$ dla n , pomiarów w okresie obserwacji	197,13	198,44	201,70	197,85	201,95	198,37	209,81
$H_{zb (mod)}$ dla n , pomiarów w okresie obserwacji	200,67	200,67	199,79	199,79	199,79	199,79	199,79
$H_{pz (mod)}$ dla n , pomiarów w okresie obserwacji	196,34	198,50	201,33	197,16	202,28	199,30	209,88
Odchylenie standardowe dla H_{pz}	0,67	0,80	0,91	0,75	0,79	1,51	1,54
Nachylenie dla zależności H_{pz} od H_{zb}	0,23	0,10	0,26	0,07	0,08	-0,04	-0,03

Objaśnienia: H_{pz} – rzędna zwierciadła wody w piezometrze, H_{zb} – rzędna zwierciadła wody w zbiorniku Dzierżno Duże w dniu pomiaru piezometrycznego, $H_{zb (sr)}$; $H_{zb (med)}$; $H_{zb (mod)}$ – odpowiednio: średnia arytmetyczna, mediana i moda rzędnych zwierciadła wody w zbiorniku obliczone na podstawie wyników ogólnej liczby pomiarów (n) w okresie obserwacji piezometrycznych, $H_{pz (sr)}$; $H_{pz (med)}$; $H_{pz (mod)}$ – odpowiednio: średnia arytmetyczna, mediana i moda rzędnych zwierciadła wody w piezometrach obliczone na podstawie wyników ogólnej liczby pomiarów (n) w okresie obserwacji piezometrycznych, n – liczba pomiarów w okresie obserwacji.

zometrze nr 91. Analiza danych uzyskanych w drodze pomiarów w pozostałych punktach dokumentuje stałą i prawie stałą (piezometry nr 90 i 95) bądź okresową przewagę podpowierzchniowego zasilania zbiornika nad drenażem wód podziemnych przez zbiornik (piezometry nr 60, 68, 78).

Z powyższego wynika, że podziemny odpływ wód limnicznych ze zbiornika odbywa się w kierunku zachodnim poprzez piaszczysto-żwirowe utwory czwartorzędowe wypełniające kopalną dolinę Kłodnicy i w kierunku południowo-wschodnim, gdzie poprzez utwory czwartorzędowe jest możliwy kontakt wód limnicznych z wodami szczelinowo-krasowego zbiornika wód podziemnych, związanego z triasowymi formacjami wapieni i dolomitów. Z kolei od strony południowej i północnej obiektu badań zwierciadło wód podziemnych najczęściej charakteryzuje się nachyleniem w kierunku osi doliny, tj. zgodnie z powierzchnią topograficzną terenu, co w konsekwencji prowadzi do okresowego zasilania zbiornika.

Spostrzeżenia te częściowo potwierdzają badania geofizyczne prowadzone w rejonie zbiornika Dzierżno Duże przez K. Białyżyta (1995) i korespondują z rezultatami badań hydrogeologicznych (Rózkowski, Mitas, Witkowski, 1989; Kropka, 1990; Rózkowski, Chmura, Siemiński, 1997).

Ucieczki wody ze zbiornika osiągają zwykle duże rozmiary w okresach wysokiego poziomu piętrzenia wody, a zmniejszają się wraz z jego obniżeniem. W czasie niskiego poziomu piętrzenia wody przypadającego najczęściej na miesiące letnie dochodzi do okresowego zasilania zbiornika. Można przypuszczać, iż w procesie występującego wówczas drenażu wód podziemnych przez zbiornik uczestniczą wody zretencjonowane w utworach strefy przyzbiornikowej

w okresie wysokiego poziomu piętrzenia. Swoistym eksperymentem był fakt całkowitego wyłączenia z eksploatacji (z powodu remontu kapitalnego) urządzeń zrzutowo-upustowych, tzw. przewału kłodnickiego. We wrześniu 1994 roku – przy zerowej wielkości odpływu powierzchniowego i średnim miesięcznym poziomie piętrzenia wody w zbiorniku, wynoszącym 196,49 m n.p.m. – bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią wskazywał na ucieczkę wody wynoszącą 4,79 hm³ (1,85 m³/s). Z kolei w okresie od sierpnia do października 1995 roku stwierdzono zwiększenie retencji zbiornikowej, które mogło nastąpić jedynie w wyniku zasilania podziemnego, ponieważ nie uzasadniają jej ilości wody pochodzącej z dopływu powierzchniowego i opadów oraz ewentualne niedoszacowanie wielkości parowania.

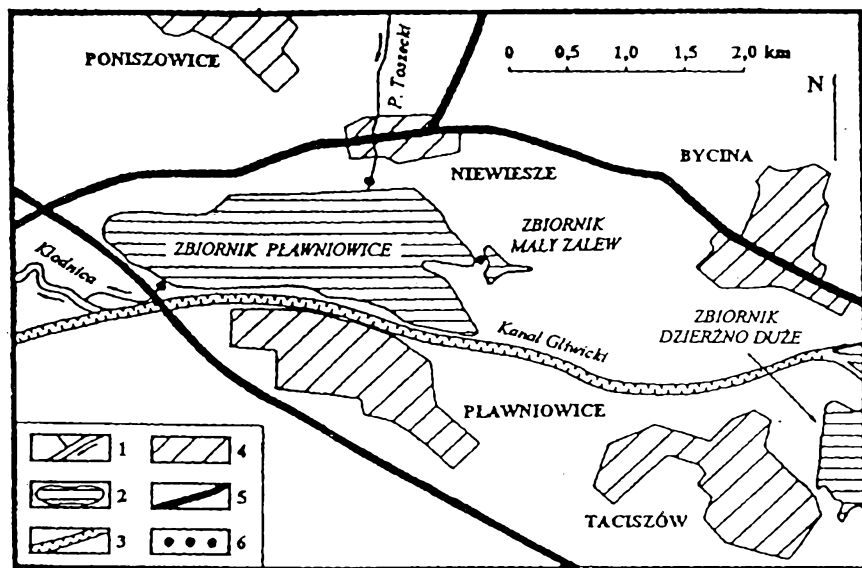
Bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią, wskazujący na ucieczki wody ze zbiornika w ciągu poszczególnych lat hydrologicznych, można ponadto argumentować właściwościami fizykochemicznymi wód podziemnych zalegających w jego otoczeniu, a w szczególności w miejscach – stwierdzonych na podstawie wyników obserwacji piezometrycznych – drenażu wód limnicznych przez horyzont wodonośny.

Obecnie w obszarze znajdującym się na południowy wschód od zbiornika nie ma studni, odwiertów i sprawnych piezometrów, które pozwalałyby na wiarygodną ocenę właściwości fizykochemicznych wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego identyfikowanego z utworami czwartorzędowymi. Jest natomiast dość dużo informacji na temat właściwości fizykochemicznych wód podziemnych występujących w utworach triasowych – w omawianym obszarze zalegających w spągu utworów czwartorzędowych i na obszarze okna hydrogeologicznego pozbawionych izolacji osadów trzeciorzędowych. W niewielkim oddaleniu od zbiornika Dzierżno Duże znajdują się ujęcia wodociągowe bazujące na zasobach wód podziemnych obecnych w utworach triasowych. Na podstawie badań właściwości fizykochemicznych tychże wód – zdecydowanie świadczących o sukcesywnie pogarszającej się ich jakości w wyniku dopływu zanieczyszczeń – można wnioskować, iż jest to konsekwencja m.in. migracji silnie zanieczyszczonych wód od strony zbiornika Dzierżno Duże, zwłaszcza że właściwości fizyczne i chemiczne wód podziemnych eksploatowanych przez ujęcia oddalone od zbiornika Dzierżno Duże są zdecydowanie korzystniejsze.

Badania laboratoryjne prób wody podziemnej pobranych w piezometrach i w studniach zlokalizowanych w dolinie Kłodnicy poniżej zapory czołowej potwierdzają tezę o istnieniu odpływu podziemnego ze zbiornika. Wody podziemne znajdujące się w utworach aluwialnych doliny Kłodnicy odznaczają się zdecydowanie mniej korzystnymi parametrami fizykochemicznymi niż wody spływające podpowierzchniowo ku osi doliny z partii wysoczyznowych Działów Pyskowickich od północy i Działu Żernickiego od strony południowej. Niejednokrotnie niższą zawartość jonów występujących w wodach podziemnych doliny Kłodnicy poniżej zapory czołowej od stężeń stwierdzonych w wodach zbiornika Dzierżno Duże należy tłumaczyć efektem rozcieńczenia wywołanym 55

dopływem ze zboczy doliny wód podziemnych charakteryzujących się niższą mineralizacją.

Faktu ucieczek wody ze zbiornika Dzierżno Duże (wyróżniającego się m.in. dużym zasoleniem) można też domniemywać na podstawie wyników badań hydrochemicznych – oddalonego o 3 km na zachód od zbiornika Dzierżno Duże i usytuowanego również w osi doliny Kłodnicy – poeksploatacyjnego zbiornika Pławniowice (rys. 19), przeprowadzonych w okresie hydrologicznym 1994–1996. Utworzony w 1975 roku zbiornik Pławniowice jest zasilany przez dopływające od północy wody Potoku Toszeckiego (zlewnia o powierzchni 107 km² obejmująca w głównej mierze południowe stoki Garbu Tarnogórskiego) oraz niewielki ciek od strony wschodniej o powierzchni zlewni 9 km² i średnim miesięcznym przepływie oscylującym wokół wartości 1,5 l/s. Woda ze zbiornika o pojemności maksymalnej wynoszącej 26,7 hm³ i powierzchni dochodzącej do 2,4 km² jest odprowadzana przez jaz zrzutowy ze służą upustową oraz przez ujęcie wody do celów przemysłowych.



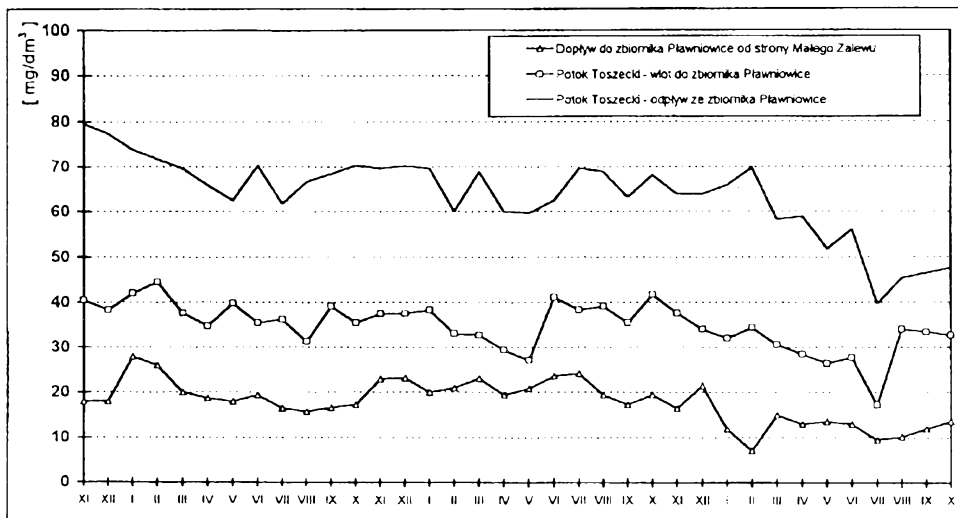
Rys. 19. Lokalizacja zbiornika Pławniowice

1 – ciek; 2 – zbiorniki wodne; 3 – kanały; 4 – tereny zabudowane; 5 – drogi; 6 – miejsca poboru próbek wody

Fig. 19. Location of Pławniowice water reservoir

1 – streams; 2 – water reservoirs; 3 – canals; 4 – built-up areas; 5 – roads; 6 – places of water sampling

W każdym okresie pomiarowym zarówno przewodność właściwa, jak i zawartość chlorków w wodach dopływów były zdecydowanie niższe od analogicznych wartości stwierdzonych w wodach odpływających (i odprowadzanych) ze zbiornika (rys. 20). Wstępne obliczenia bilansu wodnego dowodzą, że zbiornik Pławniowice zasilają wody podziemne, a powyższa analiza danych hydrochemicznych wskazuje, iż są to wody o podwyższonym zasoleniu. Podobny poziom



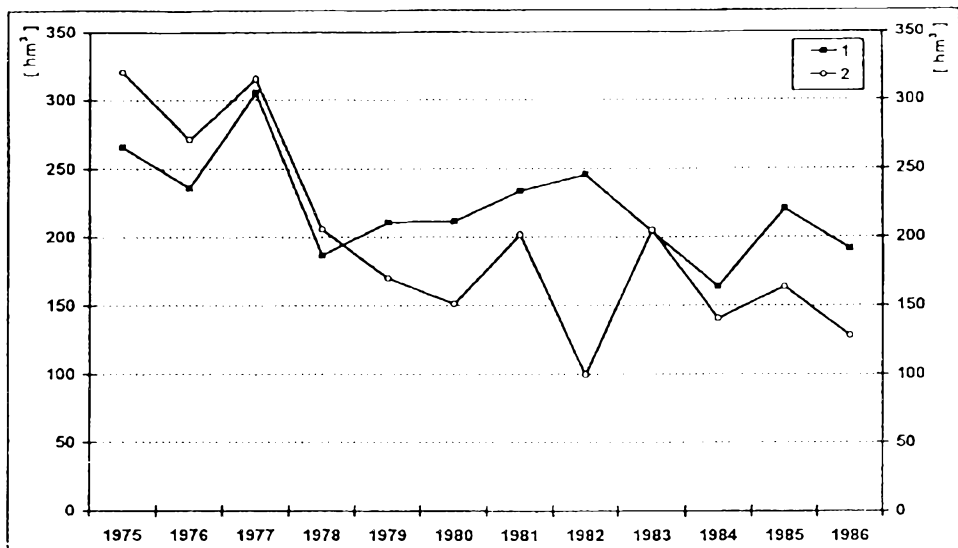
Rys. 20. Zbiornik Pławniowice. Zawartość chlorków w wybranych punktach pomiarowych w okresie od listopada 1995 do października 1997

Fig. 20. Pławniowice water reservoir. Content of chlorides in selected measuring points from November 1995 to October 1997

zasolenia cechuje wody studni zlokalizowanych w otoczeniu zbiornika, usytuowanych w czwartorzędowym (głównie piaszczystym) materiale. Nie wykluczone, że wody te po wieloletniej filtracji pochodzą właśnie ze zbiornika Dzierżno Duże, chociaż M. KostECKI (1977) sugeruje prawdopodobną obecność dennych źródeł zasolonych wód podziemnych występujących w utworach trzeciorzędowych. Warto wspomnieć, że infiltracja silnie zanieczyszczonych wód z Kanału Gliwickiego do zbiornika Pławniowice nie jest możliwa ze względu na istnienie szczelnego ekranu koryta kanału. Ponadto w przylegającej do zbiornika V sekcji kanału nie obserwuje się ucieczek wody, a jej zwierciadło znajduje się poniżej rzędnej poziomu piętrzenia wody w zbiorniku Pławniowice.

Ucieczki wody ze zbiornika Dzierżno Duże potwierdzają obliczenia odpływu powierzchniowego wykonane dla zlewni Kłodnicy ograniczonej wodowskazami Gliwice i Łany Małe (rys. 8). W połowie lat siedemdziesiątych wielkości rocznych odpływów ze zlewni po profil wodowskazowy Łany Małe były wyższe od wielkości odpływu ze zlewni Kłodnicy po profil Gliwice, a w okresie 1978-1979 omawiane wielkości były zbliżone. W latach osiemdziesiątych odpływ w profilu Łany Małe (mimo zdecydowanie większej powierzchni zlewni) był niższy w skali roku nawet o około 150 hm^3 od odpływu ze zlewni Kłodnicy ograniczonej wodowskazem Gliwice (rys. 21).

Wodowskaz Gliwice jest zlokalizowany na 46,2 km biegu Kłodnicy i zamyka zlewnię o powierzchni 444 km^2 , z kolei wodowskaz Łany Małe (obecnie zlikwidowany) znajdował się na 23,4 km biegu rzeki i był profilem zamykającym zlewnię o powierzchni $867,2 \text{ km}^2$. Średni roczny przepływ Kłodnicy z wielole-



Rys. 21. Zmiany wielkości rocznych odpływów ze zlewni Kłodnicy w latach hydrologicznych 1975-1986 (opracowanie na podstawie danych IMiGW w Katowicach i ODGW w Gliwicach)
 1 - rzeka Kłodnica - profil Gliwice (A = 444,0 km²); 2 - rzeka Kłodnica - profil Łany Małe (A = 867,2 km²), z uwzględnieniem ilości wody odpływającej (odprowadzanej) Kanałem Gliwickim

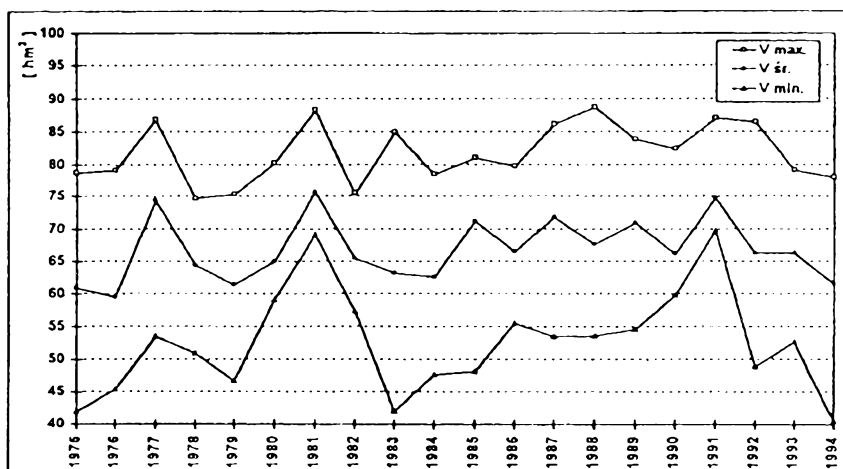
Fig. 21. Changes in values of annual runoff from the Kłodnica catchment in hydrological years 1975-1994 (A) and 1994-1996 (B) (worked out on the base of results of author's research and data of IMiGW in Katowice and ODGW in Gliwice)
 1 - the Kłodnica river - profile at Gliwice (A = 444,0 km²); 2 - the Kłodnica river - profile at Łany Małe (A = 867,2 km²), including the size of water outflowing (draining) through Gliwice Canal

cia 1975-1986 w profilu Gliwice kształtował się na poziomie 7,07 m³/s, natomiast analogiczna wartość dla wodowskazu Łany Małe wynosi zaledwie 4,75 m³/s. Uwzględniając odpływ wody ze zlewni odrębnym torem wodnym - jakim jest Kanał Gliwicki - średnio w ciągu roku w ilości 1,53 m³/s, w profilu Łany Małe uzyskuje się przepływ rzędu 6,28 m³/s. Na skutek przyrostu powierzchni zlewni Kłodnicy między wodowskazem Gliwice a wodowskazem Łany Małe o 423,2 km² należałoby się spodziewać wzrostu wielkości przepływu, tymczasem obliczenia bilansowe wskazują na ubytek wody w obszarze zlewni różnicowej (rys. 21), na terenie której znajduje się zbiornik Dzierżno Duże.

3.3. Zmiany retencji zbiornika

Częste i rozległe wahania stanów wody w zbiorniku są przyczyną zmian wielkości retencji. W latach 1975-1994 ilość retencjonowanej wody zmieniała się w zakresie od 40,56 hm³ (w 1994 roku) do 88,72 hm³ (w 1988 roku), co daje amplitudę rzędu 48,16 hm³. Największa roczna amplituda wahań retencji zbiornika była charakterystyczna dla 1983 roku (42,97 hm³), najmniejsza zaś wystąpiła w 1991 roku (17,33 hm³).

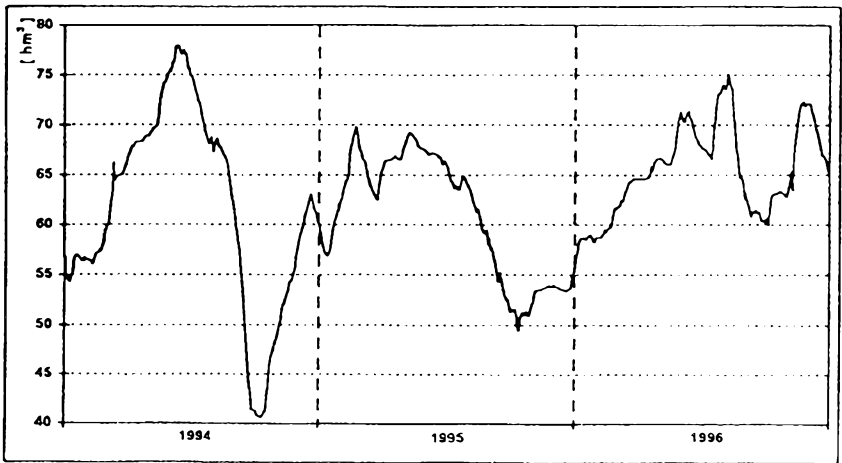
Wartości średnie roczne obliczone dla ilości zretencjonowanej w zbiorniku wody (rys. 22) wahają się w zakresie od $59,56 \text{ hm}^3$ (w 1976 roku) do $75,68 \text{ hm}^3$ (w 1981 roku) przy średniej rocznej z wielolecia wynoszącej $66,81 \text{ hm}^3$ i amplitudzie $16,12 \text{ hm}^3$. Maksymalne wartości retencji w omawianym dwudziestoleciu (rys. 22) przy amplitudzie wynoszącej $14,07 \text{ hm}^3$ zawierają się w przedziale od $74,65 \text{ hm}^3$ (w 1994 roku) do $88,72 \text{ hm}^3$ (w 1988 roku), a średnia z wielolecia oscyluje wokół wartości $81,57 \text{ hm}^3$. Z kolei średnia z minimalnych rocznych ilości retencjonowanej wody stwierdzonych w poszczególnych latach (rys. 22) wynosi $52,57 \text{ hm}^3$, wartości roczne zaś wahają się w zakresie od $40,56 \text{ hm}^3$ (w 1994 roku) do $69,76 \text{ hm}^3$ (w 1991 roku), charakteryzując się amplitudą $22,13 \text{ hm}^3$.



Rys. 22. Zmiany maksymalnych (V_{\max}), średnich (V_{sr}) i minimalnych (V_{\min}) wielkości retencji zbiornika Dzierżno Duże w okresie hydrologicznym 1975–1994 (opracowanie na podstawie danych ODGW w Gliwicach)

Fig. 22. Changes in maximal (V_{\max}), mean (V_{sr}) and minimal (V_{\min}) values of retention in Dzierżno Duże water reservoir in hydrological period 1975–1994 (worked out on the base of results of author's research and data of ODGW in Gliwice)

Znaczne wahania retencji zbiornika były szczególnie znamienne dla okresu hydrologicznego 1994–1996 (rys. 23). Ilość wód zasilających zbiornik w półroczu letnim nie rekompensuje wielkości strat i odpływu wody wykorzystanej gospodarczo w tym okresie, stąd w półroczach zimowych dążono do wzrostu retencji, przechwytyjąc wody roztopowe oraz pochodzące m.in. z jesiennych i wiosennych opadów. Z kolei w półroczach letnich następował spadek retencji zbiornika na skutek m.in. wykorzystania jego wód w niżej położonych częściach zlewni Kłodnicy (w Kanale Gliwickim). Należy wspomnieć, iż znaczne zmiany omawianego parametru (zwłaszcza w 1994 roku) implikował remont urządzeń zrzutowo-upustowych zlokalizowanych na kanale odprowadzającym wodę ze zbiornika.



Rys. 23. Zmiany retencji (wartości codzienne) zbiornika Dzierżno Duże w latach hydrologicznych 1994–1996 (opracowanie na podstawie danych ODGW w Gliwicach)

Fig. 23. Changes in retention (daily values) of Dzierżno Duże water reservoir in hydrological years 1994–1996 (worked out on the base of results of author's research and data of ODGW in Gliwice)

Wielkości retencji początkowej oraz retencji końcowej – wykorzystane w obliczeniach bilansu wodnego – plasowały się w wyżej przedstawionym przedziale wartości obrazującym zakres wahań ilości retencjonowanej wody w zbiorniku. Dla wielolecia 1975–1994 wartość retencji początkowej wahała się w zakresie od $46,08 \text{ hm}^3$ do $81,84 \text{ hm}^3$, natomiast retencja końcowa kształtowała się w granicach od $48,00 \text{ hm}^3$ do $72,24 \text{ hm}^3$. Wielkości retencji początkowej i końcowej dla poszczególnych miesięcy okresu hydrologicznego 1994–1996 wynosiły od $41,31 \text{ hm}^3$ do $75,59 \text{ hm}^3$.

3.4. Tempo wymiany wód

Łączna suma zasilania powierzchniowego i alimentacji zbiornika przez wody pochodzące z opadów atmosferycznych (ogólne zasilanie zbiornika) w wieloleciu 1975–1996 wynosi $4345,54 \text{ hm}^3$ ($6,26 \text{ m}^3/\text{s}$). Udział dopływu powierzchniowego w ogólnym zasilaniu zbiornika kształtuje się na poziomie 98,2%, natomiast opady atmosferyczne stanowią tylko 1,8%.

Przeprowadzona analiza wykazała, że bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią dla każdego roku rozpatrywanego okresu był ujemny, co wskazuje na ucieczki wody ze zbiornika. Dlatego też wydaje się słuszne włączenie tej składowej bilansu wodnego do pozycji rozchodowych, mimo że faktycznie jest ona wypadkową zasilania i odpływu podziemnego. Obliczenia bilansowe dla wielolecia 1975–1996 wskazują na ucieczki wody ze zbiornika w ilości $1206,39 \text{ hm}^3$. Oznacza to, że średnio w ciągu każdego roku rozpatrywanego wielolecia horyzont wodonośny był zasilany przez wody limniczne w ilości $54,83 \text{ hm}^3$ ($1,74 \text{ m}^3/\text{s}$).

Traktując odpływ powierzchniowy, parowanie oraz bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią jako pozycje rozchodowe w bilansie wodnym stwierdzono, że w latach 1975–1996 odpłynęło ze zbiornika 4362,74 hm³. Udział odpływu powierzchniowego w całkowitym odpływie ze zbiornika wynosi więc 70,7%, natomiast na odpływ podziemny przypada 27,7%, a parowanie stanowi tylko 1,6%.

Z bilansem wodnym jezior i zbiorników wiąże się bezpośrednio problematyka tempa wymiany wody (D ynus - A ngiel, 1979; Ch oiński, 1995; B orow iak, 1996) – zagadnienia niezwykle ważnego dla prawidłowości ustalenia migracji zanieczyszczeń i bilansu materii w środowisku limnicznym (D obrowolski, Fa l, 1995; Ch oiński, 1995). Na określenie tempa wymiany wody w zbiorniku stosuje się kilka miar (D ynus - A ngiel, 1979; Ch oiński, 1995): współczynnik wymiany pionowej – będący stosunkiem objętości wody parującej z powierzchni zbiornika do jego pojemności; współczynnik wymiany globalnej – rozumiany jako iloraz sumy objętości wody parującej z powierzchni i odpływającej ze zbiornika (jeziora) do jego pojemności; współczynnik hydraulicznego obciążenia zbiornika (jeziora) – zwany również współczynnikiem intensywności wymiany poziomej – wyznaczający stosunek objętości odpływu do objętości wody zretencjonowanej w zbiorniku (jeziorze).

Obliczone wskaźniki nie oznaczają rzeczywistej całkowitej wymiany wody w akwie. Należy je raczej utożsamiać z wartościami teoretycznymi, pozwalającymi na przybliżoną ocenę nasilenia tego procesu (Ch oiński, 1995). Uwaga ta szczególnie dotyczy omawianego zbiornika, który funkcjonując w systemie zaopatrzenia w wodę Kanału Gliwickiego, cechuje się znacznymi zmianami retencji w ciągu roku. Z tego względu przy obliczeniach tempa wymiany wody dla poszczególnych lat hydrologicznych wielolecia 1975–1996 celowe jest wykorzystanie średnich rocznych wielkości retencji jako bardziej reprezentatywnych od tych, które odpowiadają normalnemu poziomowi piętrzenia.

Niewielka – chociażby w stosunku do dopływu powierzchniowego – objętość wody parującej ze zbiornika Dzierżno Duże powoduje, że współczynnik intensywności wymiany pionowej osiąga niskie wartości – od 0,03 do 0,06.

Traktując bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią jako parametr wskazujący na wielkość odpływu podziemnego stwierdzono, że współczynnik intensywności wymiany globalnej w poszczególnych latach wielolecia 1975–1996 waha się w zakresie od 1,99 do 4,41, co po przeliczeniach pozwala ustalić czas wymiany wody w latach wynoszący odpowiednio 0,50 i 0,23. Podobne wartości osiąga współczynnik intensywności wymiany poziomej – od 1,94 do 4,36 (czas wymiany wody w latach wynosi odpowiednio: 0,52 i 0,23).

4

Dynamika zmian wybranych zanieczyszczeń zbiornika Dzierżno Duże i jego otoczenia

4.1. Wpływ zbiornika Dzierżno Duże na kształtowanie właściwości fizykochemicznych wód powierzchniowych

4.1.1. Rola zbiornika w redukcji stężeń wybranych zanieczyszczeń

Wody powierzchniowe w otoczeniu hydrowęzła Dzierżno są w znacznym stopniu różnicowane pod względem hydrochemicznym, co jest przyczyną skrajnie różnego ich wykorzystania (Rzetała, 1996). Najbardziej korzystnymi parametrami fizykochemicznymi odznaczają się wody okresowych cieków o niewielkiej długości, spływających ku dolinie Kłodnicy (w otoczeniu hydrowęzła) od północnej, a także od południowej strony (Kozłówka, Potok Rzeczycki i Kleszczowski, Pniówka), cechujące się przewodnością właściwą wynoszącą zazwyczaj od 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ do 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i mineralizacją ogólną rzędu 250–350 mg/dm^3 . W związku z tym, że potoki odwadniają tereny zabudowane i towarzyszące im pola uprawne, można wnioskować o antropogenicznych zmianach jakości ich wód. Niestety, pozostające do dyspozycji dane archiwalne nie pozwalają na określenie zdefiniowanego przez B. J a n c a (1992, 1997) tła hydrochemicznego oraz hydrogeochemicznego, umożliwiającego pełną ocenę skali antropogenicznej transformacji składu ilościowo-jakościowego tych wód.

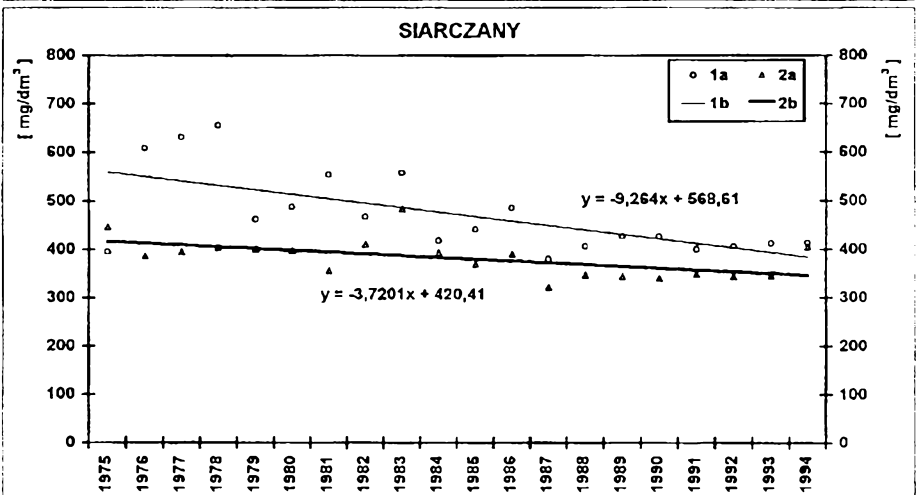
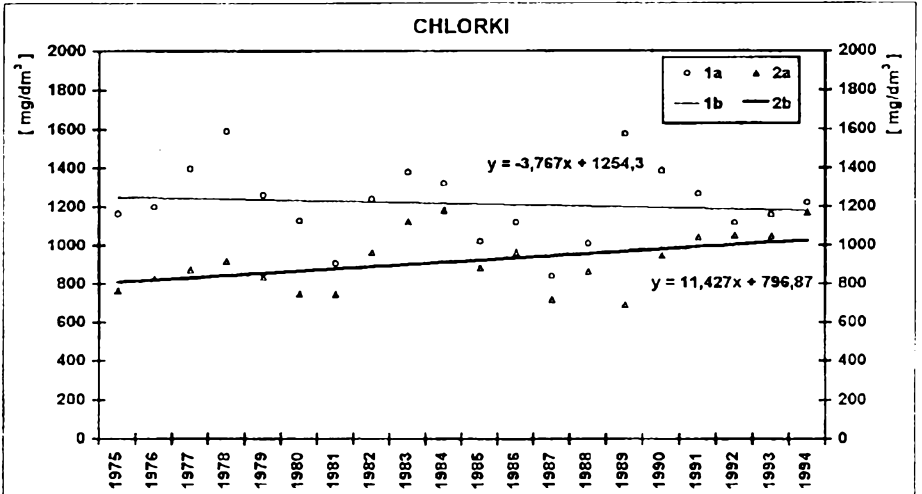
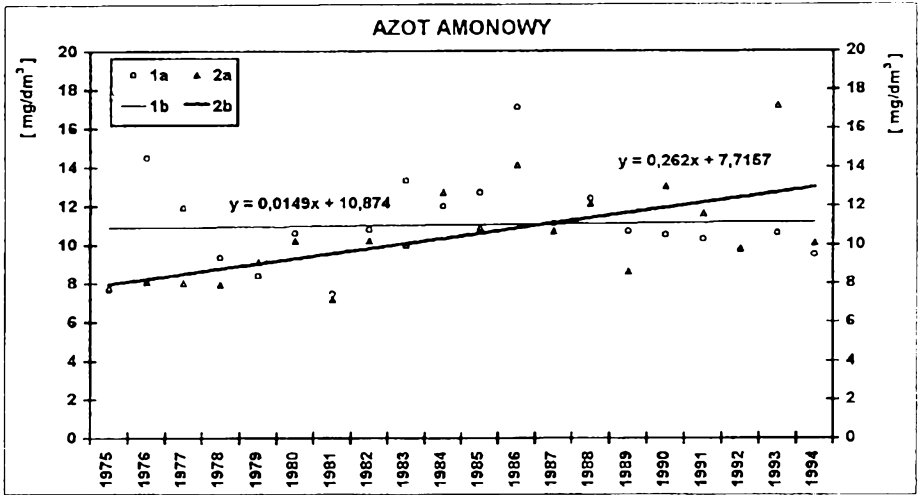
Jakość wody na obszarze węzła wodnego Dzierżno determinuje przede wszystkim obecność zanieczyszczeń allochtonicznych dostarczanych przez Kłodnicę i Kanał Gliwicki z wyżej położonych, silnie zurbanizowanych oraz uprzemysłowionych części zlewni (Grzbiela, 1977; Mill, 1980; Chmura, 1985; Janowski, Rzetała, Wach, 1995; Rzetała, 1996). W odniesieniu do składu hydrochemicznego wód autochtonicznych hydrowęzła, wody dostarczane z zachodniej części Wyżyny Katowickiej charakteryzują się przewodnością właściwą i mineralizacją ogólną wyższą nawet ponaddziesięciokrotnie. Utworzenie w wyrobisku popiaskowym zbiornika Dzierżno Duże i skierowanie do niego wód

62 pochodzących z odwodnienia zachodniej części Wyżyny Katowickiej – mimo zna-

czącej poprawy niektórych parametrów jakościowych wód potamicznych – nie rozwiązuje problemu zanieczyszczenia niżej położonych partii zlewni Kłodnicy i zasilanej przez nią Odry. Wiąże się to z zagadnieniem tzw. retencji chemicznej jezior i zbiorników wodnych, której znaczenie jest możliwe do oceny w kontekście stężeń (Kostecki, 1977; Galicka, Penczak, Marszał, Zaczyński, Koszaliński, 1994; Janda, Rzętała, 1995; Piliczewski, 1996; Gierszewski, 1997) i ładunków substancji (Paluch, Twardowska, Kostecki, Magosz, 1975; Kostecki, 1978, 1979a; Galicka, 1990, 1996; Galicka, Drożdzyk, 1994; Galicka, Drożdzyk, Korczyńska, 1994; Kentzer, Giziński, 1995) analizowanych w systemie dopływ–odpływ.

Ze względu na to, że wody Kłodnicy stanowią ponad 99,9% ogólnej wielkości zasilania powierzchniowego Dzierżna Dużego, a udział opadów atmosferycznych w kompleksowej alimentacji tego zbiornika wynosi ok. 1,8%, jego wpływ na kształtowanie właściwości fizykochemicznych wód powierzchniowych zostanie omówiony na przykładzie zmienności parametrów hydrochemicznych oraz stężeń wybranych substancji w dwóch profilach kontrolno-pomiarowych zlokalizowanych na 38,6 i 32,0 kilometrze biegu tej rzeki, tj. odpowiednio: rzeka Kłodnica – dopływ do zbiornika, rzeka Kłodnica – odpływ ze zbiornika. Dla wód okresowo alimentujących zbiornik od strony Kanału Gliwickiego, zasilanego powyżej przez Kłodnicę, za reprezentatywne uznano właściwości fizykochemiczne stwierdzone w tej rzece na dopływie do obiektu, ponieważ współczynnik korelacji wynoszący 0,99 wskazuje na bardzo wysoką – wprost proporcjonalną – zależność korelowanych cech.

W latach 1975–1994 średnie roczne stężenia azotu amonowego w wodach Kłodnicy powyżej zbiornika wahały się w granicach od $7,5 \text{ mg/dm}^3$ (w 1981 roku) do $17,1 \text{ mg/dm}^3$ (w 1986 roku), a amplituda wahań wynosiła $9,6 \text{ mg/dm}^3$, przy średniej rocznej obliczonej dla wielolecia, osiągającej poziom $11,0 \text{ mg/dm}^3$. W świetle zasad klasyfikacji wód powierzchniowych (Rozporządzenie..., 1991) wody dopływające do Dzierżna Dużego w żadnym z poszczególnych lat nie odpowiadają normom nawet III klasy czystości. To samo dotyczy wód Kłodnicy odpływających ze zbiornika. O ile na początku okresu objętego analizą średnie roczne stężenia tego związku w wodach dopływu były wyższe od wielkości średnich rocznych zawartości w wodach odpływu, o tyle pod koniec okresu badań coraz częściej występowały relacje odwrotne (rys. 24). Na sukcesywnie postępującą utratę możliwości samooczyszczania wód oraz spadek kumulacyjnych zdolności zbiornika, przy jednoczesnym jego samooczyszczaniu, wskazuje tendencja zmian średnich rocznych stężeń N-NH_4 w wodzie zasilającej zbiornik, charakteryzująca się znikomym wzrostem przy średnich rocznych stężeniach azotu amonowego w wodzie odpływającej ze zbiornika, posiadających wyraźną tendencję wzrostu wynoszącą ok. $0,26 \text{ mg/dm}^3$ rocznie. Może to wskazywać na zbiornik jako źródło azotu amonowego powstającego w procesach denitryfikacji, w wyniku których – jak powszechnie wiadomo (Zieliński, 1978; Burchar, Hereźniak-Ciotowa, Kaca, 1990; Tomaszek, Czerwieniec, 63



1995) – azotyny i azotany wobec nieznacznej ilości lub braku tlenu są redukowane do amoniaku. Z kolei równoczesna – w tym wypadku również stała – obecność amoniaku i azotynów świadczy – według Z. Pazdro i B. Kozerskiego (1990) – o tym, iż jest to trwałe zanieczyszczenie organiczne.

Średnie roczne stężenia chlorków w wodzie Kłodnicy wpływającej do zbiornika Dzierżno Duże (rys. 24) wahały się od 838 mg/dm³ (w 1987 roku) do 1591,1 mg/dm³ (w 1978 roku), przy średniej rocznej z wielolecia oraz amplitudzie wahań wynoszących odpowiednio 1214,7 mg/dm³ i 753,1 mg/dm³. Dla wód Kłodnicy odpływających ze zbiornika przedstawione charakterystyki były zdecydowanie korzystniejsze. Zakres wahań średnich rocznych stężeń chlorków kształtował się od 690,0 mg/dm³ (w 1989 roku) do 1183,0 mg/dm³ (w 1984 roku) i wynosił 493,0 mg/dm³, natomiast średnie roczne stężenie z wielolecia osiągnęło 916,9 mg/dm³. Tym samym średnie roczne stężenia chlorków w wodach dopływających i odpływających – w każdym roku rozpatrywanego dwudziestolecia – przekraczają wartości dopuszczalne dla III klasy czystości wód (400 mg/dm³ i poniżej), blisko trzykrotnie w skrajnych przypadkach (w 1978 roku). Mimo że średnie roczne stężenia chlorków w wodzie odpływającej ze zbiornika są niższe niż w wodzie do niego dopływającej, to wzrostowa tendencja ich zmian dla wód odpływu przy nieznacznie spadkowej tendencji dla wód dopływających wskazuje na sukcesywny wzrost zasolenia zbiornika (rys. 24). Mając na uwadze liczne opracowania (Szymańska, 1990; Czaja, Jankowski, 1991; Matysik, 1992; Chaber, Krogulski, 1993; Goszcz, 1993; Czaban, 1993; Róźkowski, Róźkowski, 1994; Rzętała, Wach, 1995, 1997; Janda, Rzętała, 1996; Jankowski, 1997), należy stwierdzić, że jest to niewątpliwie pochodna długookresowego dopływu zasolonych wód dołowych kopalń węgla kamiennego zlokalizowanych na obszarze zlewni Kłodnicy.

Średnie roczne stężenia siarczanów w wodzie Kłodnicy dopływającej do zbiornika w latach 1975–1994 wahały się od 380,0 mg/dm³ (w 1987 roku) do 655,2 mg/dm³ (w 1978 roku), przy średniej rocznej z wielolecia wynoszącej 371,3 mg/dm³ i amplitudzie wahań – 275,2 mg/dm³. Zakres zmienności średnich rocznych stężeń siarczanów w wodzie Kłodnicy odpływającej ze zbiornika wynosił 335,0 mg/dm³ i odbywał się w przedziale od 322,0 mg/dm³ (w 1987 roku) do

Rys. 24. Zmienność średnich rocznych stężeń azotu amonowego, chlorków i siarczanów w wodzie Kłodnicy w latach 1975–1994 (opracowanie na podstawie danych OBiKŚ w Katowicach)

1a – średnie roczne stężenia substancji w wodzie dopływającej do zbiornika Dzierżno Duże; **1b** – linia regresji prostoliniowej dla średnich rocznych stężeń substancji w wodzie dopływającej do zbiornika Dzierżno Duże; **2a** – średnie roczne stężenia substancji w wodzie odpływającej ze zbiornika Dzierżno Duże; **2b** – linia regresji prostoliniowej dla średnich rocznych stężeń substancji w wodzie odpływającej ze zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 24. Changes in mean annual contamination of ammonium nitrogen, chlorides and sulphates in the Kłodnica waters in years 1975–1994 (worked out on the base of data from OBiKŚ in Katowice)

1a – mean annual contamination of substances in water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; **1b** – line of rectilinear regression for mean annual values of substances in water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; **2a** – mean annual contamination of substances in water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir; **2b** – line of rectilinear regression for mean annual contamination of substances in water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir

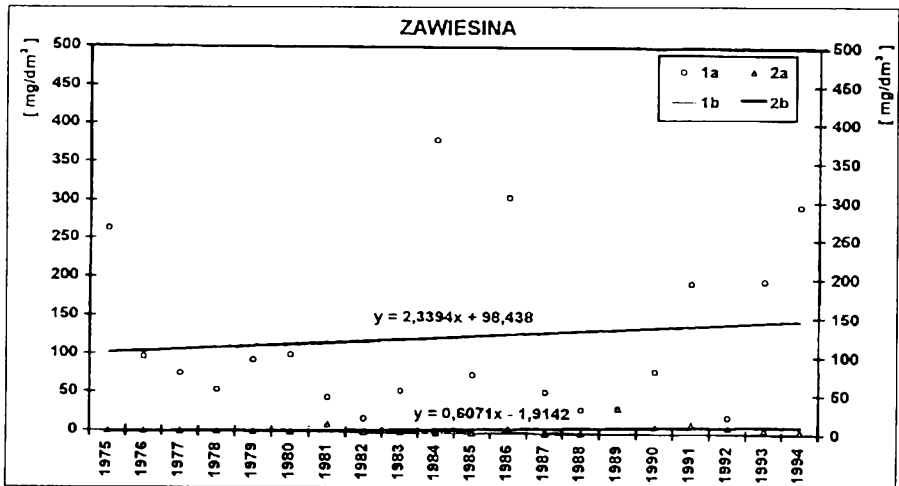
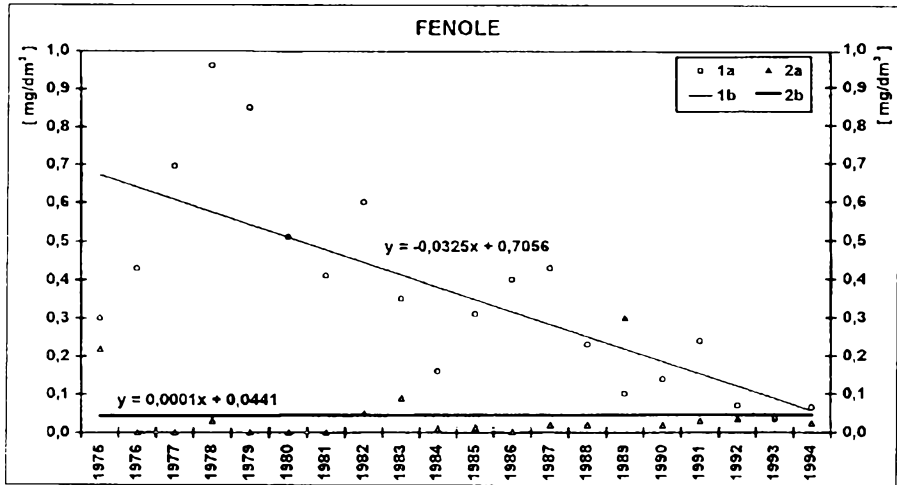
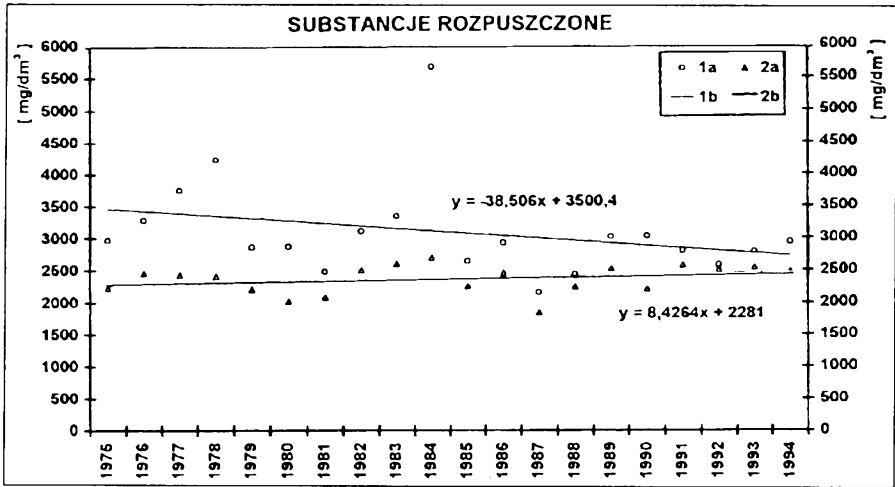
483,0 mg/dm³ (w 1983 roku). Rozpatrywane wartości średnich rocznych stężeń siarczanów w każdym roku były wyższe od stężenia dopuszczalnego dla III klasy czystości wód powierzchniowych, które nie przekracza 250,0 mg SO₄/dm³. Za wyjątkiem 1975 roku średnie roczne stężenia siarczanów obliczone dla wód dopływających do zbiornika były wyższe od wartości analogicznych obliczonych dla wód Kłodnicy odpływających ze zbiornika, co dowodzi jego oczyszczającego wpływu na wody powierzchniowe. Tendencja zmian średnich rocznych stężeń siarczanów w wodzie Kłodnicy w latach 1975–1994 dowodzi spadku ilości siarczanów zawartych w wodach zarówno dopływających do zbiornika, jak i odpływających ze zbiornika (rys. 24). Może to wskazywać na wykorzystanie siarczanów w procesie przemian chemicznych prowadzących do wydzielania siarkowodoru. Obecność tego gazu stwierdzono wielokrotnie (zwłaszcza we wschodniej części zbiornika), a na możliwość wspomnianych przemian chemicznych zwracają uwagę w swoich pracach niektórzy badacze (Dojlić, 1987).

W latach 1975–1994 średnie roczne stężenia substancji rozpuszczonych w wodach Kłodnicy dopływającej do zbiornika (rys. 25) zawierały się w przedziale od 2161,0 mg/dm³ (w 1987 roku) do 5668,0 mg/dm³ (w 1984 roku), przy średniej z wielolecia wynoszącej 3096,1 mg/dm³. Amplituda zmian średnich rocznych stężeń substancji rozpuszczonych w rozpatrywanym przypadku wynosi 3507,0 mg/dm³ i jest zdecydowanie niższa od analogicznej wartości (853,0 mg/dm³) obliczonej dla wód odpływu powierzchniowego ze zbiornika. Średnie roczne zawartości substancji rozpuszczonych w wodach odpływających ze zbiornika wahały się w zakresie od 1847,0 mg/dm³ (w 1987 roku) do 2700,0 mg/dm³ (w 1984 roku), a średnia z wielolecia osiągnęła poziom 2369,5 mg/dm³. Z powyższego wynika, że zachodzące w środowisku limnicznym procesy fizyczne i chemiczne istotnie wpływają na obniżenie poziomu zawartości substancji rozpuszczonych w wodzie odpływającej ze zbiornika w stosunku do zasilających go wód Kłodnicy. Tym niemniej pod względem ilości substancji rozpuszczonych omawiane wody nie spełniają normy dopuszczalnej dla III klasy czystości (1200 mg/dm³ i poniżej) wód powierzchniowych. Należy podkreślić, że tendencja zmian średnich rocznych stężeń substancji rozpuszczonych w wodach Kłodnicy dopływającej do zbiornika charakteryzuje się niewielkim spadkiem (ok. 111 mg/dm³

Rys. 25. Zmienność średnich rocznych stężeń substancji rozpuszczonych, fenoli i zawiesiny w wodzie Kłodnicy w latach 1975–1994 (opracowanie własne na podstawie danych OBiKŚ w Katowicach) **1a** – średnie roczne stężenia substancji w wodzie dopływającej do zbiornika Dzierżno Duże; **1b** – linia regresji prostoliniowej dla średnich rocznych stężeń substancji w wodzie dopływającej do zbiornika Dzierżno Duże; **2a** – średnie roczne stężenia substancji w wodzie odpływającej ze zbiornika Dzierżno Duże; **2b** – linia regresji prostoliniowej dla średnich rocznych stężeń substancji w wodzie odpływającej ze zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 25. Variability of mean annual contamination of soluble substances, phenols and suspension in the Kłodnica waters in years 1975–1994 (worked out on the base of results of author's research and data of OBiKŚ in Katowice)

1a – mean annual contamination of substances in water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; **1b** – line of rectilinear regression for mean annual contamination of substances in water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; **2a** – mean annual contamination of substances in water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir; **2b** – line of rectilinear regression for mean annual contamination of substances in water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir



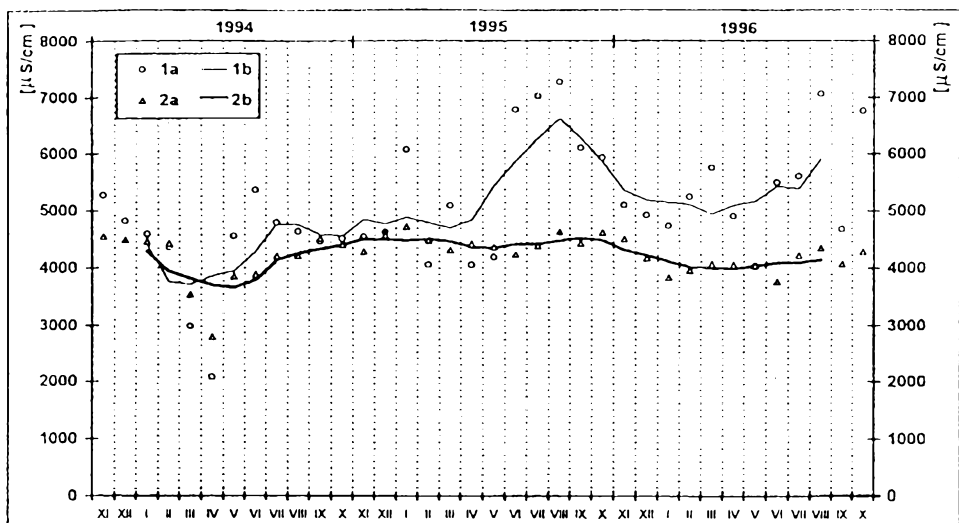
na rok), natomiast w przypadku wód odpływu obserwuje się jej wzrost (ok. 8,24 mg/dm³ na rok).

W poszczególnych latach okresu 1975–1994 średnie roczne stężenia fenoli w wodach dopływu wynosiły od 0,0 mg/dm³ do 1,0 mg/dm³ (średnia z wielolecia – 0,4 mg/dm³), podczas gdy w wodach odpływu wahały się od 0,0 mg/dm³ do 0,3 mg/dm³ (średnia z wielolecia – 0,1 mg/dm³). Wynika stąd, że w tym okresie zbiornik pozytywnie wpływał na jakość wód Kłodnicy, wydatnie obniżając zawartość fenoli (rys. 25). Powyższe stwierdzenie potwierdza zdecydowanie malejąca tendencja średnich rocznych stężeń fenoli w wodach dopływu i tendencja nie wskazująca na zmiany średnich rocznych stężeń fenoli w wodach odpływu powierzchniowego ze zbiornika.

Średnie roczne ilości zawiesiny dostarczanej do zbiornika w latach 1975–1994 wraz z wodami Kłodnicy wahały się w zakresie od 18 mg/dm³ (w 1982 roku) do 379,0 mg/dm³ (w 1984 roku), przy średniej rocznej z wielolecia wynoszącej 123,0 mg/dm³ i amplitudzie wahań kształtującej się na poziomie 361,0 mg/dm³. Z kolei średnie roczne zawartości zawiesiny w wodach odpływu powierzchniowego ze zbiornika wynosiły od 0,0 mg/dm³ do 33,0 mg/dm³. Średnia dla wielolecia nie przekracza 4,6 mg/dm³, a amplituda wynosi 33,0 mg/dm³. Średnie roczne zawartości zawiesiny w wodzie Kłodnicy dopływającej do zbiornika Dzierżno Duże w 15 latach przekraczały poziom dopuszczalny dla III klasy czystości (50 mg/dm³), w pozostałych kształtowały się na poziomie II lub nawet I klasy. Z kolei ilość zawiesin obecnych w wodzie Kłodnicy poniżej zbiornika w zdecydowanej większości lat pozwalała na jej przyporządkowanie do I klasy czystości. Rolę zbiornika jako kumulatora zawiesin odzwierciedla wzrastająca dla wód dopływających i charakteryzująca się nieznacznym wzrostem dla wód odpływu – tendencja zmian średnich rocznych zawartości zawiesiny (rys. 25).

Analiza średnich rocznych stężeń obliczonych na podstawie wyników badań fizykochemicznych wody, prowadzonych w latach 1975–1994, pozwala na ocenę roli zbiornika w kształtowaniu poziomu zanieczyszczenia wód powierzchniowych, z jednoczesnym wskazaniem tendencji zmian wielkości średnich rocznych stężeń omawianych substancji w wodach. Comiesięczne badania właściwości fizykochemicznych wód, prowadzone w okresie od listopada 1993 roku do października 1996 roku – w punktach pomiarowych zlokalizowanych na obrzeżu zbiornika – pozwoliły na ocenę jego roli w kształtowaniu poziomu zanieczyszczenia wód Kłodnicy, z uwzględnieniem zmienności sezonowej.

Przewodność elektrolityczna właściwa wód Kłodnicy dopływających do zbiornika wahała się w zakresie od 2080 μS/cm do 7270 μS/cm, natomiast wody odpływu powierzchniowego charakteryzowały się przewodnością od 2800 μS/cm do 4630 μS/cm. Bezwzględne wartości przewodności elektrolitycznej właściwej oraz linia wykreślona na podstawie średnich ruchomych obliczonych dla pięciu kolejnych okresów pomiarowych wskazują (rys. 26), że zbiornik wpływa zarówno na obniżenie wielkości przewodności właściwej wód Kłodnicy, jak



Rys. 26. Przewodność właściwa wód Kłodnicy w latach hydrologicznych 1994–1996

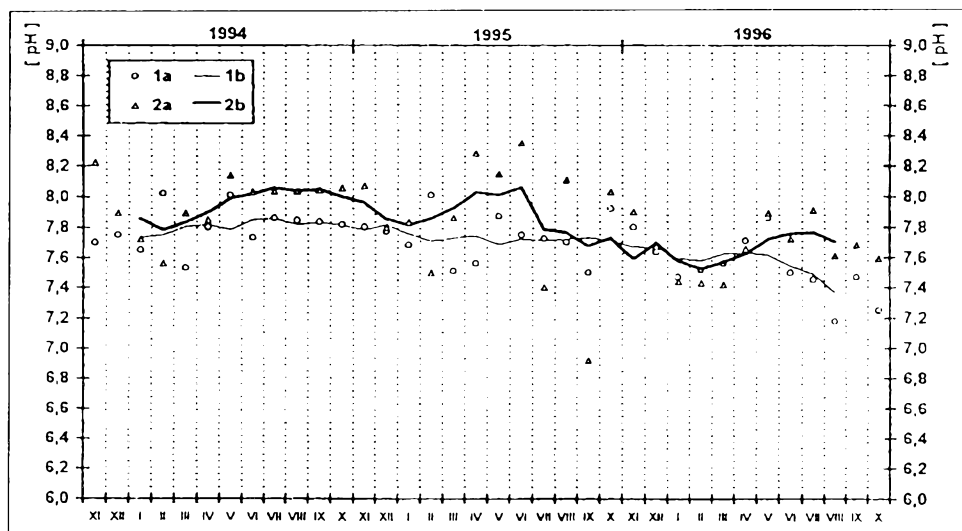
1a – przewodność właściwa wody dopływającej do zbiornika Dzierżno Duże; 1b – średnie ruchome (pięciomiesięczne) przewodności właściwej wody dopływającej do zbiornika Dzierżno Duże; 2a – przewodność właściwa wody odpływającej ze zbiornika Dzierżno Duże; 2b – średnie ruchome (pięciomiesięczne) przewodności właściwej wody odpływającej ze zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 26. Specific electrical conductivity of the Kłodnica river waters in hydrological years 1994–1996

1a – specific electrical conductivity of water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; 1b – moving mean (5 months) of specific electrical conductivity of water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; 2a – specific electrical conductivity of water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir; 2b – moving mean (5 months) of specific electrical conductivity of water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir

pisów dotyczących jakości wód powierzchniowych (Rozporządzenie..., 1991) omawiane wody należy klasyfikować jako nie odpowiadające normom, ponieważ dopuszczalna dla III klasy czystości wartość przewodności elektrolitycznej właściwej wynosi 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Również przewodność właściwa wody zbiornika przekracza wielokrotnie poziomy dopuszczalne dla III klasy czystości wód – w proponowanym przez D. Kudelską, D. Cydzik i H. Soszkę (1994) systemie oceny jakości jezior.

Wyniki oznaczeń odczynu wody w omawianych punktach pomiarowych – w zdecydowanej większości przypadków obserwacyjnych – wskazują na słabo alkaliczny lub alkaliczny charakter wód powierzchniowych (rys. 27). Odczyn wód dopływających Kłodnicą nie wykazywał istotnych wahań czasowych i zawierał się w przedziale od $\text{pH} = 7,18$ do $\text{pH} = 8,02$, natomiast wody odpływu powierzchniowego miały pH wynoszące od 6,92 do 8,35 i podlegające niewielkim zmianom sezonowym. Wynika z tego, że zbiornik wpływa na wzrost odczynu wód, co w badaniach limnologicznych uważa się za zjawisko występujące dość często, a jeśli chodzi o obiekty o podwyższonej trofii – powszechnie (Dojlido, 1987; Gołębiowski, 1993; Janda, Rzętała, 1995). Zwłaszcza w półroczu letnim – kiedy w zbiorniku następuje intensywny rozwój życia biologicznego – 69



Rys. 27. Zmiany odczynu (pH) wód Kłodnicy w latach hydrologicznych 1994-1996

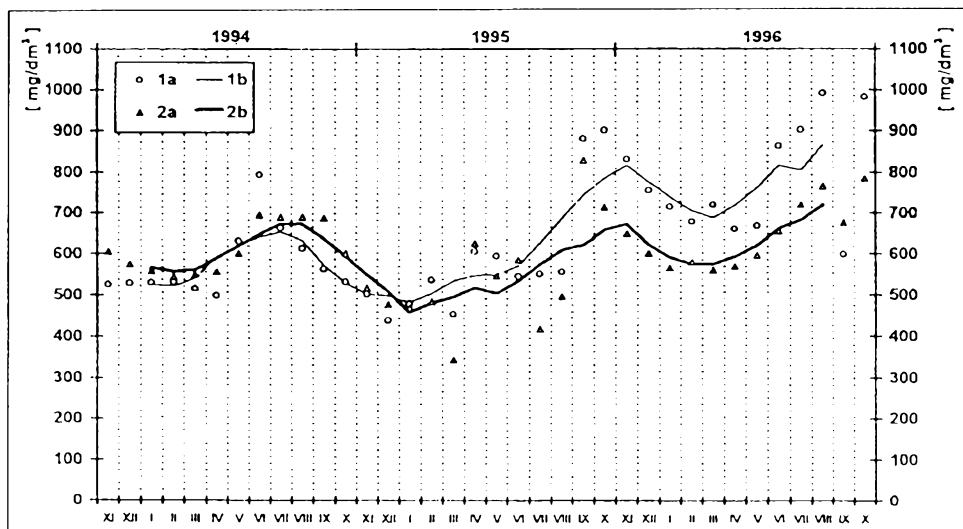
1a – odczyn wody dopływającej do zbiornika Dzierżno Duże; 1b – średnie ruchome (pięciomiesięczne) odczynu wody dopływającej do zbiornika Dzierżno Duże; 2a – odczyn wody odpływającej ze zbiornika Dzierżno Duże; 2b – średnie ruchome (pięciomiesięczne) odczynu wody odpływającej ze zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 27. Changes in reaction (pH value) in the Kłodnica river waters in hydrological years 1994-1996

1a - reaction of water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; 1b - moving mean (5 months) of reaction of water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; 2a - reaction of water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir; 2b - moving mean (5 months) of reaction of water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir

dochodzi do wzrostu odczynu wód w Kłodnicy poniżej zbiornika (np. upalne lata 1994 roku i 1995 roku). Z kolei w półroczu zimowym następuje obniżenie odczynu wód odpływających ze zbiornika do poziomu porównywalnego z pH wód powierzchniowo zasilających zbiornik (np. wyjątkowo łagodna zima 1994/1995 oraz wyjątkowo długa zima 1995/1996). Powodowany przez wody limniczne wzrost odczynu wód powierzchniowych w relacji dopływ-odpływ potwierdzają również średnie roczne wartości odczynu wody z wielolecia 1975-1994, wynoszące: pH = 7,27 (dopływ) i pH = 7,48 (odpływ). Pod tym względem omawiane wody można zaliczyć do I klasy czystości, ponieważ w żadnym okresie pomiarowym wartości graniczne dla niej ustalone nie zostały przekroczone (I klasa czystości: $6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$).

Twardość ogólna wynikająca z obecności w wodzie jonów wapnia i magnezu (Krawczyk, 1992) -- wyrażona w $\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$ -- w latach 1994-1996 ulegała zmianom w zakresie od $438,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ do $992,4 \text{ mg}/\text{dm}^3$ w wodzie dopływającej do zbiornika i od $343,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ do $830,1 \text{ mg}/\text{dm}^3$ w wodzie odpływającej ze zbiornika. Twardość ogólną wody cechowała zmienność o charakterze sezonowym, z maksymalnymi wartościami występującymi w okresie letnio-jesiennym i obniżeniem jej poziomu w czasie zimy i wiosny (rys. 28). O ile na początku rozpatrywanego okresu ze zbiornika odpływały wody o większej twardości



Rys. 28. Zmiany twardości ogólnej (CaCO_3) w wodach Kłodnicy w latach hydrologicznych 1994–1996
 1a – twardość ogólna wód dopływających do zbiornika Dzierżno Duże; 1b – średnie ruchome (pięciomiesięczne) twardości ogólnej wód dopływających do zbiornika Dzierżno Duże; 2a – twardość ogólna wód odpływających ze zbiornika Dzierżno Duże; 2b – średnie ruchome (pięciomiesięczne) twardości ogólnej wód odpływających ze zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 28. Changes in total water hardness (CaCO_3) in waters of the Kłodnica river in hydrological years 1994–1996

1a – total hardness of water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; 1b – moving mean (5 months) of total hardness of water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; 2a – total hardness of water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir; 2b – moving mean (5 months) of total hardness of water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir

dości niż wody zasilające powierzchniowo zbiornik, o tyle w drugiej jego połowie występowała sytuacja zupełnie odwrotna. Wody dopływu powierzchniowego (Kłodnicy) pod względem twardości ogólnej odpowiadały: II klasie czystości w 13. okresach pomiarowych, III klasie czystości w 14. okresach badawczych, a w 9. przypadkach były pozaklasowe. Wody odpływające ze zbiornika pod względem twardości ogólnej odpowiadały następującym klasom czystości: I – w jednym okresie pomiarowym, II – w ośmiu przypadkach, III – w dwudziestu czterech przypadkach, a trzykrotnie nie odpowiadały normom III klasy czystości.

Zasolenie wody, choć określane mianem zawartości wszystkich soli (m.in. SO_4^{2-} , Na^+ , K^+) znajdujących się w jednostce objętości, sprowadza się zazwyczaj do wyznaczenia stężenia jonu chlorkowego w próbce wody. Wysoki poziom zasolenia wód jest zjawiskiem wysoce niekorzystnym, prowadzącym do degradacji środowiska wodnego (Burchard, Hereźniak-Ciotowa, Kaca, 1992; Czaban, 1993), a szczególnie spektakularnym na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych (Szymańska, 1990; Rózkowski, Rózkowski, 1994; Rzętała, Wach, 1995, 1997; Janda, Rzętała, 1996).

W wodach Kłodnicy dopływających do zbiornika Dzierżno Duże w okresie hydrologicznym 1994–1996 chlorki występowały w ilości od $800,0 \text{ mg/dm}^3$ do 71

2334,5 mg/dm³, siarczany wahały się w zakresie od 206,2 mg/dm³ do 722,1 mg/dm³, zawartość sodu kształtowała się na poziomie od 233,3 mg/dm³ do 885,7 mg/dm³, a stężenia potasu mieściły się w przedziale od 1,0 mg/dm³ do 60,0 mg/dm³ (rys. 29, rys. 30). Z kolei w wodach odpływu powierzchniowego ze zbiornika omawiane jony pojawiały się w następujących ilościach: chlorki – od 740,5 mg/dm³ do 1915,8 mg/dm³, siarczany – od 132,4 mg/dm³ do 674,8 mg/dm³, sól – od 216,7 mg/dm³ do 621,4 mg/dm³, potas – od 0,1 mg/dm³ do 48,0 mg/dm³. Bez względu na amplitudy wahań stężeń analizowanych jonów w omawianym okresie dla wód Kłodnicy powyżej zbiornika wynosiły: chlorki – 1534,5 mg/dm³, siarczany – 515,9 mg/dm³, sól – 652,4 mg/dm³, potas – 59,0 mg/dm³, podczas gdy analogiczne wartości dla wód odpływających ze zbiornika były następujące: chlorki – 1175,3 mg/dm³, siarczany – 542,4 mg/dm³, sól – 404,7 mg/dm³, potas – 47,9 mg/dm³. Cechą charakterystyczną zmienności stężeń chlorków, siarczanów, sodu i potasu w wodach Kłodnicy poniżej i powyżej zbiornika jest sezonowość z maksimum ich zawartości w wodach przypadającym na półrocza letnie oraz minimum występującym w półroczach zimowych (rys. 29, rys. 30). Spadek stężeń w wodach dopływu powierzchniowego ma miejsce w okresach zwiększonej dostawy wód ze zlewni, natomiast ich wzrost jest implikowany występowaniem przepływów niżówkowych. Analogicznie, stężenia w wodzie odpływającej ze zbiornika są wyższe w okresach niewielkiej retencji zbiornikowej i maleją wraz z jej wzrostem. Potwierdza to odwrotnie proporcjonalną zależność stężenia jonów od wielkości przepływu (ilości wody), szczególnie wyraźną w przypadku stałej dostawy zanieczyszczeń. Stężenia omawianych jonów w wodach odpływu powierzchniowego są w większości przypadków niższe niż w wodach powierzchniowych zasilających zbiornik, co wskazuje na oczyszczające oddziaływanie zbiornika w stosunku do zanieczyszczonych wód Kłodnicy (uśrednianie stężeń, rozcieńczanie). Wody omawianego zbiornika oraz jego głównego dopływu i odpływu powierzchniowego są typu chlorkowo-sodowego.

W każdym z okresów pomiarowych chlorki oraz sól występowały w ilościach przekraczających stężenie dopuszczalne dla III klasy czystości wód powierzchniowych. Wody dopływu powierzchniowego oraz wody odpływające ze zbiornika pod względem zawartości siarczanów oraz potasu w zdecydowanej większości przypadków pomiarowych nie spełniały wymogów III klasy, a tylko sporadycznie odpowiadały normom wyższych klas czystości.

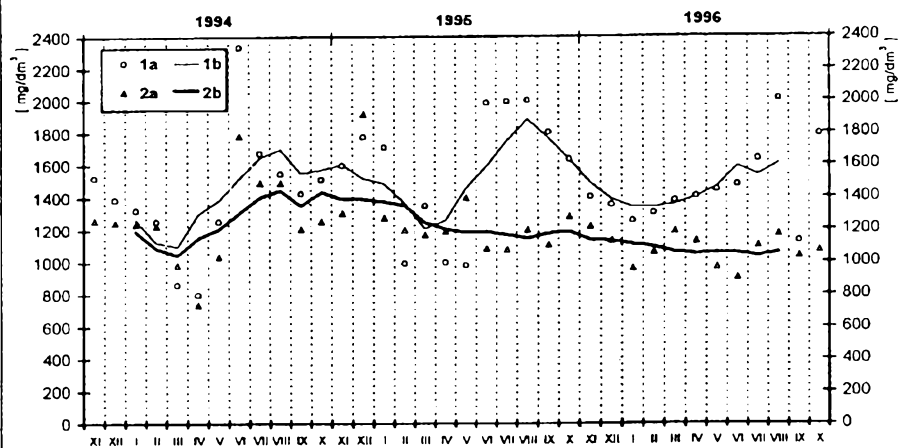
Rys. 29. Stężenia chlorków, siarczanów oraz sodu w wodach Kłodnicy w latach hydrologicznych 1994–1996

1a – stężenia w wodach dopływających do zbiornika Dzierżno Duże; **1b** – średnie ruchome (pięciomiesięczne) stężeń w wodach dopływających do zbiornika Dzierżno Duże; **2a** – stężenia w wodach odpływających ze zbiornika Dzierżno Duże; **2b** – średnie ruchome (pięciomiesięczne) stężeń chlorków w wodach odpływających ze zbiornika Dzierżno Duże

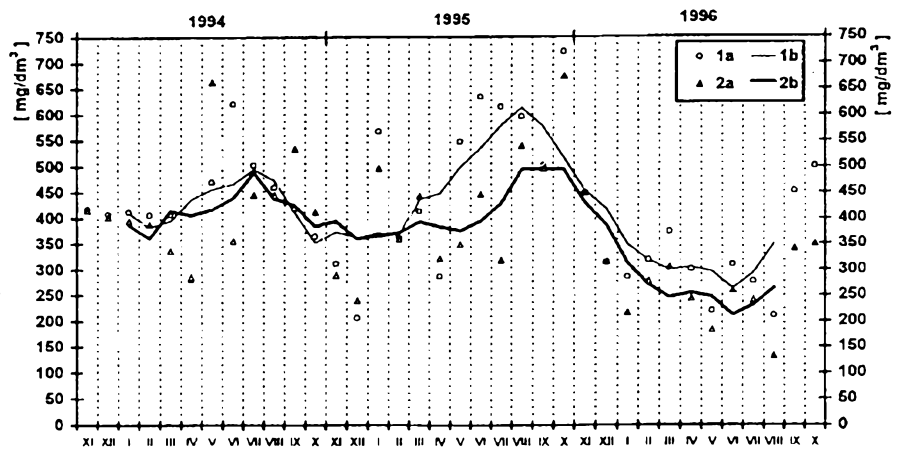
Fig. 29. Contamination of chlorides, sulphates and sodium in the Kłodnica river waters in hydrological years 1994–1996

1a – contamination in water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; **1b** – moving mean (5 months) of contamination in water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; **2a** – contamination in water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir; **2b** – moving mean (5 months) of contamination in water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir

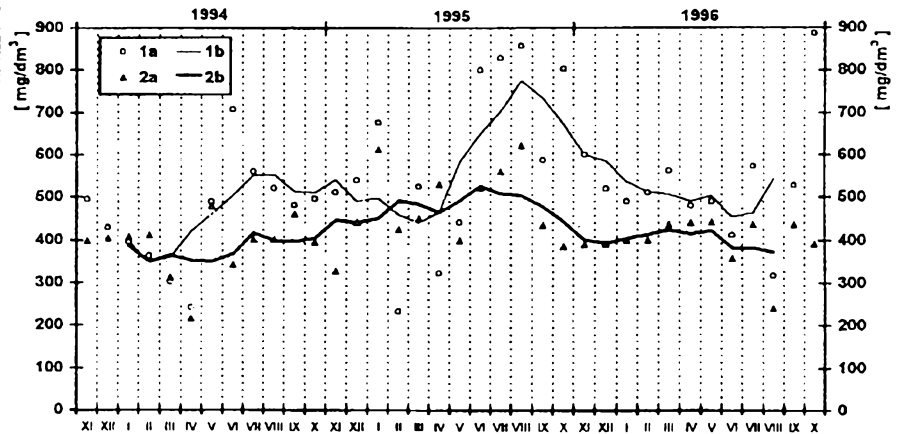
CHLORKI

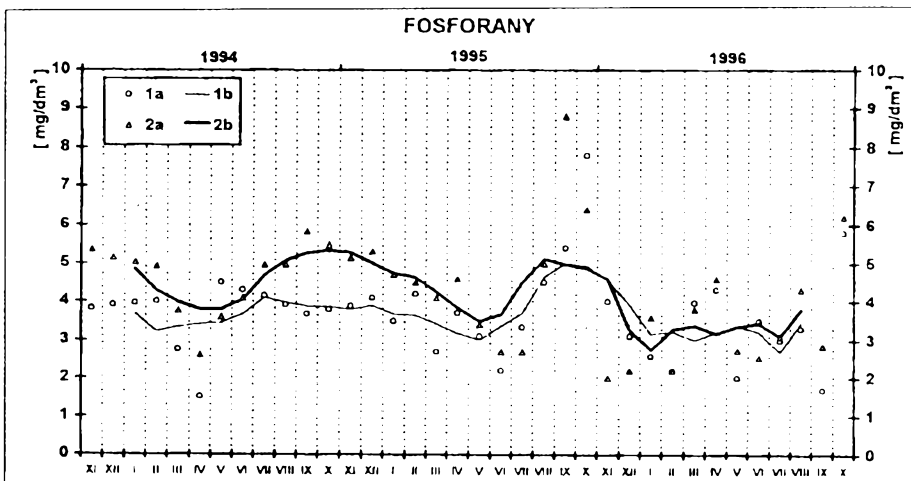
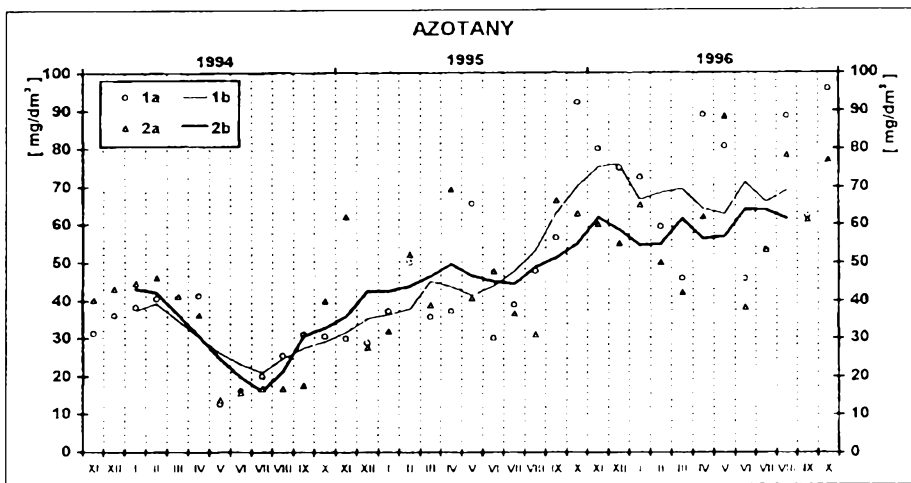
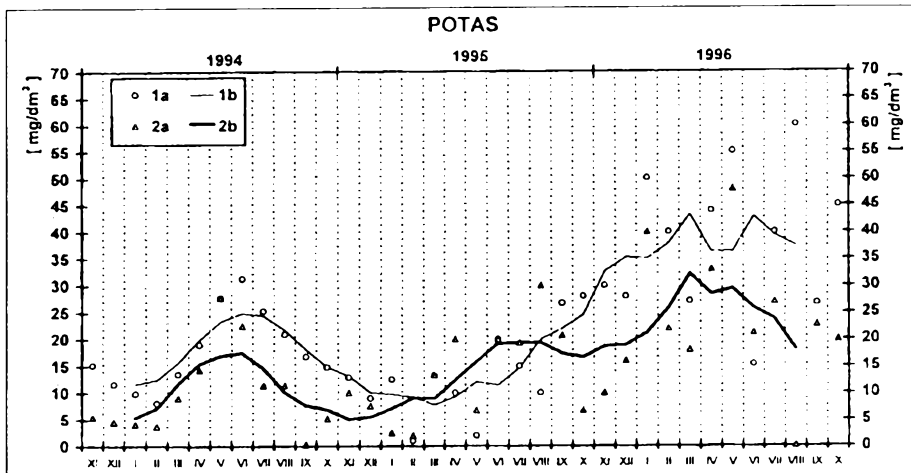


SIARCZANY



SÓD





Jony PO_4^{3-} (w latach hydrologicznych 1994–1996) występowały w wodach Kłodnicy dopływającej do zbiornika w ilościach od $1,5 \text{ mg/dm}^3$ do $5,4 \text{ mg/dm}^3$, natomiast poniżej zapory ich zawartość wahała się w granicach od $2,0 \text{ mg/dm}^3$ do $8,8 \text{ mg/dm}^3$. Amplituda wahań stężeń fosforanów w pierwszym wypadku wynosi więc $3,9 \text{ mg/dm}^3$, w drugim zaś osiąga $6,8 \text{ mg/dm}^3$. Ilość omawianych jonów charakteryzowała się sezonową zmiennością. Najniższe zawartości stwierdzono w czasie intensywnego rozwoju życia biologicznego w wodach przypadającego na okres półrocza letniego, najwyższe zaś występowały późną zimą oraz wiosną (rys. 30). Warto zauważyć, że w ponad 70% przypadków pomiarów stężenia fosforanów w wodzie odpływu powierzchniowego ze zbiornika były wyższe od zawartości jonów PO_4^{3-} w wodzie Kłodnicy powyżej zbiornika Dzierżno Duże. Przedstawiony poprzednio zakres wahań i ich amplituda, a także bezwzględne wartości stężeń omawianych jonów świadczą, że zbiornik jest źródłem wtórnego zanieczyszczenia wody substancjami biogennymi, co w dużej mierze potwierdzają stężenia jonów azotanowych (rys. 30). W wodach dopływających do zbiornika były one obecne w ilości od $12,7 \text{ mg/dm}^3$ do $95,8 \text{ mg/dm}^3$, natomiast w wodzie odpływającej ze zbiornika ich stężenie wahało się w granicach od $13,8 \text{ mg/dm}^3$ do $88,5 \text{ mg/dm}^3$ i w ponad 44% pomiarów było wyższe od stwierdzonego na dopływie.

Odłącznym zagadnieniem jest ocena zawartości fosforanów i jonów azotanowych w kontekście obowiązujących przepisów klasyfikacji jakości wód powierzchniowych (Rozporządzenie..., 1991). W latach 1994–1995 jony PO_4^{3-} były obecne w wodach Kłodnicy w ilościach przekraczających nawet kilkakrotnie stężenia dopuszczalne dla III klasy czystości wód ($1,0 \text{ mg/dm}^3$ i poniżej). Po przeliczeniu stężeń jonów azotanowych na zawartość azotu azotanowego stwierdzono, że wody dopływające do zbiornika w trzech okresach pomiarowych (5% ogólnej liczby pomiarów) spełniały wymogi I klasy czystości ($5 \text{ mg N}_{\text{NO}_3}/\text{dm}^3$ i poniżej), w 5 przypadkach (13,9%) odpowiadały II klasie czystości ($7 \text{ mg N}_{\text{NO}_3}/\text{dm}^3$ i poniżej), w 20 przypadkach (55,6%) były to wody III klasy czystości ($15 \text{ mg N}_{\text{NO}_3}/\text{dm}^3$ i poniżej), a w 8 przypadkach (22,2%) uznano je za pozakłassowe. Wody Kłodnicy poniżej zbiornika spełniały wymogi I klasy czystości w pięciu okresach pomiarowych (13,9%), II klasy w jednym przypadku (2,8%), III klasy – w 25 terminach obserwacyjnych (69,4%), a nie odpowiadały normom III klasy czystości pięciokrotnie (13,9%).

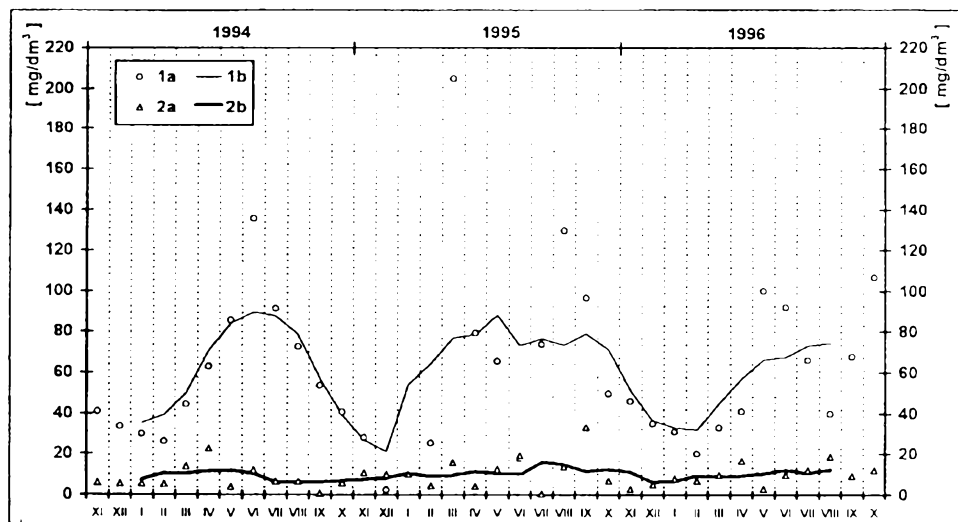
Rys. 30. Stężenia potasu, azotanów i fosforanów w wodach Kłodnicy w latach hydrologicznych 1994–1996

1a – stężenia w wodach dopływających do zbiornika Dzierżno Duże; **1b** – średnie ruchome (pięciomiesięczne) stężeń w wodach dopływających do zbiornika Dzierżno Duże; **2a** – stężenia w wodach odpływających ze zbiornika Dzierżno Duże; **2b** – średnie ruchome (pięciomiesięczne) stężeń chlorków w wodach odpływających ze zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 30. Contamination of potassium, nitrates and phosphates in the Kłodnica river waters in hydrological years 1994–1996

1a – contamination in water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; **1b** – moving mean (5 months) of contamination in water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; **2a** – contamination in water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir; **2b** – moving mean (5 months) of contamination in water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir

Zawiesina do zbiornika Dzierżno Duże w latach 1994–1996 była dostarczana przez wody Kłodnicy w ilościach od $2,4 \text{ mg/dm}^3$ do $205,0 \text{ mg/dm}^3$, a wielkość owej dostawy podlegała wyraźnym zmianom sezonowym z maksimum przypadającym na okres od wiosny (okres roztopów) do jesieni i minimum występującym w czasie zimy (rys. 31). Sezonowa zmienność dopływu zawiesiny do zbiornika wyraźnie koresponduje z rytmem zmienności odpływu wody ze zlewni Kłodnicy (z czym bezpośrednio należy wiązać migrację omawianej substancji), chociaż badania prowadzone przez R. Soję (1994) dowodzą, że w obszarach pozbawionych silnej antropopresji zależność stężenia zawiesin od przepływu jest bardziej czytelna. Odpływ zawiesiny ze zbiornika Dzierżno Duże charakteryzował się zdecydowanie mniejszymi fluktuacjami i wynosił od $0,4 \text{ mg/dm}^3$ do $33,3 \text{ mg/dm}^3$, nie wykazując tak dużych wahań sezonowych. Nieznaczny wzrost ilości zawiesiny w wodach odpływu powierzchniowego w okresie letnim oraz jej spadek w półroczu zimowym należy wiązać z intensywnością rozwoju procesów eutrofizacyjnych w zbiorniku. W świetle obowiązujących norm czystości wód powierzchniowych (Rozporządzenie..., 1991) wody dopływające do zbiornika Dzierżno Duże pod względem ilości zawiesiny tylko w nielicznych przypadkach spełniały wymogi I i II klasy czystości, najczęściej plasując się w zakresie dopuszczalnych wartości III klasy czystości, bądź były



Rys. 31. Zmiany ilości zawiesiny w wodach Kłodnicy w latach hydrologicznych 1994–1996
 1a – stężenia zawiesiny w wodach dopływających do zbiornika Dzierżno Duże; 1b – średnie ruchome (pięciomiesięczne) stężenia zawiesiny w wodach dopływających do zbiornika Dzierżno Duże; 2a – stężenia zawiesiny w wodach odpływających ze zbiornika Dzierżno Duże; 2b – średnie ruchome (pięciomiesięczne) stężenia zawiesiny w wodach odpływających ze zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 31. Changes in suspension size in the Kłodnica river waters in hydrological years 1994–1996
 1a – suspension contamination in water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; 1b – moving mean (5 months) of suspension contamination in water inflowing into Dzierżno Duże water reservoir; 2a – suspension contamination in water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir; 2b – moving mean (5 months) of suspension contamination in water outflowing from Dzierżno Duże water reservoir

uznawane jako pozaklasowe, z kolei wody odpływające ze zbiornika zaliczono do I i II klasy czystości.

Średnie roczne stężenia wybranych metali ciężkich w wodach Kłodnicy dowodzą, że mimo wysokiego poziomu jej zanieczyszczenia zbiornik w dalszym ciągu posiada kumulacyjną zdolność w stosunku do cynku i miedzi. Z kolei w przypadku ołowiu i kadmu obserwuje się niekorzystny wzrost stężenia, uwidaczniający negatywne oddziaływanie zbiornika. Stężenia ołowiu i cynku w większości przypadków nie przekraczały ilości dopuszczalnych dla wszystkich klas czystości wód powierzchniowych wynoszących odpowiednio: 0,05 mg Pb/dm³ i poniżej oraz 0,2 mg Zn/dm³ i poniżej. Zawartość kadmu spełniała wymogi normy I lub II klasy czystości, a ilość miedzi każdorazowo odpowiadała wymogom I klasy czystości wód powierzchniowych. Warto zauważyć, że zawartość metali ciężkich w wodach Kłodnicy (tab. 6) znacznie przekracza stężenia spotykane w większości wód powierzchniowych środkowej Odry i jej dopływów, a zestawionych przez M. Chwojnicką, D. Pasierbską i A. Ponińskiego (1993).

Sygnalizowane w regionalnych opracowaniach (*Atlas jakości...*, 1995; Pistolok, Gubała, Nowakowska, 1994) zagadnienie wielkoobszarowego skażenia wód powierzchniowych metalami ciężkimi w tym przypadku jest niewystarczającym uzasadnieniem wzbogacenia ołowiem i kadmem wód odpływających ze zbiornika, mimo że znaczący udział w tym procesie można przypisać opadom atmosferycznym. Jednak zawartość ołowiu i kadmu w wodach Kłodnicy (tab. 6) jest nawet kilkunastokrotnie wyższa od zbadanej przez M. Leśnioka (1996) ich ilości w wodach opadowych Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. Stąd wzrost stę-

Tabela 6

Średnie roczne stężenia wybranych metali ciężkich w wodach Kłodnicy dopływających do zbiornika i odpływających ze zbiornika Dzierżno Duże w latach 1991–1995
(opracowanie na podstawie danych OBiKŚ w Katowicach)

Table 6

Mean annual contamination of selected heavy metals in the Kłodnica waters inflowing into the reservoir and outflowing from the Dzierżno Duże water reservoir in years 1991–1995
(worked out on the base of data of OBiKŚ in Katowice)

Rok Year	Ołów lead		Cynk zinc		Kadm cadmium		Miedź copper	
	dopływ inflow	odpływ outflow	dopływ inflow	odpływ outflow	dopływ inflow	odpływ outflow	dopływ inflow	odpływ outflow
	[mg/dm ³]							
1991	0,070	0,050	0,250	0,050	0,010	0,010	0,050	0,010
1992	0,021	0,035	0,197	0,049	0,009	0,008	0,011	0,014
1993	0,029	0,069	0,194	0,047	0,005	0,009	0,019	0,011
1994	0,065	0,133	0,308	0,075	0,008	0,020	0,016	0,010
1995	0,017	0,055	0,183	0,045	0,002	0,015	0,008	0,014
Średnia	0,040	0,068	0,226	0,053	0,007	0,012	0,021	0,012

żeń ołowiu i kadmu w wodach odpływających ze zbiornika w stosunku do dużo niższych zawartości w wodach dopływu nie jest raczej konsekwencją opadów mających w tym wypadku rozcieńczający charakter, lecz wskazuje na utratę rozcieńczającego (a tym samym kumulacyjnego) oddziaływania wód limnicznych.

4.1.2. Ocena roli zbiornika w kumulacji wybranych zanieczyszczeń

W hydrochemicznych badaniach limnologicznych oprócz wnikliwej analizy właściwości fizykochemicznych, przeprowadzonej na podstawie wyników oznaczeń zawartości poszczególnych składników, niewspółmierną rolę odgrywa ocena obliczonych na podstawie stężeń ładunków poszczególnych substancji wprowadzanych i odprowadzanych z danego obiektu hydrologicznego (Vollenweider, 1968; Giercuszkiewicz-Bajtlik, 1990; Lossow, Gawrońska, 1997).

Prawidłowa ocena wielkości dopływających i odpływających ładunków pozwala na określenie skuteczności zbiornika w oczyszczaniu płynących wód powierzchniowych, jak również umożliwia wyznaczenie wielkości akumulowanych w zbiorniku substancji, występujących w ilościach pozwalających na określenie ich mianem zanieczyszczeń. Ponadto, realne jest określenie możliwości kumulacyjnych zbiornika oraz ocena jego oddziaływania w kontekście wytwarzania tzw. wtórnego zanieczyszczenia wody. Stąd rozpatrywanie ładunków różnych substancji wprowadzanych do zbiornika i z niego odprowadzanych jest specyficznym uzupełnieniem charakterystyki ich stężeń.

Dysponując danymi o przepływie wody oraz stężeniu danej substancji w jej środowisku można w prosty sposób obliczyć wielkość ładunku, który jest iloczynem tych parametrów wyrażonym w jednostce masy, w zależności od potrzeb przeliczonym na gramy, kilogramy lub tony. W praktyce ładunki obliczane są nie tylko dla substancji rozpuszczonych w wodzie, lecz również w odniesieniu do innych typów rumowiska (toczyn, wleczyn, unosin, zawiesin) rzecznego oraz wód opadowych. Całkowita ilość danej substancji zwykle określana jest mianem ładunku, natomiast gdy dotyczy ona statystycznej jednostki powierzchni, definiowana jest jako ładunek jednostkowy. Z obu parametrów dość powszechnie korzysta się w badaniach limnologicznych, zwłaszcza w kontekście analizy troficzności zbiorników wodnych i ich zamulania.

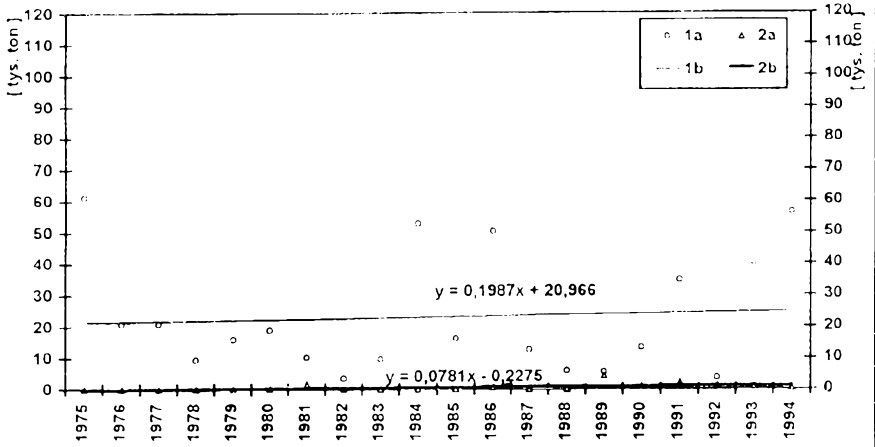
W niniejszej pracy podjęto próbę określenia wielkości ładunków wybranych substancji (zawiesiny, chlorków, siarczanów, substancji rozpuszczonych, azotu amonowego, fenoli, detergentów i w mniejszym zakresie fosforanów) dostarczonych do zbiornika przez wody powierzchniowe i opadowe oraz odprowadzonych ze zbiornika Dzierżno Duże przez wody odpływu powierzchniowego w latach 1975–1994. Podobne rozważania przeprowadzono dla lat hydrologicznych 1994–1996, zwracając uwagę przede wszystkim na sezonowe zróżnicowanie wielkości ładunków zawiesiny oraz azotu azotanowego i fosforu fosforanowego, chlorków, siarczanów, sodu i potasu. Należy podkreślić, że w strukturze ładunku

dostarczanego do zbiornika każdorazowo dominuje masa wprowadzona przez wody pochodzące z odwodnienia zlewni (ponad 99,9% ładunku dostarczonego), a marginalne znaczenie posiadają wody opadowe. Ładunki analizowanych substancji wprowadzanych do zbiornika przez wody opadowe w latach 1975–1994 – po stwierdzeniu ich marginalnego znaczenia bilansowego – określono na podstawie średniej wielkości stężeń najczęściej spotykanych na obszarze zachodniego obrzeża konurbacji górnośląskiej, a sygnalizowanych w wielu opracowaniach dotyczących tego regionu (Jankowska, 1984; Strzyszczyński, Bzowski, 1992; Hibszer, 1993; *Ochrona środowiska...*, 1994; Twarowski, Gendolla, 1994; Leśniok, 1996; Borowska, Dyduch, 1995).

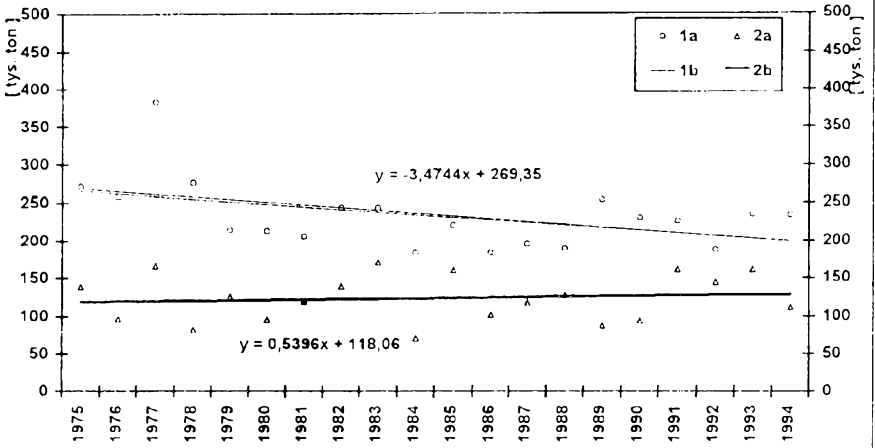
Jednym z podstawowych problemów eksploatacji, rekultywacji i ochrony sztucznych zbiorników wodnych oraz jezior jest ich sukcesywne zamulanie postępujące w rezultacie dostawy rumowiska ze zlewni (Biernat, 1968; Chomiak, Cyberski, Mikulski, 1969; Cyberski, 1969; Głodek, 1985; Łajczak, 1986; Babiński, Grześ, 1995; Banach, 1993, 1993a; Rzętała M. A., 1998). Jest to problem niezwykle aktualny w odniesieniu do zbiornika Dzierżno Duże, w którego wschodnim sektorze powstała znacznych rozmiarów delta. Rozmiary delty (długość – ok. 450 m; średnia szerokość – ok. 600 m; szacunkowa miąższość osadów – ok. 4 m), kształtowanej przez ponad 30 lat, uzasadniają wyniki kilkakrotnie przeprowadzonych w latach 1996–1997 wstępnych badań nad wielkością transportowanego rumowiska, które wykazały, że dopływające do zbiornika wody w ciągu jednej sekundy transportowały od 0,2 kg do 2,3 kg (średnio – 1,1 kg) materiału toczonego i wleczonego. Obliczanie na podstawie wyników przypadkowych pomiarów masy zakumulowanego w zbiorniku materiału rumowiskowego byłoby oczywistym błędem, tym niemniej można na ich bazie dokonać pewnych oszacowań, a tym samym nakreślić rozmiary dotychczasowej – trwającej ponad 30 lat – akumulacji. Przyjmując podane wyżej wartości za skrajne przedziały, otrzymano jej wielkość zawartą w zakresie od 208 tys. t do 2393 tys. t, co przy uwzględnieniu uśrednionej wartości ciężaru właściwego zakumulowanych osadów, wynoszącego $2,18 \text{ g/cm}^3$, stanowi odpowiednio ok. 0,09 mln m^3 i 1,10 mln m^3 . Traktując wartość średnią jako wartość charakteryzującą rozpatrywane 33 lata, otrzymano 1144 tys. t co stanowi ok. 0,52 mln m^3 , tj. ok. 0,016 mln m^3/rok .

Oprócz wspomnianych wyżej typów rumowiska w procesie wypełniania misy zbiornikowej istotną rolę odgrywają zawiesiny i unosiny (rys. 32) traktowane w badaniach jakości wody jako zawiesiny. Z obliczeń wynika, że w latach (kalendarzowych) 1975–1994 do zbiornika wpłynęło 461,0 tys. t zawiesiny, przy wieloletniej rocznej amplitudzie dostawy wynoszącej 52,9 tys. t (minimum: 3,5 tys. t – 1982 rok; maksimum: 56,4 tys. t – 1994 rok). Z kolei zawiesina odprowadzona została w ilości tylko 11,8 tys. t z minimum bliskim zera i występującym w większości lat rozpatrywanego wielolecia oraz maksimum wynoszącym 4,2 tys. t w 1989 roku. W misie zbiornikowej pozostaje więc 449,2 tys. t, co stanowi ok. 0,21 mln m^3 (tj. 0,010 mln m^3/rok).

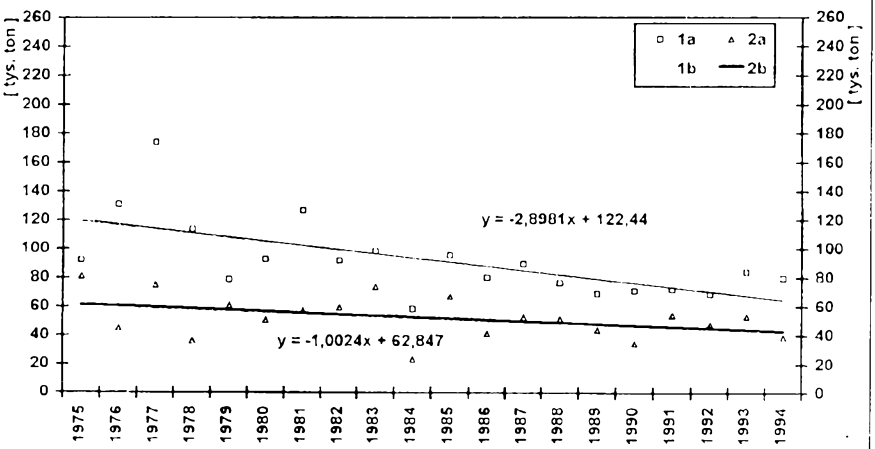
ZAWIESINA



CHLORKI



SIARCZANY



W związku z tym, że transport materiału rozpuszczonego jest wyższy niż pozostałe rodzaje transportu (Fal, 1965; Biernat, Ciupa, 1992; Kostrzewski, Zwoliński, 1992; Niewiarowski, Celmer, Marciniak, Pietrucień, Proszek, Sinkiewicz, 1992), należy zwrócić również uwagę na migrację wybranych substancji występujących w środowisku wodnym w postaci roztworów, zwłaszcza że obecna w wodach zbiornika Dzierżno Duże większość jonów utożsamiana jest z zanieczyszczeniem.

Chlorki dostarczone do zbiornika przez wody powierzchniowe i opadowe w latach 1975–1994 (rys. 32) w ilości 4657,4 tys. t zostały odprowadzone wraz z wodami odpływu powierzchniowego w ilości 2474,6 tys. t, która stanowi zaledwie 53,1% dostawy. Podobnie odpływ siarczanów (rys. 32) ze zbiornika – wynoszący 1046,4 tys. t – stanowił zaledwie 56,9% wielkości ładunku omawianej substancji zasilającej zbiornik (1840,2 tys. t). Sumaryczna ilość substancji rozpuszczonych (rys. 33), jaka przedostała się do zbiornika w rozpatrywanym dwudziestoleciu, oscyluje wokół wartości 11 839,0 tys. t, natomiast ładunek odprowadzony wynosił 6453,0 tys. t, stanowiąc 54,5% dostawy. Powyższe dane wskazują na występującą w zbiorniku (bądź strefie przyzbiornikowej) specyficzną transformację substancji powodujących zasolenie jego wód. Fakt zmniejszenia omawianych ładunków należy tłumaczyć przede wszystkim ich odprowadzaniem przez wody odpływu podziemnego ze zbiornika i prawdopodobnie w mniejszym stopniu kumulacją w konsekwencji przemian chemicznych.

Nieco mniejsze różnice procentowe między ładunkiem dopływającym i odpływającym zaobserwowano w przypadku azotu amonowego (rys. 33), który w wodach powierzchniowych i opadowych w rozpatrywanym dwudziestoleciu obecny był w ilości 42,6 tys. t, a w wodach odpływu powierzchniowego nie przekroczył 28,4 tys. t (66,6% ładunku dostarczonego). O ile ładunki zawiesiny, chlorków, siarczanów i substancji rozpuszczonych odprowadzane ze zbiornika każdego roku były niższe od dostarczanych, o tyle w odniesieniu do azotu amonowego (rys. 33) nie jest to prawidłowością, ponieważ w kilku latach porównywane wartości są bliskie równości, bądź wielkość odpływu przewyższa nieznacznie ilość dostarczoną. Tego typu relacje można uważać za przejawy utraty możliwości samooczyszczania wód limnicznych, a zbiornik potraktować jako silnie zeutrofizowany i będący źródłem wtórnego zanieczyszczenia wody.

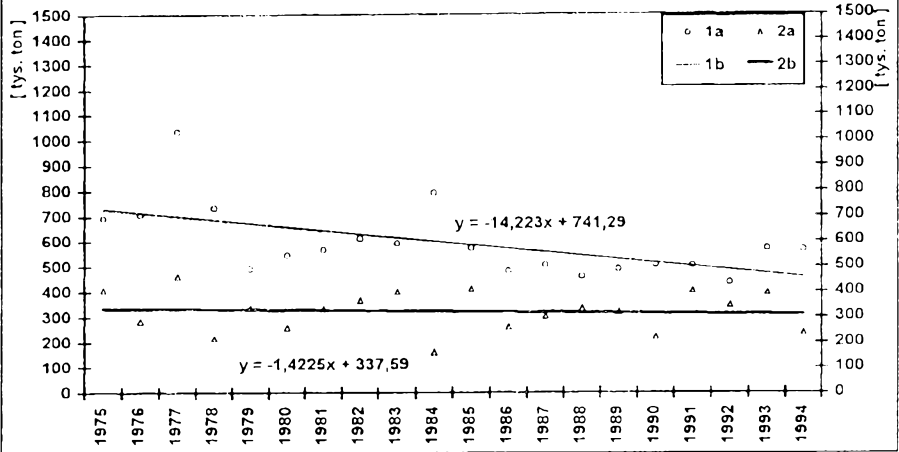
←
Rys. 32. Zbiornik Dzierżno Duże. Zmiany wielkości ładunków zawiesiny, chlorków i siarczanów w latach 1975–1994

1a – wielkości ładunków dostarczonych do zbiornika Dzierżno Duże; **1b** – linia regresji prostoliniowej dla wielkości ładunków dostarczonych do zbiornika Dzierżno Duże; **2a** – wielkości ładunków odprowadzonych ze zbiornika Dzierżno Duże; **2b** – linia regresji prostoliniowej dla wielkości ładunków odprowadzonych ze zbiornika Dzierżno Duże

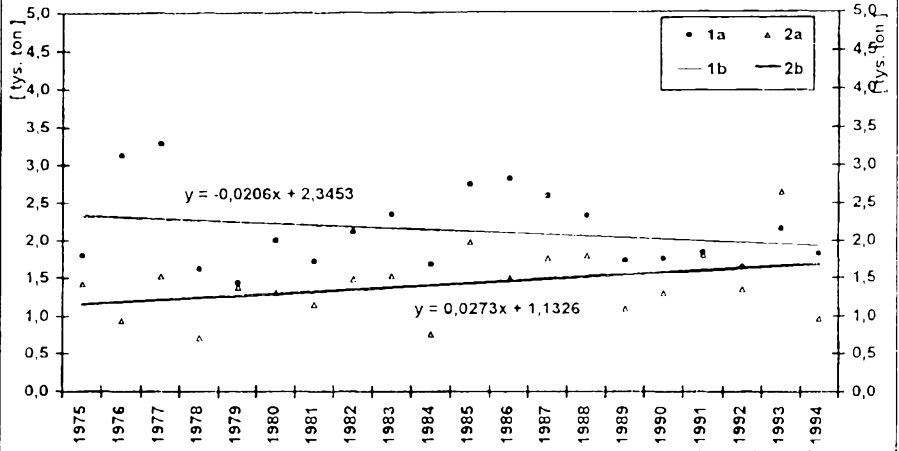
Fig. 32. Dzierżno Duże water reservoir. Changes in size of suspension, chlorides and sulphates loads in years 1975–1994

1a – size of loads delivered to Dzierżno Duże water reservoir; **1b** – line of rectilinear regression for size of loads delivered to Dzierżno Duże water reservoir; **2a** – size of loads discharged from Dzierżno Duże water reservoir; **2b** – line of rectilinear regression for size of loads discharged from Dzierżno Duże water reservoir

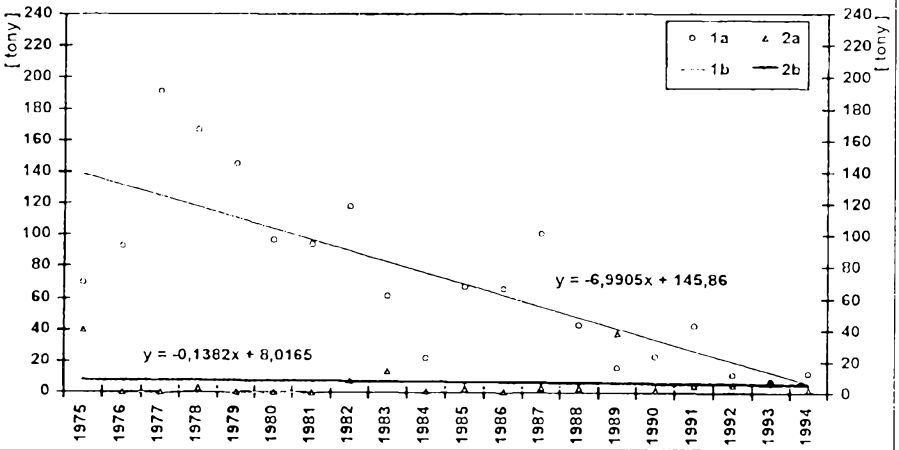
SUBSTANCJE ROZPUSSCZONE



AZOT AMONOWY



FENOLE



W świetle dostawy detergentów, w latach 1977–1994 wynoszącej 3804,6 tys. t i przy ich odpływie równym 879,8 tys. t, jest to wysoce prawdopodobne.

Oczyszczający charakter zbiornika jest bardzo wyraźny w przypadku fenoli (rys. 33), których wpłynęło 1449,2 t, a odprowadzonych zostało 131,3 t. Zbiornik wprawdzie zmniejsza ilość transportowanych Kłodnicą fenoli, jednak kosztem pogorszenia jakości retencjonowanej wody i częściowej degradacji życia biologicznego, a nawet kosztem obniżenia walorów estetycznych otoczenia.

Zbiornik Dzierżno Duże odgrywa istotną rolę w kształtowaniu zanieczyszczenia wód metalami ciężkimi. Wydatnie obniża on wielkość – dostarczonych wraz z wodami powierzchniowymi i opadowymi – ładunków cynku i miedzi, nieznacznie podwyższając ładunki ołowiu i kadmu (tab. 7).

Tabela 7

Zbiornik Dzierżno Duże. Zestawienie wielkości ładunków metali ciężkich dostarczonych przez wody powierzchniowe i opady atmosferyczne (dopływ) oraz odprowadzonych przez wody odpływu powierzchniowego (odpływ) w latach 1991–1995 (opracowanie na podstawie wyników badań własnych oraz danych: IMiGW w Katowicach, ODGW w Gliwicach i OBiKŚ w Katowicach)

Table 7

Dzierżno Duże water reservoir. Sheet of size of heavy metals loads delivered by surface waters and atmospheric precipitation (inflow) and discharged by waters of surface runoff (outflow) in years 1991–1995 (worked out on the base of results of author's research and data of IMiGW in Katowice, ODGW in Gliwice and OBiKŚ in Katowice)

Rok Year	Ołów lead		Cynk zinc		Kadm cadmium		Miedź copper	
	dopływ inflow	odpływ outflow	dopływ inflow	odpływ outflow	dopływ inflow	odpływ outflow	dopływ inflow	odpływ outflow
	[t]							
1991	12,55	7,76	45,42	7,76	1,79	1,55	8,95	1,55
1992	3,56	4,82	33,79	6,75	1,51	1,10	1,85	1,93
1993	5,93	10,63	40,10	7,24	1,02	1,39	3,87	1,69
1994	12,53	12,74	59,89	7,18	1,54	1,92	3,08	0,96
1995	2,93	8,82	31,86	7,22	0,34	2,41	1,37	2,25
Suma	37,50	44,77	211,06	36,15	6,20	8,36	19,12	8,38

←

Rys. 33. Zbiornik Dzierżno Duże. Zmiany wielkości ładunków substancji rozpuszczonych, azotu amonowego i fenoli w latach 1975–1994

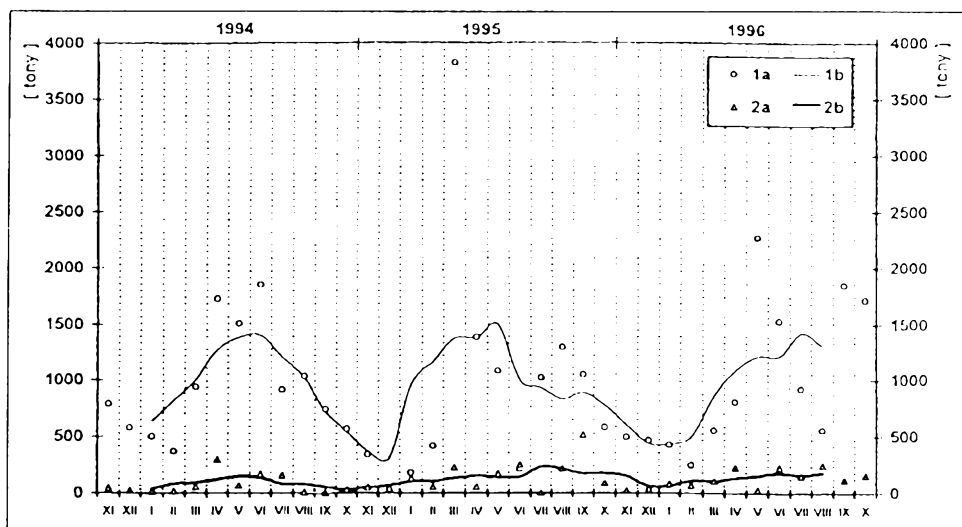
1a – wielkości ładunków dostarczonych do zbiornika Dzierżno Duże; **1b** – linia regresji prostopadłej dla wielkości ładunków dostarczonych do zbiornika Dzierżno Duże; **2a** – wielkości ładunków odprowadzonych ze zbiornika Dzierżno Duże; **2b** – linia regresji prostopadłej dla wielkości ładunków odprowadzonych ze zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 33. Dzierżno Duże water reservoir. Changes in size of soluble substances, ammonium nitrate and phenols loads in years 1975–1994

1a – size of loads delivered to Dzierżno Duże water reservoir; **1b** – line of rectilinear regression for size of loads delivered to Dzierżno Duże water reservoir; **2a** – size of loads discharged from Dzierżno Duże water reservoir; **2b** – line of rectilinear regression for size of loads discharged from Dzierżno Duże water reservoir

Rozpatrywanie wielkości ładunków dostarczanych i odprowadzanych ze zbiornika Dzierżno Duże w okresie 1975–1994 pozwala na ocenę jego kumulacyjnej roli, a także charakteru akumulacji materii w zbiorniku. Badania przeprowadzone w okresie hydrologicznym 1994–1996 miały na celu wstępne rozpoznanie obiegu materii w strefie okołozbiornikowej, ze wskazaniem sezonowych uwarunkowań. Jednak wielkość uczestniczących w obiegu ładunków wybranych substancji zasadniczo nawiązuje do wyżej omówionej zmienności stężeń.

Wielkość dostawy zawiesiny cechowała wyraźna zmienność sezonowa z maksimum przypadającym na okres od wiosny do jesieni i minimum występującym w czasie zimy, a jej odpływ ze zbiornika charakteryzował się zdecydowanie mniejszymi fluktuacjami, nie wykazując tak dużych wahań sezonowych (rys. 34).



Rys. 34. Zbiornik Dzierżno Duże. Zmiany wielkości ładunków zawiesiny w latach hydrologicznych 1994–1996

1a – wielkości ładunków dostarczonych do zbiornika Dzierżno Duże; 1b – średnie ruchome (pięciomiesięczne) dla wielkości ładunków dostarczonych do zbiornika Dzierżno Duże; 2a – wielkości ładunków odprowadzonych ze zbiornika Dzierżno Duże; 2b – średnie ruchome (pięciomiesięczne) dla wielkości ładunków odprowadzonych ze zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 34. Dzierżno Duże water reservoir. Changes in size of suspension load in years 1994–1996
1a – size of loads delivered to Dzierżno Duże water reservoir; 1b – moving mean (five month) for size of loads delivered to Dzierżno Duże water reservoir; 2a – size of loads discharged from Dzierżno Duże water reservoir; 2b – moving mean (five month) for size of loads discharged from Dzierżno Duże water reservoir

Charakterystyczną cechą zmienności dostarczonych do zbiornika ładunków chlorków, siarczanów, sodu i potasu jest sezonowość, z maksimum ich zawartości w wodach przypadającym na półrocza letnie oraz minimum występującym w półroczach zimowych (rys. 35, rys. 36). Wzrost ładunków w wodach dopływu powierzchniowego do zbiornika ma miejsce w okresach zwiększonej dostawy wód ze zlewni, natomiast ich zmniejszenie jest implikowane występowaniem przepływów niżówkowych. Analogicznie jest z ładunkami w wodzie odpływa-

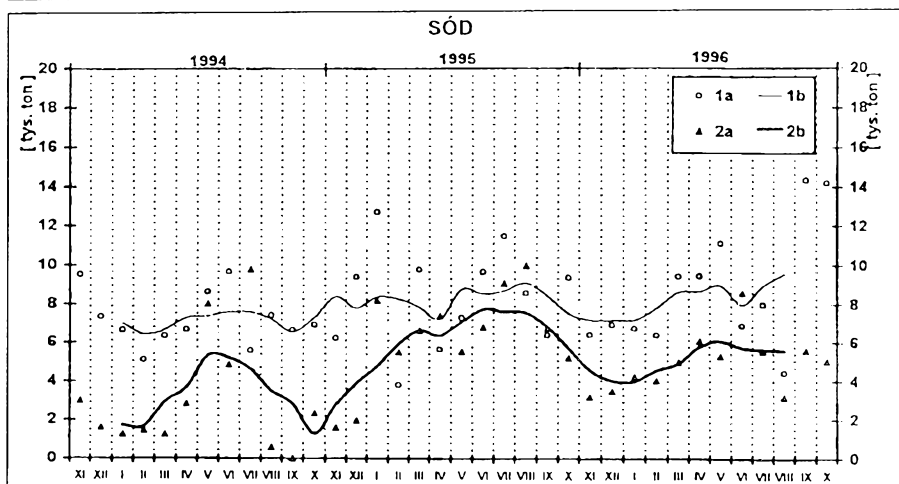
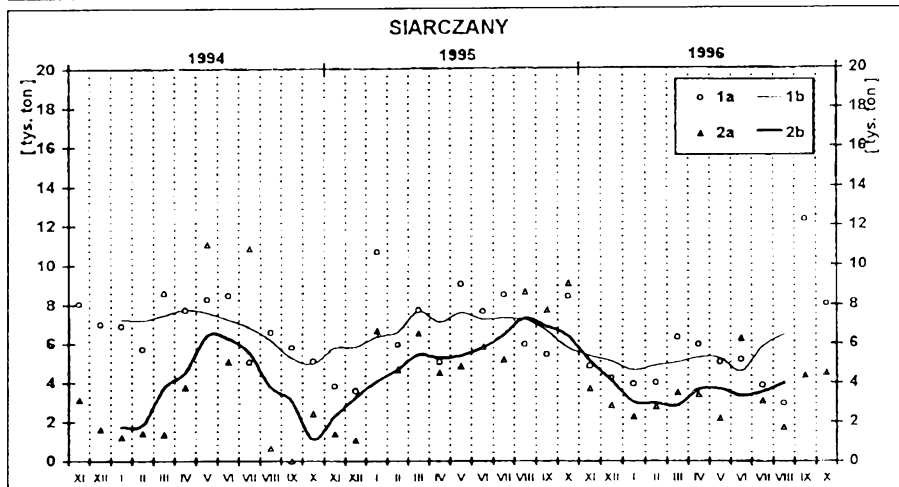
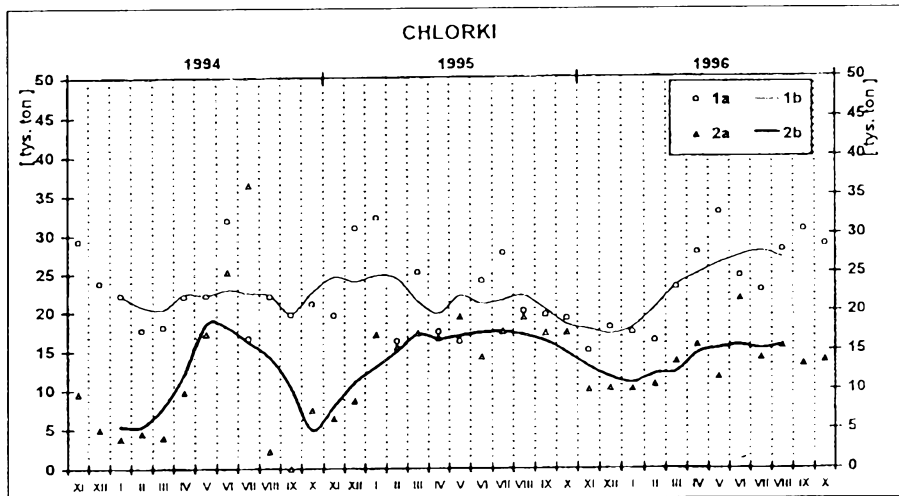
jącej ze zbiornika – są wyższe w okresach niewielkiej retencji zbiornikowej i maleją wraz z jej wzrostem.

Ładunki fosforu fosforanowego i azotu azotanowego charakteryzowały się sezonową zmiennością (rys. 36). Najniższe występowały w czasie – przypadającego na okres półrocza letniego – intensywnego rozwoju życia biologicznego w wodach, najwyższe zaś stwierdzono późną zimą oraz wiosną. Szczególnie wielkości ładunku zawarte w wodzie odpływającej ze zbiornika spełniają ową zależność, dokumentując stwierdzony przez wielu badaczy (Zieliński, 1978; Kajak, 1979; Dojlido, 1987) udział omawianych substancji w cyklu rozwoju organizmów roślinnych i zwierzęcych w środowisku limnicznym. Ponadto z końcem półrocza letniego wielkość odpływających ładunków substancji biogennych – zwłaszcza fosforu fosforanowego – wykazuje niewielki wzrost, który można wiązać z zakończeniem etapu intensywnego rozwoju życia biologicznego w wodzie i obumieraniem organizmów, a w konsekwencji przenikaniem do wody związków fosforu i azotu pochodzących z ich rozkładu. Jest to niewątpliwie przejawem wysokiego stopnia troficzności masy wodnej, co potwierdzają ładunki substancji biogennych zawarte w wodach odpływu powierzchniowego, niejednokrotnie przekraczające wielkość ich dostawy do zbiornika przez wody powierzchniowe i opadowe. Wzbogacanie wód odpływu w azot azotanowy przypuszczalnie następuje w konsekwencji uaktywniania osadów dennych oraz w procesie chemicznych i biochemicznych (nityfikacja) przemian związków azotowych.

Dotychczasowa analiza wskazuje na daleko idącą transformację struktury chemicznej wody zretencjonowanej w zbiorniku Dzierżno Duże pod dominującym wpływem silnie zanieczyszczonej Kłodnicy. Warto więc ocenić tendencje zmian zanieczyszczenia zbiornika, wykorzystując obliczenia wielkości ładunków zanieczyszczeń jako parametry zdecydowanie bardziej miarodajne niż stężenia. Ważnych informacji dostarczają zestawienia średnich ruchomych, którymi charakteryzowano sezonową zmienność wielkości ładunków wybranych substancji dopływających do zbiornika i z niego odpływających, a wskazują chociażby okresy, w których występuje wielokrotnie podkreślana przewaga odpływu danej substancji nad jej dopływem (rys. 34, 35, 36).

W analizie obejmującej rozpatrywane dwudziestolecie (1975–1994) zdecydowanie bardziej miarodajnym sposobem jest wykorzystanie metody regresji prostoliniowej, w której tendencję zmian wielkości ładunków wskazuje linia trendu wyrażona równaniem regresji, określającym między innymi wielkość spadku lub wzrostu danej cechy w ciągu statystycznej jednostki czasu.

Stwierdzono, że dostarczane do zbiornika i z niego odprowadzane zanieczyszczenia często cechują odmienne tendencje (rys. 32, 33). Ładunki zawiesiny (zarówno po stronie przychodów, jak i rozchodów) charakteryzuje tendencja wzrostowa, której wielkość wynosi odpowiednio 0,1987 tys. t i 0,0781 tys. t (rys. 32) w ciągu statystycznego roku. Odmienne kształtuje się obraz w odniesieniu do ładunków chlorków, których dopływ do zbiornika teoretycznie spada 85



o 3,4744 tys. t na rok, odpływ zaś wzrasta o 0,5396 tys. t w ciągu statystycznego roku (rys. 32). Dowodzi to przede wszystkim sukcesywnego wzrostu zasolenia retencjonowanej wody, mimo że dla ładunków pozostałych substancji o nim świadczących (siarczany, substancje rozpuszczone) zarówno po stronie przychodowej, jak i rozchodowej znamieny jest spadek. Spadkowa tendencja charakteryzuje również ładunki fenoli. Z kolei utrata możliwości samooczyszczania wód limnicznych, a tym samym samooczyszczanie się zbiornika w procesie uaktywniania związków azotu z osadów dennych oraz wytwarzanie azotu amonowego w środowisku zbiornikowym w wyniku procesów gnilnych – to podstawowe informacje, na które wskazuje spadkowa tendencja dla dostarczanych do zbiornika ładunków azotu amonowego (0,0206 tys. t na rok – rys. 33) i statystyczny wzrost ładunków tej substancji w wodach odpływu (0,0273 tys. t na rok – rys. 33).

Konsekwencją dostawy do zbiornika materiału rumowiskowego jest wykształcenie różnej miąższości zróżnicowanych frakcyjnie pokryw osadów dennych. W ich składzie granulometrycznym dominują frakcje pyłowe, natomiast frakcje piaszczyste i ilaste charakteryzują się raczej mniejszym udziałem. Z kolei delta, utworzona we wschodniej części zbiornika, zbudowana jest z materiału rumowiskowego Kłodnicy o przewodze utworów frakcji piaszczystej i żwirowej.

Należy się spodziewać, iż akumulowany w misie zbiornika materiał rumowiskowy jest w znacznym stopniu zanieczyszczony, skoro zbiornik przez wiele lat – funkcjonując w warunkach silnej antropopresji – odgrywał rolę osadnika. Przypuszczenie to potwierdzają archiwalia (Janosz-Rajczyk, 1993), a aktualnych informacji na ten temat dostarczają uzyskane w ODGW w Gliwicach wyniki badań próbek osadu pobranego z koryta Kłodnicy powyżej zbiornika Dzierżno Duże, wykonanych przez Główny Instytut Górnictwa w Katowicach w 1996 roku. Po przepaleniu próbek osadu w temperaturze 800°C i przeliczeniu zawartości poszczególnych składników na procenty wagowe stanu wyjściowego wynika, że w składzie podstawowym występują: SiO₂ (22,21–32,45%), Al₂O₃ (9,51–9,55%), Fe₂O₃ (4,98–6,22%), CaO (3,10–3,18%), MgO (1,25–1,30%), Na₂O (0,45–0,55%), K₂O (1,14–1,28%), SO₃ (1,73–2,50%), TiO₂ (0,40–0,48%), P₂O₅ (0,63–1,05%). Na podstawie uzyskanych danych stwierdzono ponadto:

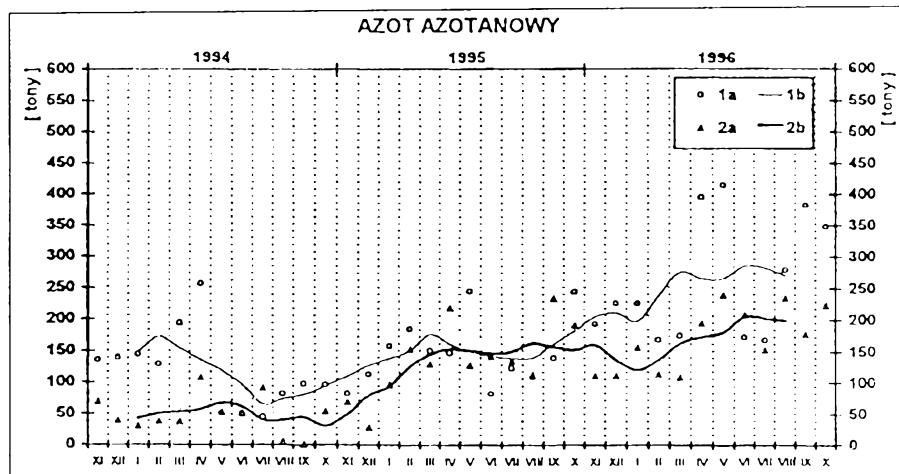
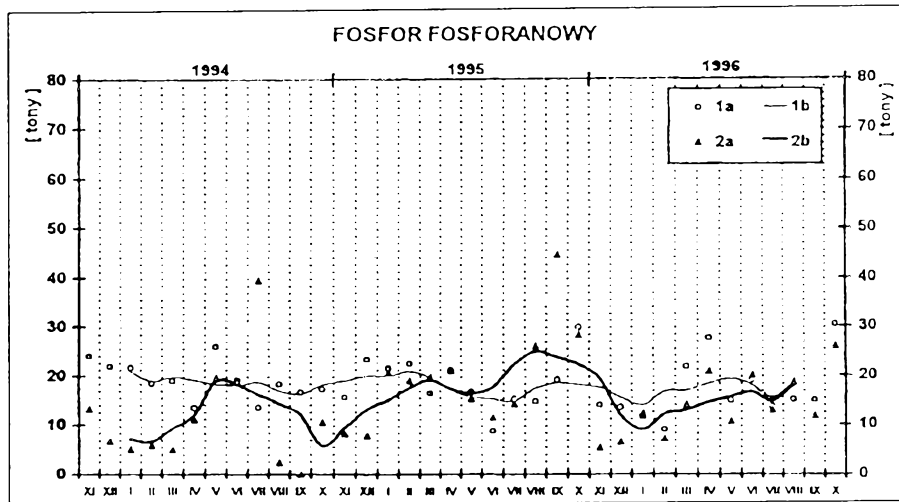
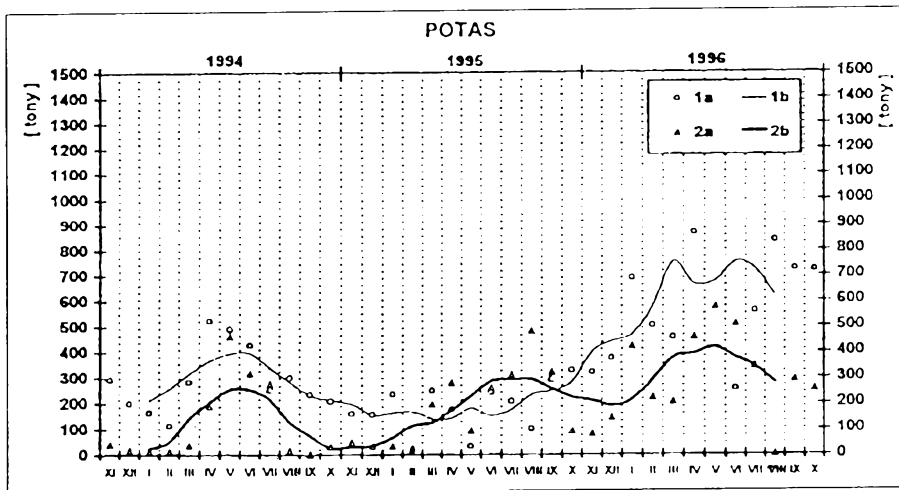
←

Rys. 35. Zbiornik Dzierżno Duże. Zmiany wielkości ładunków chlorków, siarczanów i sodu w latach hydrologicznych 1994–1996

1a – wielkości ładunków dostarczonych do zbiornika Dzierżno Duże; **1b** – średnie ruchome (pięciomiesięczne) dla wielkości ładunków dostarczonych do zbiornika Dzierżno Duże; **2a** – wielkości ładunków odprowadzonych ze zbiornika Dzierżno Duże; **2b** – średnie ruchome (pięciomiesięczne) dla wielkości ładunków odprowadzonych ze zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 35. Dzierżno Duże water reservoir. Changes in size of chlorides, sulphates and sodium loads in years 1994–1996

1a – size of loads delivered to Dzierżno Duże water reservoir; **1b** – moving mean (five month) for size of loads delivered to Dzierżno Duże water reservoir; **2a** – size of loads discharged from Dzierżno Duże water reservoir; **2b** – moving mean (five month) for size of loads discharged from Dzierżno Duże water reservoir



- wysoką wartość strat prażenia (40,97–54,17%) świadczącą o dużej zawartości części palnych i potwierdzającą, że przedmiot badań jest mieszaniną osadu mineralnego i osadu pościekowego;
- świadczącą o znacznym zanieczyszczeniu zawartość arsenu (51 mg/kg), kadmu (19–29 mg/kg), ołowiu (303–490 mg/kg) i cynku (1261–2232 mg/kg);
- zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych osiągającą 9,2–77,4 mg/kg;
- wydzielanie tlenu (O_2), dwutlenku węgla (CO_2) oraz niewielkie ilości siarkowodoru (H_2S) i metanu (CH_4);
- kilkakrotnie przekraczające dopuszczalne stężenia – w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach wprowadzanych do wód i do ziemi (Rozporządzenie..., 1991) – siarczanów, kadmu, manganu oraz cynku w przesączach wodnych pobranych prób.

4.2. Wpływ zbiornika Dzierżno Duże na kształtowanie właściwości fizykochemicznych wód podziemnych

Przedstawione wcześniej obliczenia bilansu wodnego zbiornika Dzierżno Duże wykazały, że bilans wymiany wód limnicznych z wodami podziemnymi jest ujemny, co w konsekwencji oznacza, że silnie zanieczyszczone wody zretencjonowane w zbiorniku infiltrują w łatwo przepuszczalne utwory czwartorzędowe. Nie można również wykluczyć ucieczki wody ze zbiornika poprzez zalegające w dnie misy jeziornej – uznawane za praktycznie nieprzepuszczalne – utwory trzeciorzędowe, aczkolwiek zawierające wkładki utworów piaszczysto-żwirowych. Ich występowanie w dnie wyrobiska potwierdzają badania A. J a h n a (1955), które zostały przeprowadzone jeszcze w okresie eksploatacji piasków podsadzkowych.

Niewielka ilość sprawnych piezometrów oraz ich rozmieszczenie – niesprzyjające ocenie wpływu zbiornika na kształtowanie właściwości fizykochemicznych wód podziemnych w jego otoczeniu – pozwalają określić tylko niektóre kierunki migracji zanieczyszczonych wód limnicznych oraz poważnie utrudniają określenie zasięgu zanieczyszczenia wód podziemnych następującego w jej wyniku.

←

Rys. 36. Zbiornik Dzierżno Duże. Zmiany wielkości ładunków potasu, fosforu fosforanowego i azotu azotanowego w latach hydrologicznych 1994–1996

1a – wielkości ładunków dostarczonych do zbiornika Dzierżno Duże; **1b** – średnie ruchome (pięciomiesięczne) dla wielkości ładunków dostarczonych do zbiornika Dzierżno Duże; **2a** – wielkości ładunków odprowadzonych ze zbiornika Dzierżno Duże; **2b** – średnie ruchome (pięciomiesięczne) dla wielkości ładunków odprowadzonych ze zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 36. Dzierżno Duże water reservoir. Changes in size of potassium, phosphate phosphorus and nitrate nitrogen loads in years 1994–1996

1a – size of loads delivered to Dzierżno Duże water reservoir; **1b** – moving mean (five month) for size of loads delivered to Dzierżno Duże water reservoir; **2a** – size of loads discharged from Dzierżno Duże water reservoir; **2b** – moving mean (five month) for size of loads discharged from Dzierżno Duże water reservoir

Tym niemniej przeprowadzone w latach hydrologicznych 1994–1996 badania hydrochemiczne, wykorzystujące istniejącą sieć piezometryczną oraz otwory studzienne najbardziej reprezentatywne dla odzwierciedlenia fizykochemicznych właściwości wód podziemnych (tab. 8), potwierdzają infiltrację wody ze zbiornika oraz umożliwiają wyznaczenie orientacyjnych zasięgów negatywnego wpływu retencji zanieczyszczonych wód limnicznych.

Tabela 8

Zakres wahań wartości wybranych parametrów fizykochemicznych wód podziemnych występujących w utworach czwartorzędowych w okolicach zbiornika Dzierżno Duże w latach hydrologicznych 1994–1996 (lokalizacja według rys. 18)

Table 8

Range of values fluctuations of selected physico-chemical parameters of underground waters occurring in the Quaternary deposits in hydrological years 1994–1996 (location as in Fig. 18)

Wskaźnik Parameter	Jednostka Unit	Studnia w Rzeczcach Well at Rzeczcach	Piezometr nr 4 Piezometer No. 4	Piezometr nr 8 Piezometer No. 8	Piezometr nr 25 Piezometer No. 25	Studnia w Taciszowie Well at Taciszów
Odczyn	pH	7,15–7,25	7,09–7,22	7,26–7,38	7,04–7,23	6,87–7,16
Przewodność	$\mu\text{S/cm}$	569–771	530–790	1444–1598	3800–4430	1009–1246
Twardość og.	$\text{mg CaCO}_3/\text{l}$	255–380	280–328	230–281	540–637	375–510
Chlorki	mg/dm^3	25,0–28,5	18,0–88,0	301,0–388,0	1100,0–1258,0	114,0–260,0
Siarczany	mg/dm^3	52,9–55,0	43,4–122,0	132,0–148,3	273,5–320,1	124,0–209,3
Azotany	mg/dm^3	79,4–81,6	1,3–12,1	30,0–39,3	64,0–78,2	24,3–45,9
Fosforany	mg/dm^3	0,09–2,65	0,06–0,31	0,13–0,80	0,09–0,19	0,12–1,95
Sód	mg/dm^3	19,7–22,5	8,3–14,0	204,0–278,0	682,5–724,4	20,1–29,5
Potas	mg/dm^3	22,2–28,3	5,7–8,3	14,4–16,8	18,8–24,3	48,3–85,2

Pierwszy punkt pomiarowy (studnia w Rzeczcach) jest zlokalizowany w górnej części południowego zbocza doliny Kłodnicy (rys. 18), na pograniczu zwartej zabudowy wiejskiej i pól uprawnych (gruntów ornych), będących prawdopodobnie powierzchniowym źródłem zanieczyszczenia wód podziemnych w tym rejonie. Odległość w linii prostej od zbiornika Dzierżno Duże wynosi ok. 1,5 km, a różnica poziomu między maksymalną rzędną piętrzenia wody w zbiorniku i bezwzględną wysokością zwierciadła wody w studni wynosi ok. 20 m. Otwór studzienny usytuowany jest w piaskach i żwirach lodowcowych zalegających miejscami na glinie zwałowej, a zwierciadło wód podziemnych w latach 1975–1996 w każdym przypadku pomiarowym zalegało dużo wyżej niż zwierciadło wody w zbiorniku.

Z utworami piaszczysto-żwirowymi wiąże się lokalizacja piezometru nr 4, który jest usytuowany w odległości ok. 0,4 km na południowy zachód od zbiornika (rys. 18). Analiza danych archiwalnych dotyczących sytuacji hydrogeologicznej w okolicach tego piezometru wykazała, że wody podziemne okresowo są drenowane przez zbiornik Dzierżno Duże, a równie często występuje sytuacja zasilania horyzontu wodonośnego wodami limnicznymi.

Kolejne trzy punkty (piezometry nr 8 i nr 25 oraz studnia w Taciszowie) poboru próbek wody do analiz hydrochemicznych są związane z łatwo przepuszczalnymi osadami rzecznyymi wypełniającymi dno doliny Kłodnicy poniżej zbiornika (rys. 18). Piezometr nr 8 znajduje się w odległości blisko 100 m od osi środkowej części zapory czołowej, piezometr nr 25 w odległości ponad 250 m na północny zachód od jej północnej strony (rys. 18). Z kolei zlokalizowana w pobliżu osi dna doliny Kłodnicy studnia w Taciszowie jest oddalona od zbiornika o blisko 1 km (rys. 18). Wszystkie trzy punkty pomiarowe cechuje drenujący charakter zwierciadła wód podziemnych w stosunku do wód zbiornika Dzierżno Duże.

Badania hydrochemiczne wskazują, że strefa zanieczyszczenia wód podziemnych obejmuje obszar położony w dolinie Kłodnicy poniżej zapory czołowej (tab. 8). Pochodzenie owego zanieczyszczenia należy wiązać z infiltracją zanieczyszczonych wód limnicznych, a w mniejszym stopniu z migracją równie niskiej jakości wód pochodzących z ekranowanego koryta czwartej sekcji (odcinka eksploatacyjnego) Kanału Gliwickiego. Potwierdzeniem są zdecydowanie niższe wartości parametrów fizykochemicznych wody pochodzącej ze studni w Rzeczycach w odniesieniu do analogicznych wartości wyznaczonych dla wód podziemnych występujących w dolinie Kłodnicy poniżej zbiornika (tab. 8). Powyższą tezę potwierdzają również wyniki badań hydrochemicznych próbek wód podziemnych związanych z dnem doliny, które w większym stopniu korespondują z wartościami elementów fizykochemicznych wód zbiornika Dzierżno Duże. Istniejące dysproporcje wielkości oznaczanych właściwości fizykochemicznych wód limnicznych i zasilanych przez nie wód podziemnych (tab. 8) należy wiązać z chemicznym, biologicznym i mechanicznym oczyszczaniem zachodzącym w procesie filtracji wód ze zbiornika oraz ze zjawiskiem rozcieńczania dopływających zanieczyszczeń, następującym w konsekwencji spływu wód podziemnych ze zboczy doliny Kłodnicy.

Trudno jest określić zasięg obszarowego wpływu zbiornika Dzierżno Duże na zmianę właściwości fizykochemicznych wód pierwszego poziomu wodonośnego, powodującą automatycznie obniżenie ich walorów użytkowych. Przeprowadzone badania dowodzą, że jest on wyraźnie widoczny w wodach podziemnych zalegających w odległości jednego kilometra na zachód od zbiornika. Można przypuszczać, że strefa wpływu zbiornika Dzierżno Duże na kształtowanie właściwości fizykochemicznych wód pierwszego poziomu wodonośnego sięga nieco dalej na zachód, tj. aż po zbiornik Pławniowice. Przesłanką tych przypuszczeń są wyniki badań terenowych prowadzonych w latach 1994–1997, które dotyczyły zmian ilościowo-jakościowych obiegu wody i jej właściwości fizykochemicznych w rejonie hydrowęzła Pławniowice.

Można przypuszczać, że wody limniczne – infiltrujące w utwory czwartorzędowe – za pośrednictwem okna hydrogeologicznego utworzonego w osadach trzeciorzędowych zasilają również niżej zalegające wodonośne formacje triasowe. Jednocześnie nie można zaprzeczyć istnieniu migracji zanieczyszczonych wód

limnicznych w kierunku utworów triasowych we wschodnim sektorze zbiornika Dzierżno Duże, gdzie w dnie misy jeziornej zalegają osady trzeciorzędowe, wśród których dominują utwory ilaste i piaszczyste, a więc nie wykluczające potencjalnego występowania zjawisk filtracyjnych.

Z dopływem zanieczyszczeń pochodzących z – nie odpowiadającym normom przyjętych klas czystości – wód potamicznych i limnicznych wielu badaczy (Rózkowski, Mitas, Witkowski, 1989; Kropka, 1990) wiąże sukcesywnie pogarszającą się jakość zasobów wodnych triasowego zbiornika wód podziemnych.

Wody GZWP Gliwice charakteryzują się niskimi klasami jakości. O przynależności wód do poszczególnych klas decydują: mineralizacja ogólna, podwyższone stężenia azotu, a podrzędnie występowanie zanieczyszczeń bakteriologicznych. W rejonach wychodni triasu przeważają wody II i III klasy czystości. W rejonie gliwickiej dzielnicy Łabędy, tj. w obszarze o najwyższej degradacji jakości wód, stwierdzono m.in. wody IV klasy czystości. Wody najwyższej jakości (klasa Ia i Ib) występują jedynie lokalnie (*Plan generalny...*, 1994).

Zasadnicze różnice jakości wód podziemnych odnoszą się do niektórych z kilkudziesięciu ujęć. Szczególnie niskimi walorami użytkowymi oraz niekorzystnymi właściwościami fizykochemicznymi odznaczają się wody podziemne tej części triasowego zbiornika wód podziemnych, która znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie okna hydrogeologicznego wypreparowanego w utworach trzeciorzędowych (rys. 3, rys. 10). Wskazują na to wyniki badań hydrochemicznych próbek wody eksploatowanej ujęciami studziennymi (tab. 9).

W sąsiedztwie zbiornika Dzierżno Duże są zlokalizowane trzy z wymienionych (tab. 9) ujęć wód podziemnych: „Łabędy” 4, „Łabędy Ibis” i „Łabędy” 11. Najbliżej zbiornika znajduje się ujęcie wody „Łabędy” 4, usytuowane w północnej części Ligoty Kradziejowskiej (Ligota Łabędzka) i w odległości blisko jednego kilometra od południowego wybrzeża zbiornika Dzierżno Duże. W otoczeniu ujęcia znajdują się grunty orne oddzielone od lasu przebiegającą w bezpośrednim sąsiedztwie linią kolejową. W odległości 1, 2 km na południowy wschód od zbiornika, na lewym brzegu Kłodnicy oddalanej o 0,2 km, mieści się ujęcie „Łabędy” Ibis, a kolejne ujęcie („Łabędy” 11) zlokalizowane jest w gliwickiej dzielnicy Łabędy.

Dalsze ze wspomnianych (tab. 9) ujęć bazujących na zasobach triasowego poziomu wodonośnego znajdują się w znacznej odległości od zbiornika Dzierżno Duże, wynoszącej w linii prostej odpowiednio: „Zawada” A – ok. 6 km i „Zawada” 4 – ok. 7 km w kierunku północno-wschodnim oraz „Szalsza” 4Sz – blisko 8 km na wschód. Parametry fizykochemiczne eksploatowanych wód są zdecydowanie korzystniejsze od wyszczególnionych (tab. 9).

Tabela 9

Charakterystyka hydrochemiczna wód podziemnych GZWP Gliwice (wg: *Plan generalny...*, 1994).

Table 9

Hydrochemical characteristics of underground waters GZWP Gliwice (after *General Plan...*, 1994).

Wskaźnik Parameter	Lokalizacja i nazwa ujęcia Location and name of intake					
	Ligota Kradz. „Łabędy” 4 ¹⁾	Gliwice „Łabędy” 1bis ¹⁾	Gliwice „Łabędy” 11 ²⁾	Pyskowice „Zawada” A ¹⁾	Karchowice „Zawada” 4 ¹⁾	Przechlebie „Szalsza” 4Sz ¹⁾
	[mg/dm ³]					
Twardość og. (CaCO ₃)	476,54	627,01	296,30	274,01	286,08	330,60
Utlenialność	1,20	8,40	1,00	0,80	0,80	2,40
Sucha pozostałość og.	888,50	1784,00	426,00	357,40	421,90	488,00
Tlen rozpuszczony	3,20	3,60	...	2,40	–	5,60
Chlorki	196,40	468,74	24,00	10,94	25,22	33,48
Siarczany	179,77	208,95	33,00	55,35	73,34	73,46
Wodorowęglany	344,75	302,03	259,32	292,88	265,43	289,83
Fosforany	0,02	0,08	3,02	0,04	0,03	0,06
Fluorki	0,00	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00
Azot azotynowy	0,0002	4,5000	0,0010	0,0002	0,0001	0,0001
Azot azotanowy	0,000	75,000	3,020	0,000	0,700	1,000
Azot amonowy	0,040	0,040	0,000	0,020	0,000	0,000
Wapń	148,79	165,90	76,69	65,84	81,46	91,50
Magnez	25,50	51,67	27,21	26,62	20,08	24,82
Sód	103,05	333,83	6,00	5,46	7,42	10,93
Potas	4,73	23,82	1,20	1,74	1,48	1,48
Żelazo	2,230	0,410	0,220	0,290	0,020	0,070
Mangan	0,350	0,049	0,080	0,000	0,000	0,000
Cynk	0,680	0,460	0,020	0,000	0,022	0,760
Ołów	0,0000	0,0000	0,0300	0,0000	0,0000	0,0000
Kadm	0,0000	0,0000	< 0,0010	0,0000	0,0000	0,0000
Miedź	0,0000	0,0000	< 0,0100	0,0000	0,0000	0,0000
Glin	0,36	0,38	0,04	0,26	0,38	0,24
Rtęć	0,0009	0,0011	0,0000	0,0003	0,0007	0,0003
Nikiel	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000

Daty pomiaru (Date of measuring): ¹⁾ 22.09.1993 r.; ²⁾ 04.11.1993 r.

4.3. Zanieczyszczenie wody a eutrofizacja zbiornika Dzierżno Duże

W procesie ewolucji zbiorników istotną rolę odgrywa dostawa materii organicznej i mineralnej prowadząca do ich spłykania, a w rezultacie powodująca zanik masy jeziornej (Gierszewski, Marszelewski, Szczepanik, 1994). Tego typu przekształcenia zazwyczaj są związane z sukcesywnie postępującym dopływem substancji odżywczych (Choiński, 1994; 1995), określanymi także mianem: nutrientów, biogenów, biopierwiastków, substancji pożywkowych, mineralnych związków odżywczych (Kajak, 1979; Galicka 1996). Bezpośrednią konsekwencją dostawy substancji biogennych, w istotny sposób potęgowanej czynnikami antropogenicznymi (zrzuty ścieków, intensyfikacja rolnictwa, wycinanie lasów itp.), jest eutrofizacja wód akwenu, utożsamiana z nadmiernym wzrostem jego żyzności, jednoznacznym z pogorszeniem jakości wody (Kajak, 1979; Klapper, 1991; Harper, 1992; Kudelska, Cydzik, Soszka, 1994).

Głównym czynnikiem decydującym o stanie trofii jezior i zbiorników wodnych jest fosfor oraz w niewielkim procencie azot (Vollenweider, 1968; Starmach, Wróbel, Pasternak, 1976; Kajak, 1979; Jones, Lee, 1986; Giercuszkiewicz-Bajtlik, Wojtowicz, 1993; Wiśniewski, 1994). W przypadku intensywnego rozwoju glonów – mogącego powodować okresowy deficyt CO₂ – elementem eutrofizującym staje się węgiel, a w szczególnych przypadkach koncentracji glonów czynnikiem limitującym ich biomasa staje się światło (Kajak, 1979). Wiadomo również, że obecność sodu i potasu może stymulująco wpływać na rozwój niektórych glonów (Starmach, Wróbel, Pasternak, 1976), a według Hölla (Vollenweider, 1968) o stanie politrofii mogą świadczyć m.in. następujące ilości substancji: żelazo ogólne (1–12 mg/dm³), siarczany (50–100 mg/dm³), azotany (5–50 mg/dm³) i fosforany (3–15 mg/dm³). Z. Kajak (1979) przytacza opinię, że obecność fosforu (decydującego o ilości fitoplanktonu) w wodzie w ilości 1 kg umożliwia wytworzenie około 1 t świeżej masy glonów. Z kolei stężenie fosforu, przy którym mogą się pojawiać zakwity wody, będące konsekwencją nadmiernego rozwoju fitoplanktonu powodującego tzw. wtórne zanieczyszczenie wody, dla nizinnych zbiorników zaporowych wynosi 20–30 µg P/dm³ (Kajak, 1995), a norma stanu eutrofii dla zbiorników wodnych zalecana przez OECD wynosi 45 µg P/dm³ (Giercuszkiewicz-Bajtlik, Szeligiewicz, Uchmański, Zadarnowska, 1991).

Pochodzenie fosforanów w wodach powierzchniowych należy wiązać z wietrzeniem minerałów fosforanowych, zrzutami ścieków socjalno-bytowych, komunalnych i przemysłowych oraz spływami z terenów rolniczych (Kajak, 1979; Burchard, Hereźniak-Ciotowa, Kaca, 1990; Giercuszkiewicz-Bajtlik, 1990; Lossow, Więćławski, 1991; Wiśniewski, 1994). Ich naturalna zawartość w śródlądowych wodach powierzchniowych jest niewielka

94 – zazwyczaj kilka setnych mg/l, a stężenia wyższe od wymienionego mogą świad-

czyć o zanieczyszczeniach antropogenicznych, często implikujących eutrofizację (Burchard, Hereźniak-Ciotowa, Kaca, 1990). W zbiornikach oligotroficznych i oligomezotroficznych (retencjonujących czyste wody pozbawione antropogennych obciążeń zanieczyszczeniami) stężenia fosforu nie przekraczają poziomu kilkunastu $\mu\text{g/l}$ (Kajak, 1995). Sezonową zmienność zawartości jonu PO_4^{3-} można tłumaczyć tym, że omawiany związek chemiczny będąc stymulatorem życia biologicznego (Wiśniewski, 1994), podlega wahaniom z minimum stężeń w okresach intensywnego rozwoju życia biologicznego i maksimum po jego zahamowaniu (Dojlido, 1987).

Związki azotu (NH_4 , NO_2 , NO_3) przedostają się do wód nie tylko w procesie wymiany z atmosferą, lecz także wraz ze ściekami socjalno-bytowymi, komunalnymi i przemysłowymi oraz w rezultacie spływów z terenów użytkowanych rolniczo (Burchard, Hereźniak-Ciotowa, Kaca, 1990; Ryszkowski, 1991). W wodach nie obciążonych zanieczyszczeniami zawartość NH_4 zazwyczaj nie przekracza kilku mg/dm^3 (Elbanowska, Gramowska, 1992), azoty (NO_2) występują w ilościach od tysięcznych do setnych części mg/dm^3 (Adamczewska, 1992), a ilość azotu azotanowego zawiera się w przedziale od części do kilku mg/dm^3 (Burchard, Hereźniak-Ciotowa, Kaca, 1990). Sezonowe zmiany zawartości omawianych związków (z minimum przypadającym na okresy intensywnego rozwoju życia biologicznego i maksimum po jego zahamowaniu) można wiązać z naturalnym obiegiem azotu w przyrodzie, na co zwraca uwagę we własnych opracowaniach wielu badaczy (Dojlido, 1987; Burchard, Hereźniak-Ciotowa, Kaca, 1990; Elbanowska, Gramowska, 1992).

4.3.1. Zewnętrzne obciążenie zbiornika substancjami biogennymi

Ponieważ eutrofizacja wód jest wynikiem obecności w środowisku wodnym pierwiastków budujących materię organiczną, do których przede wszystkim należą fosfor i azot, za ważne uznaje się rozpoznanie źródeł ich pochodzenia i kompleksową ocenę roli zlewni w procesie zasilania zbiornika substancjami biogennymi (Wiśniewski, 1994). Wielkość dostawy nutrientów do zbiornika zależy od ilości punktowych, powierzchniowych i liniowych źródeł zasilania, a w mniejszym stopniu od dopływu fosforu z osadów dennych, szczególnie intensywnego w warunkach beztlenowych lub występowania stref wzmoczonych zjawisk miktycznych (Kajak, 1979, 1995; Wiśniewski, 1995a). Według R. J. Wiśniewskiego (1995) czynnikami uruchomienia pierwiastków zdeponowanych w osadach dennych są najczęściej procesy biologiczne i biochemiczne, transport dyfuzyjny wspomagany aktywnością życiową organizmów bentosowych, jak również mieszanie wód wywołane działaniem wiatru oraz uwalnianie gazów.

Badania hydrochemiczne wód dopływających do zbiornika Dzierżno Duże w początkowym okresie jego funkcjonowania nie były prowadzone systematycz-

nie i różniły się znacznie zakresem wykonanych oznaczeń, czyniąc dane archiwalne niejednorodnymi statystycznie (często również genetycznie), co poważnie utrudnia ocenę zewnętrznego obciążenia zbiornika substancjami biogennymi. Z obserwacji terenowych prowadzonych w latach 1965–1966 wiadomo, że do zbiornika dopływały wody silnie zanieczyszczone, natomiast w obszarze zachodniej części zbiornika wody były tylko nieznacznie zdegradowane organicznie (Grzbiela, Kudela, 1972). W latach 1969–1975 Kłodnica na dopływie do zbiornika Dzierżno Duże wykazywała duże zanieczyszczenie związkami organicznymi – $11,3 \text{ mg/dm}^3 \leq N_{\text{NH}_4} \leq 29,6 \text{ mg/dm}^3$; $0,15 \text{ mg/dm}^3 \leq N_{\text{NO}_2} \leq 0,54 \text{ mg/dm}^3$; $1,3 \text{ mg/dm}^3 \leq N_{\text{NO}_3} \leq 2,7 \text{ mg/dm}^3$ (Grzbiela, 1977). Także badania przeprowadzone w półroczu letnim 1977 roku (Grzbiela, 1977) wykazały, że wody Kłodnicy dopływające do zbiornika Dzierżno Duże cechowało wysokie zanieczyszczenie pochodzenia organicznego ($7,0 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3 \leq \text{BZT}_5 \leq 72,5 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$; utlenialność nadmanganianowa: $10,3 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3 - 101,5 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$). Azot amoniakalny występował wówczas w ilościach od $7,15 \text{ mg/dm}^3$ do $18,5 \text{ mg/dm}^3$, z kolei zawartość azotu azotynowego wahała się w zakresie od $0,0 \text{ mg/dm}^3$ do $0,73 \text{ mg/dm}^3$, a ilość azotu azotanowego kształtowała się w granicach od $0,0 \text{ mg/dm}^3$ do $12,8 \text{ mg/dm}^3$ (Grzbiela, 1977).

W latach 1975–1994 ilość azotu amonowego dostarczanego do zbiornika Dzierżno Duże wahała się w zakresie od 1,4 tys. t/rok (w 1979 roku) do 3,3 tys. t/rok (w 1977 roku), przy średniej rocznej z wielolecia wynoszącej 2,1 tys. t/rok. Brak jest natomiast informacji dotyczących zasilania fosforem omawianego zbiornika. Z danych OBiKŚ w Katowicach wiadomo jedynie, że w 1979 roku średnie roczne stężenie fosforanów w wodach Kłodnicy powyżej zbiornika wynosiło $2,69 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, co pozwala określić dostarczony na powierzchnię zbiornika ładunek fosforu fosforanowego na ok. 150,1 t/rok, tj. $27,8 \text{ g/m}^2/\text{rok}$. Z kolei w 1993 roku wraz z wodami Kłodnicy do zbiornika wpłynęło 392,0 t P_{PO_4} , a w 1994 roku 376,1 t P_{PO_4} , co stanowiło zewnętrzne obciążenie zbiornika wynoszące odpowiednio aż: $72,6 \text{ g/m}^2/\text{rok}$ (w 1993 roku) i $69,6 \text{ g/m}^2/\text{rok}$ (w 1994 roku).

Na wysoki stopień obciążenia zbiornika wskazują wyniki oznaczeń utlenialności i BZT_5 uzyskane w OBiKŚ w Katowicach. W latach 1975–1991 średnie roczne wartości utlenialności dla wód dopływu wahały się w zakresie od $15,60 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ do $103,20 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, natomiast w wodach odpływających ze zbiornika wynosiły od $7,6 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ do $12,2 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$. Z kolei średnie roczne wartości BZT_5 dla wód dopływających do zbiornika w latach 1975–1994 wynosiły od $20,3 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ do $60,8 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, przy analogicznych wartościach tego wskaźnika dla wód odpływu powierzchniowego wahały się w zakresie $5,1 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3 - 20,8 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$. Wydatne obniżenie wartości tych parametrów z jednej strony świadczy o oczyszczającym oddziaływaniu przepływowego zbiornika w stosunku do wód powierzchniowych, z drugiej natomiast jest indykatorem chemicznego i biochemicznego przeobrażenia substancji allochtonicznych (np. związków azotu) w środowisku limnicznym, co ma niewątpliwie związek ze

W latach hydrologicznych 1994–1996 przeprowadzono badania zmierzające do określenia zewnętrznego obciążenia zbiornika substancjami biogennymi. Ze względu na możliwą niereprezentatywność wyników otrzymanych szacunkowo dla zlewni o wysokim stopniu antropopresji (zlewnia zbiornika Dzierżno Duże), badania przeprowadzono zalecaną (Vollenweider, 1968; Śleszyński, 1991; Losso w, Gawrońska, 1997) metodą bezpośrednią.

Stwierdzono, że w tym okresie fosfor fosforanowy był dostarczany do zbiornika przez wody Kłodnicy w ilościach od 0,49 mg/dm³ do 1,76 mg/dm³. Z kolei ilość azotu azotanowego dopływającego do zbiornika wraz z wodami Kłodnicy wahała się w zakresie od 2,87 mg/dm³ do 20,00 mg/dm³. Zawartość fosforu fosforanowego i azotu azotanowego w wodzie charakteryzowała sezonowa zmienność, z minimum przypadającym na czas intensywnego rozwoju życia biologicznego (okres półrocza letniego) i maksimum występującym późną zimą oraz wiosną, co potwierdza powszechnie znaną i wielokrotnie opisywaną zależność (np. Zieliński, 1978).

Mimo że wody Kłodnicy są zasadniczym źródłem substancji biogennych dostarczanych do zbiornika (opady atmosferyczne są źródłem ładunku omawianych substancji w ilości ułamkowej części procenta masy całkowitej), eutrofizację jego wód należy rozpatrywać w kontekście całkowitego zewnętrznego obciążenia ładunkiem P_{PO₄} i N_{NO₃} (tab. 10).

Tabela 10

Zewnętrzne obciążenie zbiornika Dzierżno Duże fosforem fosforanowym i azotem azotanowym w latach hydrologicznych 1994–1996

Table 10

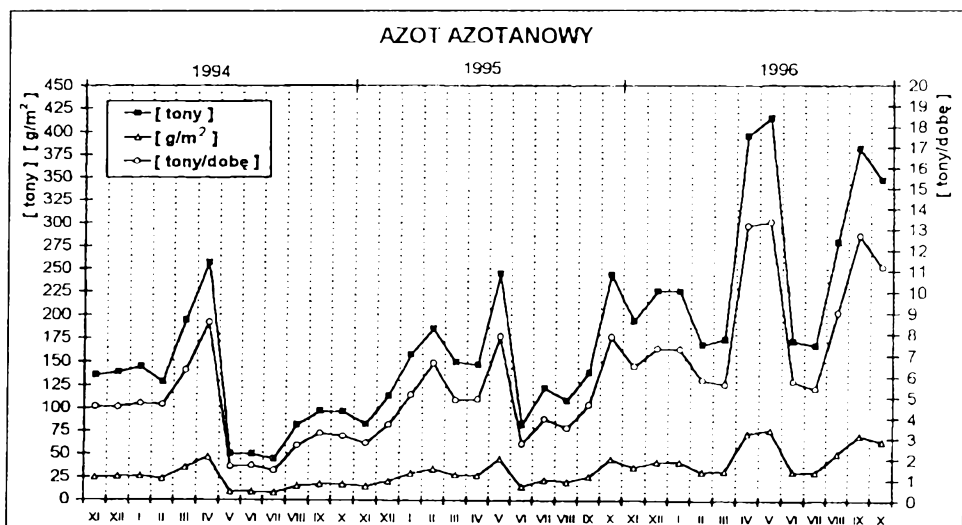
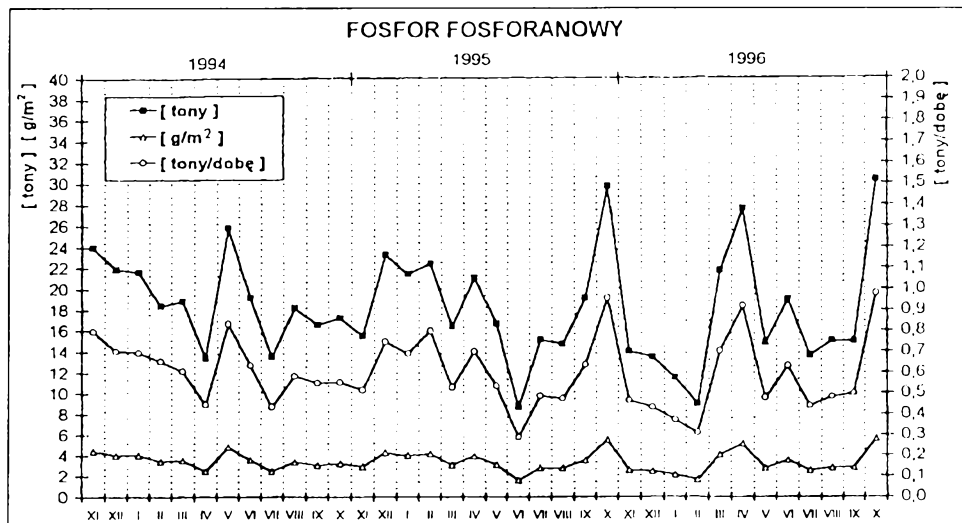
Dzierżno Duże water reservoir external load by phosphate phosphorus and ammonium nitrate in hydrological years 1994–1996

Okres Period	Fosfor fosforanowy Phosphate phosphorus			Azot azotanowy Ammonium nitrate		
	[t]	[t/dobę] [t per 24 hours]	[g/m ²]	[t]	[t/dobę] [t per 24 hours]	[g/m ²]
1994	228,8	0,6	42,4	1421,	3,9	263,2
1995	224,2	0,6	41,5	1776,8	4,9	329,0
1996	205,2	0,6	38,0	3148,4	8,6	583,0
1994–1996	658,2	0,6	121,9	6346,5	5,8	1175,3

W okresie hydrologicznym 1994–1996 do zbiornika dostało się 658,2 t (ok. 0,6 t/dobę) fosforu fosforanowego i 6346,5 t (ok. 5,8 t/dobę) azotu azotanowego, co stanowiło obciążenie statystycznej jednostki powierzchni zbiornika tymi substancjami wynoszące 121,9 g/m² (P_{PO₄}) i 1175,3 g/m² (N_{NO₃}). Zewnętrzne obciążenie zbiornika całkowitym ładunkiem fosforu fosforanowego w stosunku do kilkudziesięciu jezior północno-wschodniej Polski – zbadanych przez M. Giercuszkiewicz-Bajtlik, W. Szeligowicza, J. Uchmańskiego i A. Zadarnowską (1991) – jest wyższe co najmniej kilkunastokrotnie. 97

To samo dotyczy rocznych ładunków jednostkowych fosforu fosforanowego wprowadzanych do Dzierżna Dużego i porównywanych z rocznym obciążeniem ładunkiem fosforu jezior Wigierskiego Parku Narodowego, obliczonym przez E. Bajkiewicz-Grabowską, A. Hillbricht-Ilkowską oraz B. Zdąnowskiego (1992).

W latach hydrologicznych 1994–1996 obciążenie zbiornika ładunkiem fosforu fosforanowego i azotu azotanowego (tab. 10, rys. 37) należy ocenić jako



Rys. 37. Zewnętrzne obciążenie zbiornika Dzierżno Duże fosforem fosforanowym i azotem azotanowym w poszczególnych miesiącach lat hydrologicznych 1994–1996

Fig. 37. Dzierżno Duże water reservoir external loads of by phosphate phosphorus and nitrate nitrogen in particular months of hydrological years 1994–1996

bardzo niekorzystne i wysoce niebezpieczne, ponieważ kilkudziesięciokrotnie przekracza ono ładunki krytyczne fosforu i azotu – podawane dla wód nieeutrofizowanych przez R. A. Vollenweidera (1968, 1969; 1976) – a tym samym jest indykatorem wysokiej trofii tego obiektu. Określony zaś przez Höllera (Vollenweider, 1968) zakres występowania innych substancji pożywkowych w wodach zasilających zbiornik Dzierżno Duże pozwala przypuszczać, że znajduje się on w stanie politrofii.

Ilość fosforu fosforanowego przedostająca się do zbiornika wraz z wodami powierzchniowymi i opadami atmosferycznymi (rys. 37) ulegała istotnemu różnicowaniu przy trudno uchwytnej zmienności sezonowej, nawiązującej jednak do opisywanej przez wielu badaczy (Zieliński, 1978; Burchard, Hereźniak-Ciotowa, Kaca, 1990; Dojlido, 1987) cykliczności obiegu fosforu w przyrodzie. Ładunki azotu azotanowego wprowadzane do zbiornika charakteryzują się bardziej wyraźną sezonowością – z dwukrotnym wzrostem ich wielkości oraz dwoma okresami spadku w ciągu roku (rys. 37). Największe ilości azotu azotanowego zbiornik przyjmuje na przełomie zimy i wiosny, co należy wiązać przede wszystkim ze zwiększoną alimentacją zbiornika wodami roztopowymi, powodującą jednoczesne obniżenie stężenia. Przyczyną obniżenia wielkości dostarczanego ładunku w okresie letnim jest zapewne wykorzystanie dostarczanych nutrientów przez intensywnie rozwijające się organizmy roślinne i zwierzęce. Kolejny w ciągu roku wzrost ilości dostarczanych do zbiornika substancji biogennych wiąże się z procesem obumierania tychże organizmów i przekazywaniem ładunków fosforu i azotu do środowiska wodnego. Występujący zimą spadek wielkości zasilania zbiornika fosforem i azotem przypuszczalnie jest warunkowany ich sukcesywną depozycją w osadach dennych koryt rzek oraz obniżeniem wielkości przepływu wody.

4.3.2. Występowanie substancji biogennych w wodzie zbiornika

W wyniku badań hydrochemicznych wody przeprowadzonych w okresie od 18 maja 1977 roku do 23 sierpnia 1977 roku w czterech pionach pomiarowych, zlokalizowanych wzdłuż osi podłużnej zbiornika Dzierżno Duże, określono zawartość fosforanów w jego wodach jako niską (Grzbiela, 1977). Stwierdzono wówczas, że występowanie fosforanów w wodzie zbiornika jest zróżnicowane przestrzennie i posiada cechy uwarstwienia ze wzrostem zawartości omawianych jonów w kierunku dna. W 1977 roku w warstwach przypowierzchniowych fosforany były obecne w ilości 0,2–0,3 mg/dm³ w okresie wiosennym i 0,2–0,6 mg/dm³ w okresie letnim, natomiast w wodzie przydennej ich stężenie nie przekraczało 3 mg/dm³ wiosną i 1,2 mg/dm³ w czasie lata.

Stężenie azotu amonowego utrzymywało się natomiast na wysokim poziomie (11–13 mg/dm³). Na początku sierpnia nastąpił wzrost stężenia do ok. 15 mg/dm³, a pod koniec okresu badań w strefie cofkowej nastąpił gwałtowny 99

spadek ilości azotu amonowego do 4 mg/dm^3 w wodach przypowierzchniowych, podczas gdy w warstwie wody przydennej utrzymywał się na poziomie 11 mg/dm^3 . Zawartość azotu azotanowego wahała się w zakresie od $0,1 \text{ mg/dm}^3$ do $0,3 \text{ mg/dm}^3$ i malała wraz z głębokością – docelowo prawie o połowę. Stężenie azotu azotanowego nie przekraczało 1 mg/dm^3 w całej masie wodnej zbiornika i najwyższe występowało w okresie wiosennym, natomiast najniższe ($0,1\text{--}0,3 \text{ mg/dm}^3$) stwierdzono pod koniec okresu badań (Grzbiela, 1977).

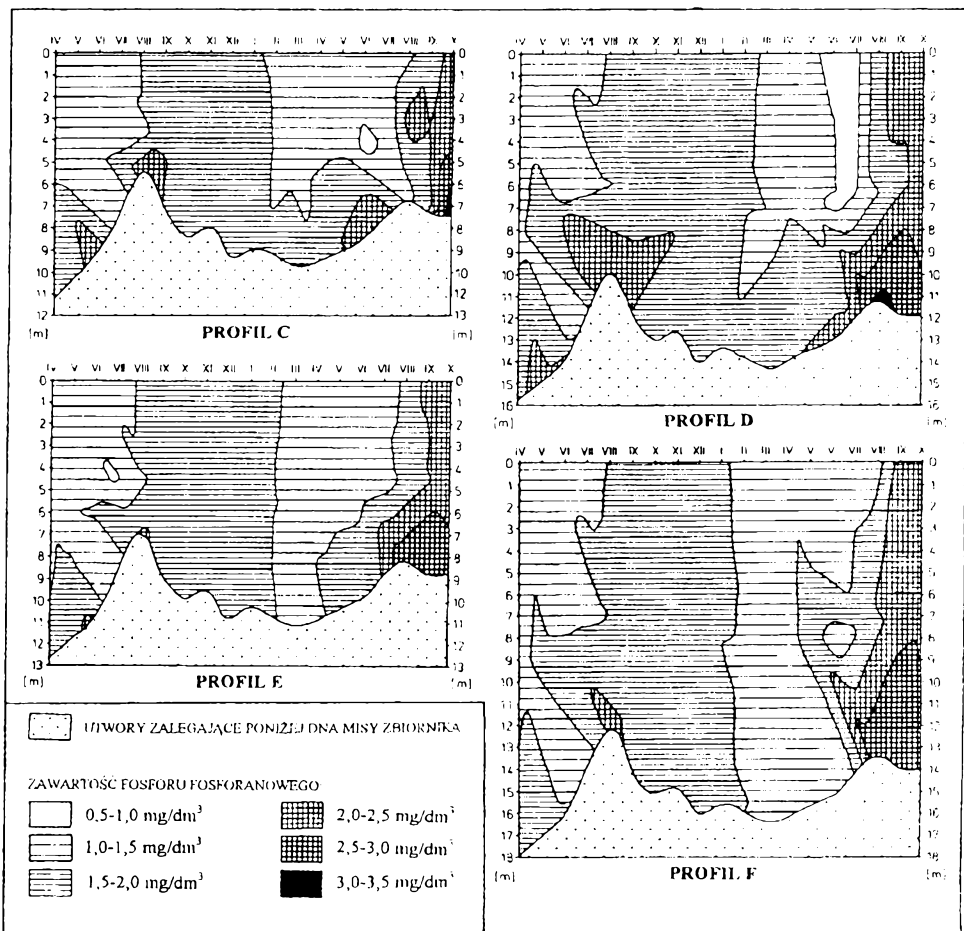
Trudno jest ocenić ilość substancji biogenych w wodzie zbiornika Dzierżno Duże w latach 1977–1993, kiedy nie prowadzono szczegółowych badań limnologicznych. Pośrednio o sytuacji troficznej zretencjonowanej wody można wnioskować na podstawie wyników badań zawartości azotu amonowego w wodzie Kłodnicy poniżej zbiornika, prowadzonych przez OBIKŚ w Katowicach. W latach 1978–1993 średnie roczne stężenia azotu amonowego w wodach tego profilu wahały się w granicach od $7,2 \text{ mg/dm}^3$ (w 1981 roku) do $17,2 \text{ mg/dm}^3$ (w 1993 roku), a średnia roczna wartość stężenia azotu amonowego w wieloleciu wynosiła $11,0 \text{ mg/dm}^3$. Były to więc ilości co najmniej kilkakrotnie wyższe od stwierdzonych w 1977 roku przez Z. Grzbielę (1977), dokumentujące jednocześnie spadek podatności zbiornika na degradację.

Od kwietnia 1994 roku do października 1995 roku prowadzono badania zawartości jonów fosforanowych i azotanowych w masie wodnej zbiornika Dzierżno Duże. Wyniki pomiarów po przeliczeniach zostały wyrażone w $\text{mg P}_{\text{PO}_4}/\text{dm}^3$ i $\text{mg N}_{\text{NO}_3}/\text{dm}^3$.

Fosfor fosforanowy występował w ilościach od $0,7 \text{ mg/dm}^3$ do $3,4 \text{ mg/dm}^3$, przy średniej za okres wynoszącej $1,7 \text{ mg/dm}^3$ (rys. 38). Z kolei zawartość azotu azotanowego wahała się w zakresie od $1,8 \text{ mg/dm}^3$ do $20,0 \text{ mg/dm}^3$, a średnia obliczona dla rozpatrywanego okresu wynosiła $8,5 \text{ mg/dm}^3$ (rys. 39). Są to stężenia wielokrotnie przekraczające poziomy dopuszczalny dla III klasy czystości wód w proponowanym przez D. Kudelską, D. Cydzik i H. Soszkę (1994) systemie oceny jakości jezior.

Największe ilości fosforu fosforanowego były obecne w wodzie zbiornika od końca lata 1994 roku do połowy zimy 1995 roku oraz jesienią 1995 roku, natomiast w pozostałych okresach pomiarowych jego stężenie się zmniejszało (rys. 38). Występowanie tej substancji charakteryzowało się dużym zróżnicowaniem pionowym, niewątpliwie uzależnionym od okresowości cyrkulacji masy wodnej w zbiorniku. Wyraźne uwarstwienie rozkładu fosforu fosforanowego z najwyższymi koncentracjami w warstwach wody przydennej i nieco niższymi w epilimnionie, obserwowano w okresach stagnacji letniej. Obniżenie stężeń omawianej substancji biogennej w warstwie nadskokowej można tłumaczyć jej sukcesywnym pozyskiwaniem przez rozwijające się organizmy roślinne i zwierzęce, natomiast najwyższe koncentracje w hypolimnionie są prawdopodobnie wynikiem sukcesywnej depozycji. W czasie homotermii wiosennej i jesiennej,

100 a także w stosunkowo krótkim okresie katotermii ilość fosforu fosforanowego

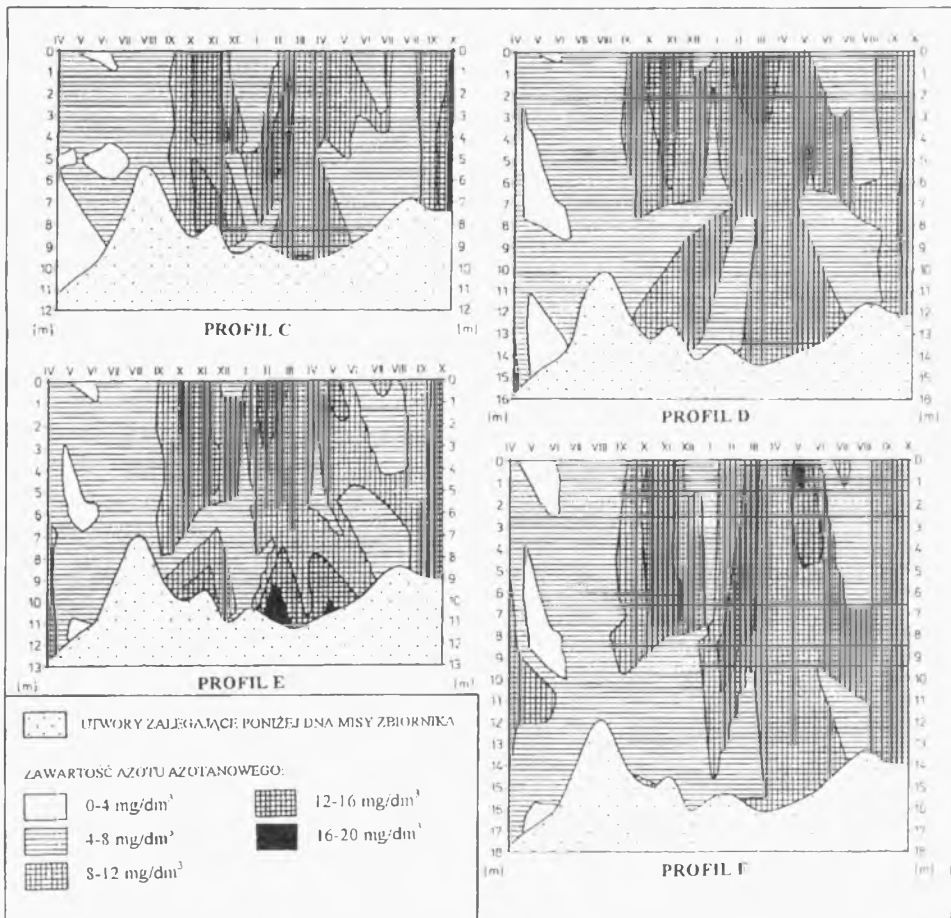


Rys. 38. Zawartość fosforu fosforanowego w wodzie zbiornika Dzierżno Duże w okresie od kwietnia 1994 roku do października 1995 roku (profile pionowe: C, D, E, F – rys. 2)

Fig. 38. Content of phosphate phosphorus in water of Dzierżno Duże water reservoir in the period from April 1994 till October 1995 (vertical profiles: C, D, E, F – Fig. 2)

w całym profilu pionowym była podobna, co jest następstwem intensywnie przebiegających zjawisk miktycznych.

Czasowa zmienność azotu azotanowego wynikała z jej sezonowości, odzwierciedlającej naturalne fazy obiegu tego pierwiastka w przyrodzie. Najniższe stężenia stwierdzono w czasie intensywnego rozwoju życia biologicznego w środowisku wodnym, natomiast najwyższe w okresach jego zahamowania. Zawartość azotu azotanowego w wodzie zmienia się wraz z głębokością (rys. 39), aczkolwiek wielkość owych różnic nie jest tak spektakularna jak w przypadku fosforu fosforanowego (rys. 38). W okresie stagnacji letniej masa wodna jest pod względem obecności azotu azotanowego w niewielkim stopniu zróżnicowana.



Rys. 39. Zawartość azotu azotanowego w wodzie zbiornika Dzierżno Duże w okresie od kwietnia 1994 roku do października 1995 roku (profile pionowe: C, D, E, F – rys. 2)

Fig. 39. Content of nitrate nitrogen in water of Dzierżno Duże water reservoir in the period from April 1994 till October 1995 (vertical profiles: C, D, E, F – Fig. 2)

Podczas cyrkulacji jesiennej i wiosennej oraz w okresie stratyfikacji zimowej dochodzi do koncentracji azotu azotanowego w przypowierzchniowej warstwie wody, a także do wzrostu zawartości jonów azotanowych w warstwach przydennych. Wzrost stężeń w warstwach przypowierzchniowych można tłumaczyć włączeniem do obiegu azotu uwolnionego z obumarłego fitoplanktonu (masowo rozwijającego się latem w epilimnionie), natomiast podwyższenie zawartości azotu azotanowego w wodach niżej zalegających jest związane zapewne z jego migracją z górnych partii profilu, a w wielu wypadkach z alimentacją, której źródłem są osady dennie.

4.3.3. Przejawy eutrofizacji zbiornika

Obecność w zbiorniku substancji biogenych w ilościach powszechnie uznawanych za powodujące żywołowy wzrost żywności zretencjonowanej wody wywołuje wiele niekorzystnych konsekwencji. Przeżyźnienie wód (eutrofizacja) jest zjawiskiem wysoce niepożądanym (Vollenweider, 1968; Kajak, 1979), prowadzi bowiem do niekorzystnych dla gospodarki zmian w ekosystemach: masowego rozwoju fitoplanktonu i glonów nitkowatych oraz roślinności wynurzonej i zanurzonej (Bucka, 1993; Tarczyńska, Zalewski, 1994; Puchalski, Burchardt, Paszkowiak-Kopeć, 1995), znacznych wahań i deficytów lub okresowych zaników tlenu (Jankowski, Kuczera, 1992; Krzysztofia, 1993; Jankowski, 1995; Marszelewski, 1997), zubożenia gatunkowego i zakłóceń w funkcjonowaniu sieci troficznej (Starmach, 1994; Dawidowicz, Gliwicz, 1987; Heese, 1997). Ponadto eutrofizacja zmniejsza wartości użytkowe wody (Jodłowski, 1995; Osiecka, 1995), obniżając walory estetyczne otoczenia i utrudniając pobór oraz zagospodarowanie zretencjonowanej wody.

W zbiorniku Dzierżno Duże na skutek obfitości substancji będących stymulatorami życia biologicznego w okresach półroczna letniego dochodzi do tzw. zakwitów wody, stanowiących prostą konsekwencję masowego rozwoju fitoplanktonu. Zjawisko, o którym mowa, ze szczególnym nasileniem występuje od końca lat osiemdziesiątych i jest implikowane przede wszystkim występowaniem zwiększonych ilości sinic i zielenic. Warto zauważyć, że jeszcze w drugiej połowie lat siedemdziesiątych badania (Grzbiela, 1977) wykazały bardzo ubogi rozwój jakościowy i ilościowy tych organizmów. Podobnie przedstawia się sprawa w odniesieniu do stężenia chlorofilu (określającego wielkość biomasy), który w 1977 roku występował w ilości od $0,01 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ do $2,17 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (Grzbiela, 1977), a obecnie jego zawartość w wodzie znacznie przekracza zalecane przez OECD (Giercuskiewicz-Bajtlik, Szeligiewicz, Uchmański, Zadarnowska, 1991) normy eutrofii dla zbiorników wodnych. W drugiej połowie lat 70. (Grzbiela, 1977) obserwowano istotne różnicowanie przestrzenne w występowaniu fitoorganizmów (zmniejszanie ilości w kierunku zachodnim), które obecnie nie występuje bądź jest niewielkie. Pod tym względem czyni to omawiany obiekt innym od opisywanych przez Z. Kajak (1995) zbiorników sztucznych (Goczałkowickiego, Siemianówki, Zegrzyńskiego, Włocławskiego), które przy licznych odmiennych uwarunkowaniach morfometrycznych cechują się wyraźnym różnicowaniem parametrów biologicznych. Bioindykatorem wysokiej trofii zbiornika jest gromadząca się w zakłębieniach linii brzegowej rześa wodna. Z kolei o nitrofilności zbiornika (strefy litoralnej) świadczy roślinność ruderalna porastająca wynurzone i zanurzone fragmenty wybrzeża (np. nawłoc późna, wiesiołek dwuletni, pokrzywa, trzcina mozgowa, wrotycz pospolity), a także występowanie innych roślin, typowych dla jezior od mezo- do eutroficznych (np. rdestnica pływająca). Należy zaznaczyć, że rozwój roślinności wynurzonej i zanurzonej 103

będący zazwyczaj rezultatem wzrostu żyzności wód limnicznych w przypadku zbiornika Dzierżno Duże jest poważnie ograniczony. Powodem tego jest nie tylko obciążenie środowiska wodnego substancjami toksycznymi i powodującymi zasolenie (Rzętała, Wach, 1995), lecz także częste i znaczne wahania stanów wody (Rzętała, 1996) oraz morfologicznie młodociane stadium misy jeziornej zajmującej formę antropogeniczną o niekorzystnym dla sukcesji roślinnej układzie krawędzi poeksploatacyjnych, w obrębie których intensywnie zachodzą procesy brzegowe (Rzętała M. A., 1998).

Procesy eutrofizacyjne zachodzące w toni wodnej wywierają istotny wpływ na kształtowanie warunków tlenowych zbiornika. Silne zanieczyszczenie wód limnicznych jest determinantem ich natlenienia, które rzadko osiąga stan przesylenia (powyżej 100%) lub pełnego nasycenia (ok. 100%), najczęściej kształtując się na pograniczu nasycenia normalnego (60–100%) i deficytowego (poniżej 60%). Procesy eutrofizacji dodatkowo modyfikują rozkład zawartości tlenu w masie wodnej. Latem w konsekwencji masowej produkcji tlenu przez rozwijający się fitoplankton natlenienie wód w epilimnionie osiąga poziom określany mianem przesylenia, podczas gdy w hypolimnionie – gdzie jest on zużywany do utleniania zanieczyszczeń, a procesy fotosyntezy są ograniczone z powodu utrudnionego dostępu światła przez nadległą warstwę wody z glonami – występuje nasycenie deficytowe, a w rezultacie zupełny zanik tlenu. Silna eutrofizacja znajduje swoje odzwierciedlenie w dobowych wahaniami natlenienia wód epilimnionu, które w trakcie pomiarów przeprowadzonych w lipcu 1995 roku wahało się w powierzchniowej warstwie wody (ok. 10 cm) w zakresie od 95% do 180% w ciągu doby.

Zdaniem wielu badaczy (np. Kajak, 1979), nawet krótkookresowy niedobór tlenu w wodzie może powodować wymieranie określonych organizmów roślinnych i zwierzęcych oraz likwidację populacji ryb o dużych i średnich wymaganiach tlenowych, a w przypadku dostawy znacznych ilości zanieczyszczeń toksycznych – co ma miejsce w odniesieniu do omawianego zbiornika – nawet kompleksową degradację ekosystemu wodnego. Trudno mówić o obniżeniu wartości użytkowej wody i walorów estetycznych zbiornika jako o następstwie eutrofizacji, skoro zbiornik m.in. spełnia funkcję „naturalnego osadnika” dla silnie zanieczyszczonych wód Kłodnicy. Tym niemniej następstwem eutrofizacji jego wód jest zwiększony w okresie letnio-jesiennym odpływ zawiesin, utożsamiany z wtórnym zanieczyszczeniem wód powierzchniowych poniżej zbiornika. Ponadto następstwa rozwoju procesów eutrofizacyjnych niewątpliwie będą poważnym problemem eksploatacyjnym, rekultywacyjnym i ochronnym, w przypadku realizacji planów zakładających wykorzystanie wód zbiornika do celów innych niż obecne.

4.4. Rola zanieczyszczenia w kształtowaniu warunków termiczno-tlenowych i przezroczystości wody zbiornika

4.4.1. Zmienność warunków termicznych

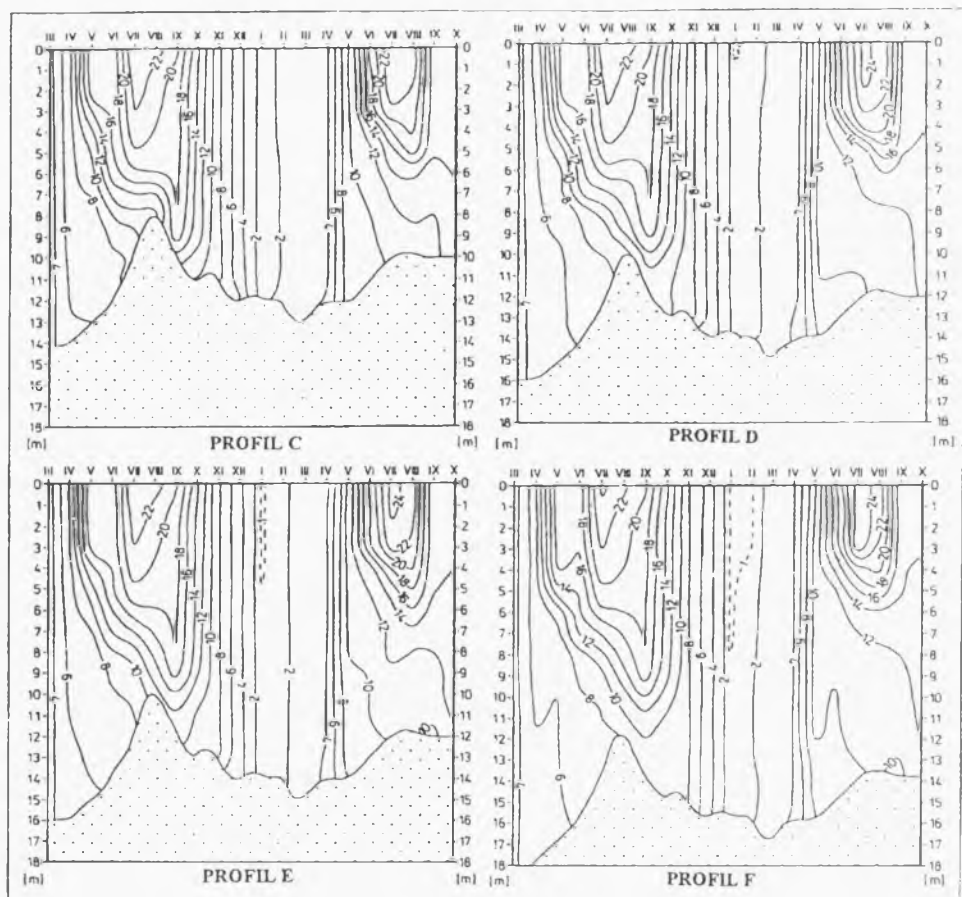
Ustrój termiczny zbiornika bezpośrednio bądź pośrednio kształtuje wiele czynników, do których – poza odgrywającymi główną rolę uwarunkowaniami klimatycznymi, utożsamianymi z temperaturą powietrza regionu, usłonecznieniem, kierunkiem i prędkością wiatru – należy zaliczyć położenie i morfometrię zbiornika, rodzaj podłoża, szatę roślinną, a także charakter obiegu wody w strefie okołozbiornikowej, z uwzględnieniem wpływu antropopresji.

O ile w płytkich zbiornikach wodnych (o głębokości do 1,5 m) powstaje zazwyczaj krótkookresowe uwarstwienie termiczne występujące podczas silnej radiacji i przy bezwietrznej pogodzie, a niewielka głębokość powoduje, że zmiany temperatury w pionie są gwałtowne i nawiązujące do średniej dobowej temperatury powietrza, o tyle zbiorniki cechujące się większą głębokością charakteryzują się uwarstwieniem termicznym podlegającym zmienności sezonowej (Choiński, 1995).

Na wstępie należy stwierdzić, iż uznawane za niekorzystne (Cyberska, 1984) obniżanie temperatury wód potamicznych (w pojęciu dopływ do zbiornika – odpływ ze zbiornika) w okresie wiosenno-letnim i jej podwyższenie w okresie jesienno-zimowym znamienne dla zdecydowanej większości jezior i zbiorników (Tomik, 1969; Cyberska, 1984; Rzętała, 1996a) w przypadku Dzierżna Dużego nie jest charakterystyczne. Zbiornik ten zasilany wodami zanieczyszczonymi termicznie powoduje – w okresie od końca jesieni do początku lata – obniżenie temperatury wód odpływu powierzchniowego do poziomu bardziej zbliżonego do naturalnego tła termicznego rzeki, a podwyższenie temperatury następuje jedynie latem.

W celu wyraźnego określenia kolejnych faz zmian termicznych występujących w zbiorniku oraz precyzyjnego ustalenia zmienności zasięgu warstw termicznych w pionie, a także okresów cyrkulacji i stagnacji wód, A. Choiński (1995) proponuje analizę układu termoizoplei, których konstrukcja jest oparta na metodzie izarytmicznej i wynikach pomiarów pionowych rozkładów temperatur. Na podstawie wyników własnych badań terenowych sporządzono tą metodą graficzną wykresy termoizoplei dla czterech pionów pomiarowych rozmieszczonych wzdłuż osi podłużnej zbiornika. Bazą wykreślonych – ze względu na lepszą czytelność – co 2°C termoizoplei (rys. 40) były wyniki pomiarów temperatury wody przeprowadzone w odstępach 1 m.

Cyrkulacja wiosenna, której konsekwencją jest wyrównanie temperatury wody w profilu pionowym (homotermia), występowała w okresie od przełomu lutego i marca do przełomu marca i kwietnia, a nawet końca kwietnia (rys. 40). Tempe-



Rys. 40. Zmiany warunków termicznych w wodzie zbiornika Dzierżno Duże w okresie od marca 1994 roku do października 1995 roku (profile pionowe: C, D, E, F – rys. 2)

Fig. 40. Changes in thermal conditions in water of Dzierżno Duże water reservoir in the period from April 1994 till October 1995 (vertical profiles: C, D, E, F – Fig. 2)

ratura wody w tym czasie zmieniała się w zakresie od ok. 2°C do ponad 8°C, przy zachowanej jednorodności w profilu pionowym.

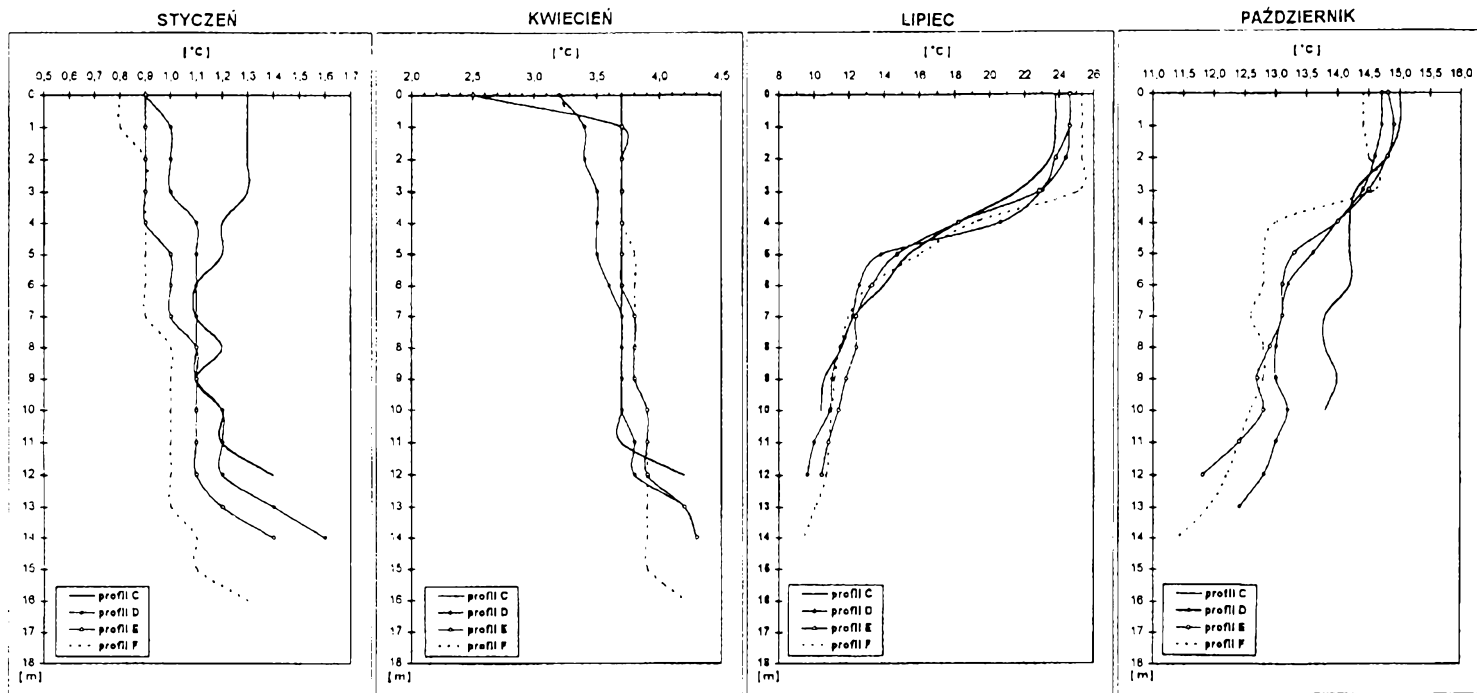
Kolejny okres w termicznej ewolucji masy wodnej wiąże się z następującym późną wiosną i latem wzrostem temperatur powietrza, a co za tym idzie ze wzrostem temperatury powierzchniowej warstwy wody w zbiorniku (rys. 40). Proces ten w konsekwencji prowadzi do powstania uwarstwienia normalnego (anotermii, normalnej stratyfikacji) z najcieplejszą wodą znajdującą się w górnej części profilu (epilimnionie, warstwie nadskokowej), gdzie wyraźny jest wpływ procesów i zjawisk zachodzących w dolnej części troposfery oraz związek z warstwą skoku termicznego (termokliną, metalimnionem) oddzielającą niżej zalegające wody o najniższej temperaturze (hypolimnion, warstwę podskokową).

Z początkiem października w zbiorniku Dzierżno Duże rozpoczyna się zwykle okres cyrkulacji jesiennej, w którym na skutek ochładzania masy wodnej oraz intensywnej miksji wywołanej konwekcją i falowaniem wiatrowym temperatura epilimnionu sukcesywnie obniża się, aż do wyrównania temperatury w profilu pionowym (rys. 40). W okresie badań homotermia jesienna trwała od października do końca jesieni, z jednoczesnym wychładzaniem całej masy wodnej w zakresie temperatur od ok. 12°C (w październiku) do ok. 2°C (w grudniu).

Okres stagnacji zimowej (katotermii) w omawianym zbiorniku trwał od końca grudnia do połowy lutego, a jego wyrazem było występowanie wód chłodniejszych przy powierzchni i cieplejszych zalegających niżej, oddzielonych bardzo słabo wykształconą termokliną.

Zmiany temperatury wody w poszczególnych pionach pomiarowych mają podobne tendencje, jednak pomijając fakt występowania uproszczeń wynikających z wykreślenia termoisoplek w wielu przypadkach wyraźne są różnice w układzie tych linii. Na uwagę zasługuje występowanie i przebieg termoisoplek 1°C w roku hydrologicznym 1995. O ile w pionie C temperatura wody w ziemi nie spadła poniżej 1°C, o tyle w pionie D temperatura przypowierzchniowej warstwy wody cechowała się wartościami niższymi od 1°C do głębokości 0–1 m. Z kolei w zachodniej części zbiornika termoisoplekta o wartości 1°C przebiega od powierzchni na głębokość 5 m w pionie E i 8 m w profilu pionowym F. Tego typu zróżnicowanie między wschodnią i zachodnią częścią zbiornika jest konsekwencją m.in. alimentacji masy wschodniej wodami potamicznymi o odmiennym ustroju termicznym. Wynika to z obciążenia wód limnicznych zanieczyszczeniami termicznymi, które uzasadnia – stwierdzona na podstawie własnych badań terenowych – średnia roczna temperatura wód zasilających zbiornik Dzierżno Duże, przekraczająca o blisko 3°C średnią roczną temperaturę powietrza atmosferycznego oraz o 1,6°C średnią roczną temperaturę wody cieków dopływających do innych zbiorników wodnych (Przeczycze, Kozłowa Góra, Pogoria III, Pławniowice) i w zdecydowanie mniejszym stopniu obciążonych zanieczyszczeniami.

Odrębny ustrój termiczny wschodniej i zachodniej części zbiornika zdają się potwierdzać różnice temperatury wody w poszczególnych pionach, stwierdzone na podstawie wybranych terminów pomiarowych (rys. 41). W styczniu 1995 roku (okres stagnacji zimowej) oraz w październiku 1995 roku (anotermia) piony C i D cechowały się wyższymi temperaturami w odniesieniu do punktów pomiarowych usytuowanych w zachodniej części zbiornika (w kwietniu i lipcu 1995 roku tak spektakularne różnice nie występowały). Można by przypuszczać, że temperatura wody w pionie pomiarowym C jest implikowana ciepłotą wód potamicznych, występujących w okolicy profilu pionowego w postaci strugi. Dokonując bezpośrednich pomiarów temperatury wody zbiornika, możliwość tę jednak wykluczono, stwierdzając, że wody dopływające Kłodnicą ulegają wymieszaniu w wąskiej strefie kontaktu wód potamicznych z wodami limicznymi, tj. w znacznym oddaleniu od profilu pionowego C. Można sądzić, że masa wodna wschod-



Rys. 41. Zmiany temperatury wody w poszczególnych profilach pomiarowych zbiornika Dzierżno Duże w roku hydrologicznym 1995 (profile pionowe: C, D, E, F - rys. 2)

Fig. 41. Changes in water temperature in particular measuring profiles of Dzierżno Duże water reservoir in hydrological year 1995 (vertical profiles: C, D, E, F - Fig. 2)

niej części zbiornika pozostaje pod wpływem zanieczyszczeń termicznych dostarczanych wraz z wodami Kłodnicy.

Wielkością, która obok temperatury charakteryzuje reżim termiczny zbiornika, jest zapas ciepła. Wynika to z faktu, że ustrój termiczny wód limnicznych jest efektem bilansu cieplnego, czyli jest pochodną wszystkich procesów energetycznych, które zachodzą między zbiornikiem i jego otoczeniem (Choiński, 1995).

Ocenę zasobów ciepła w zbiorniku przeprowadzono stosując metodę wykorzystywaną bądź proponowaną przez wielu badaczy (Bogusławski, 1960; Paślowski, 1969; Choiński, 1995; Mikulski, Okulanis, 1974; Okulanis, 1981; Kuczera, 1992), zgodnie z którą ilość ciepła zawartego w jednostce objętości wody jest obliczana na podstawie wartości temperatury, gęstości i ciepła właściwego wody. Biorąc pod uwagę wodę, ciśnienie atmosferyczne i przedział temperatur spotykany w jeziorach, można założyć, że ciepło właściwe wody (C) i jej gęstość (ρ) będą równe jedności, a więc wzór na obliczenie zasobów ciepła przybiera postać $q_w = tv$ [cal] (gdzie: q_w – zasób ciepła w określonej warstwie wody; t – średnia temperatura wody w warstwie; v – objętość pojedynczej warstwy wody). Sumując zasoby ciepła poszczególnych warstw wody, otrzymuje się zasób ciepła w całej masie wody (Q_c). Dzieląc całkowite zasoby ciepła (Q_c), wyrażone w cal, przez powierzchnię zbiornika (A), wyrażoną w cm^2 , otrzymuje się wielkość jednostkowych zasobów ciepła (q), za jednostkę których przyjęto cal/cm^2 . Parametrem bardzo przydatnym w rozważaniach limnologicznych jest niewątpliwie średnia temperatura masy wodnej zbiornika (t_s , °C), którą otrzymuje się przez podzielenie całkowitych zasobów ciepła (Q_c), wyrażonych w cal, przez objętość masy wodnej (V) wyrażoną w cm^3 .

Ze względu na horyzontalne zróżnicowanie temperatur oraz odrębności morfometryczne wschodniej i zachodniej części zbiornika, a także w celu określenia stopnia obciążenia zbiornika zanieczyszczeniami termicznymi dostarczonymi wraz z wodami Kłodnicy, całkowite zasoby ciepła, jednostkowe zasoby ciepła i średnią temperaturę masy wodnej obliczono odrębnie dla wschodniej i zachodniej jego części. Za umowną granicę pomiędzy misami przyjęto oś podłużną wału będącego pozostałością rozmytej grobli występującej w połowie długości zbiornika. Przy obliczeniach tych parametrów dla kolejnych okresów pomiarowych każdorazowo uwzględniano zmianę objętości poszczególnych jednometrowych warstw wody wywołaną zmianą poziomu piętrzenia wody w zbiorniku. Średnią temperaturę warstwy wody obliczano na podstawie temperatury wody zalegającej w jej stropie i spągu, a powierzchnię dla kolejnych okresów badań obliczano z uwzględnieniem aktualnej wówczas wysokości zwierciadła wody w zbiorniku. Otrzymane wyniki (tab. 11) w celu zachowania przejrzystości danych wyrażano w Tcal (całkowitych zasobach ciepła), Kcal/ cm^2 (jednostkowych zasobach ciepła) i °C (średniej temperaturze masy wodnej).

We wschodniej części zbiornika całkowite i jednostkowe zasoby ciepła są zdecydowanie niższe od analogicznych wartości obliczonych dla misy zachod-

Zasoby ciepła w wodzie zbiornika Dzierżno Duże w okresie od marca 1994 roku do października 1995 roku

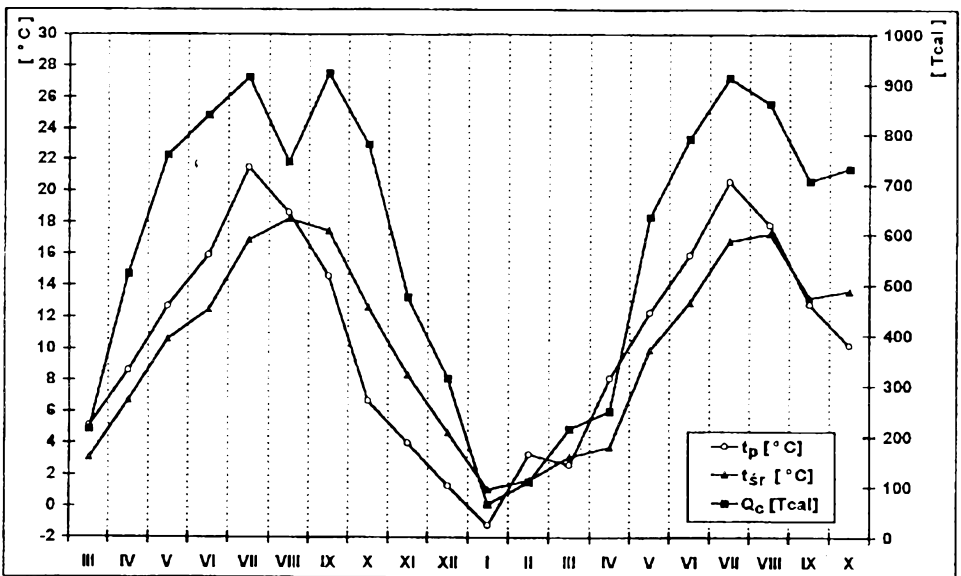
Heat resources in water of Dzierżno Duże water reservoir in the period from March 1995 till October 1995

Rok Year	Miesiąc Month	Wschodnia część zbiornika Eastern part of reservoir			Zachodnia część zbiornika Western part of reservoir			
		[Tcal]	[Kcal/cm ²]	[°C]	[Tcal]	[Kcal/cm ²]	[°C]	
1994	III	90,89	3,09	3,09	124,82	4,02	3,06	
	IV	222,74	6,85	6,74	300,07	9,37	6,72	
	V	316,99	10,77	10,59	441,28	14,20	10,62	
	VI	357,71	12,76	12,76	481,75	15,33	12,22	
	VII	377,13	16,08	17,03	537,91	18,05	16,71	
	VIII	300,93	15,05	18,24	444,04	16,13	18,12	
	IX	378,67	16,83	17,59	543,74	18,43	17,30	
	X	325,02	12,74	12,80	455,44	14,94	12,52	
	1995	XI	193,99	8,27	8,33	282,04	9,46	8,34
		XII	129,05	4,60	4,59	186,43	5,93	4,72
I		30,52	1,20	1,17	36,23	1,19	0,97	
II		53,33	1,90	1,93	56,96	1,81	1,46	
III		90,64	3,23	3,16	125,01	3,98	3,10	
IV		103,27	3,68	3,70	148,20	4,72	3,78	
V		261,74	9,73	9,88	373,46	12,11	9,94	
VI		328,99	12,89	13,06	463,16	15,20	12,84	
VII		369,73	15,77	16,66	544,36	18,27	16,88	
VIII		352,92	16,15	17,45	509,34	17,72	17,15	
IX		289,86	12,88	13,33	417,40	14,15	13,14	
X	304,22	13,52	13,95	427,26	14,48	13,42		
Średnia (III'94-X'95)		243,92	9,90	10,30	344,94	11,47	10,15	
Mediana (III'94-X'95)		295,40	11,75	11,67	422,33	14,18	11,42	

niej. Przyczyn tego typu zróżnicowania należy upatrywać przede wszystkim w odmienności morfometrycznej form wklęsłych wypełnionych wodą – wschodnia misa terenowa ma mniejszą powierzchnię, głębokość średnią i pojemność. Całkowite zasoby ciepła w części wschodniej (w okresie od marca 1994 roku do października 1995 roku) wahały się w zakresie od 30,52 Tcal (w styczniu 1995 roku) do 378,67 Tcal (we wrześniu 1994 roku), natomiast w części zachodniej zbiornika minimalnie wynosiły one 36,23 Tcal w styczniu 1995 roku, a maksymalnie 544,36 Tcal w lipcu 1995 roku. W roku hydrologicznym 1995 zasoby ciepła we wschodniej misie zbiornika wahały się od 30,52 Tcal do 369,73 Tcal,

natomiast w części zachodniej zbiornika wynosiły od 36,23 Tcal do 544,36 Tcal. W obydwu przypadkach minimum występowało w styczniu, natomiast maksimum w lipcu, amplituda wahań zaś we wschodniej i zachodniej części zbiornika osiągnęła odpowiednio: 339,21 Tcal i 508,13 Tcal.

Całkowite zasoby ciepła w zbiorniku Dzierżno Duże w okresie od marca 1994 roku do października 1995 roku (rys. 42) wahały się w przedziale od 66,75 Tcal (w styczniu 1995 roku) do 922,41 Tcal (we wrześniu 1994 roku), co daje amplitudę 855,66 Tcal. W roku hydrologicznym 1995 minimalna ilość zakumulowanego w zbiorniku ciepła występowała w styczniu (66,75 Tcal), a maksymalna w lipcu (914,09 Tcal) – w tym wypadku amplituda wahań wynosiła 847,34 Tcal. Należy przypuszczać, że zasoby ciepła w zbiorniku w okresie lata osiągałyby wyższe wartości, gdyby nie intensywny pobór wody (odpływ) powodujący uszczuplenie retencji zbiornikowej. Tym należy tłumaczyć spadek ilości ciepła w okresach charakteryzujących się przyrostem średniej temperatury masy wodnej (np. w sierpniu 1994 roku i 1995 roku), a więc potencjalnym wzrostem zasobów ciepła. Przebieg krzywych wyrażających zmienność całkowitych zasobów



Rys. 42. Zmiany całkowitych zasobów ciepła i średnich temperatur wody zbiornika Dzierżno Duże na tle średnich miesięcznych temperatur powietrza w okresie od marca 1994 roku do października 1995 roku (opracowanie na podstawie wyników badań własnych i danych IMiGW w Katowicach) t_p – średnie miesięczne temperatury powietrza atmosferycznego (posterunek Czekanów); t_w – średnie temperatury wody zbiornika Dzierżno Duże; Q_c – całkowite zasoby ciepła w wodzie zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 42. Changes in total heat resources and mean temperatures in water of Dzierżno Duże water reservoir against a background of mean monthly air temperatures in the period from March 1994 till October 1995 (worked out on the base of results of author's research and data from IMiGW in Katowice)

t_p – mean monthly temperatures of atmospheric air (post at Czekanów); t_w – mean temperatures of waters in Dzierżno Duże water reservoirs; Q_c – total heat resources in water of Dzierżno Duże reservoir

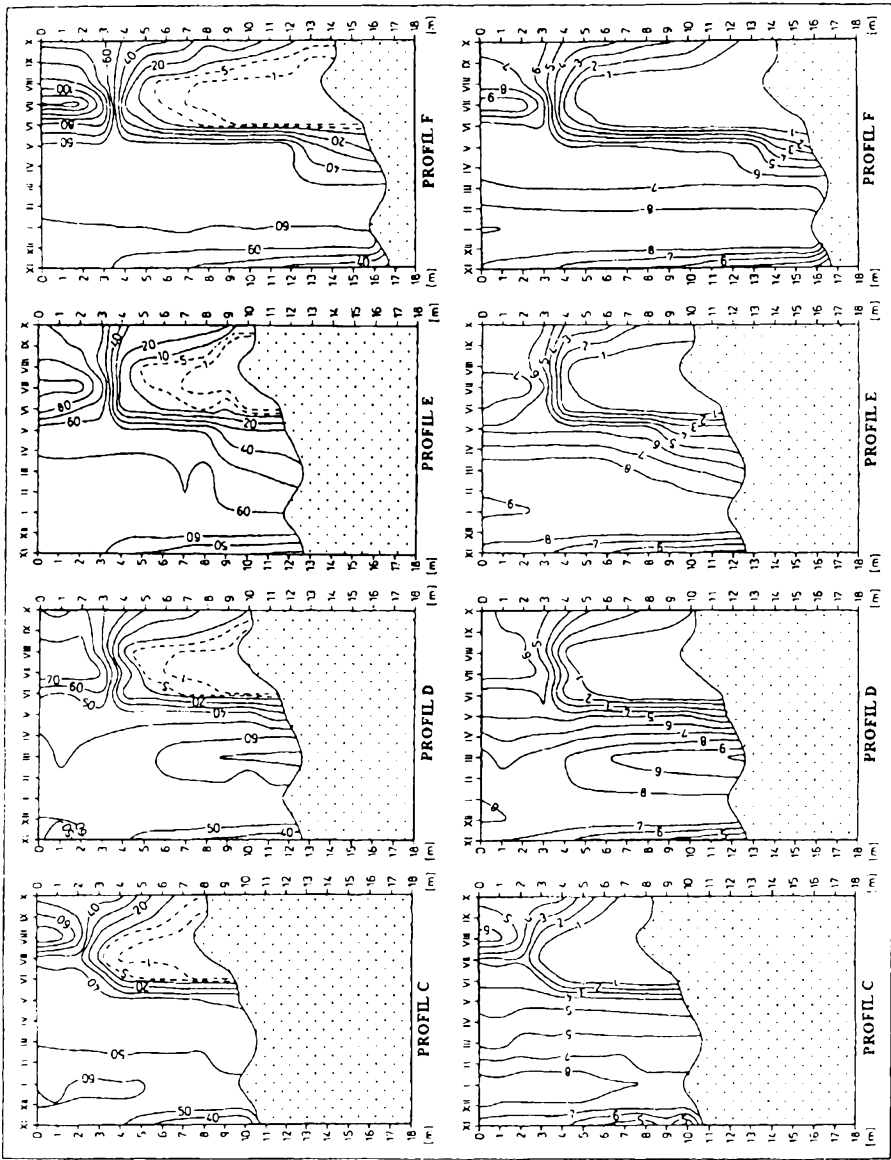
ciepła oraz wahania średniej temperatury wody zbiornika pozwalają przypuszczać, że okres, w którym występuje dodatni bilans wymiany ciepła z otoczeniem (tożsamy z akumulacją ciepła w zbiorniku) rozpoczyna się już w styczniu i trwa do końca lata. Po tym okresie następuje spadek całkowitych zasobów ciepła związany z sukcesywnym wychładzaniem masy wodnej.

Średnia temperatura wody zbiornika w okresie badań wahała się od $1,1^{\circ}\text{C}$ (w styczniu 1995 roku) do $18,2^{\circ}\text{C}$ (w sierpniu 1994 roku), natomiast w roku hydrologicznym 1995 najniższą wartością była wspomniana temperatura obliczona dla stycznia, najwyższa zaś wystąpiła w sierpniu ($17,3^{\circ}\text{C}$), co daje amplitudę $16,2^{\circ}\text{C}$. Warto zauważyć, że obliczona dla tego samego roku hydrologicznego amplituda wahań średnich miesięcznych temperatur powietrza wynosiła $21,8^{\circ}\text{C}$. Zmiany średniej temperatury wody zbiornika nawiązywały do zmian średniej miesięcznej temperatury powietrza (współczynnik korelacji wynosi $0,89$). Od lutego do lipca wzrasta średnia miesięczna temperatura powietrza (t_p) i średnia temperatura wody (t_{sr}), z zachowaniem relacji $t_p > t_{sr}$. W sierpniu średnia miesięczna temperatura powietrza uległa obniżeniu, natomiast średnia temperatura wody w dalszym ciągu wzrastała. Wrzesień jest miesiącem, w którym wyraźnie widoczne staje się wychładzanie masy wodnej zbiornika potęgowane spadkiem temperatury powietrza, jednak z zachowaniem zależności $t_p < t_{sr}$, co jest możliwe z powodu bezwładności termicznej wody zretencjonowanej w zbiorniku. Minimalna wartość średniej miesięcznej temperatury powietrza i średniej temperatury wody występuje w styczniu.

Należy stwierdzić, że średnia temperatura masy wodnej zbiornika w części wschodniej jest w zdecydowanej większości przypadków pomiarowych (70% ogólnej liczby okresów badawczych) wyższa od średniej temperatury wody w części zachodniej. Są to istotne przesłanki twierdzenia o dopływie do zbiornika wód o podwyższonej antropogenicznie temperaturze. Wyraźne różnice (tj. $0,54^{\circ}\text{C}$) wystąpiły w czerwcu 1994 roku i w październiku 1995 roku. Znajduje to również potwierdzenie w charakterystykach zbiorczych dla okresu badań (tab. 11).

4.4.2. Natlenienie wody

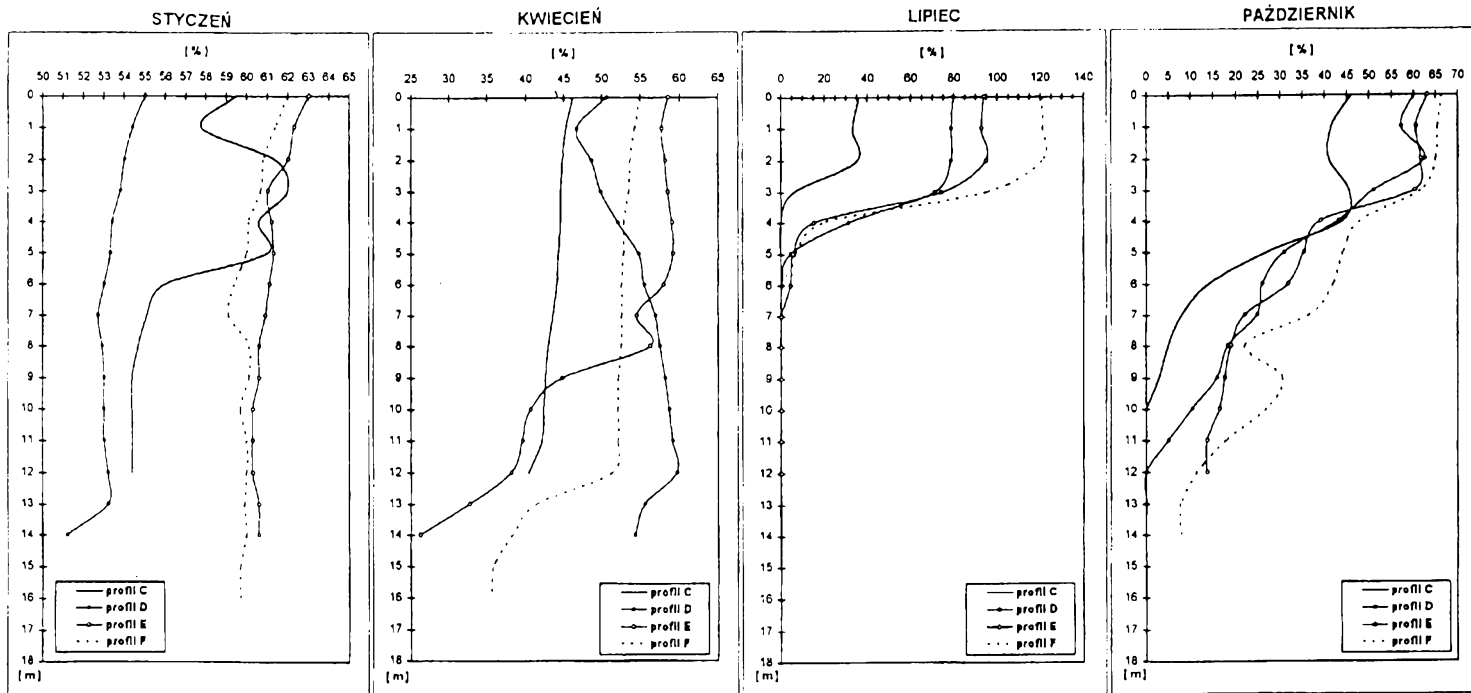
Rozkład zawartości tlenu w zbiorniku Dzierżno Duże (rys. 43) w znacznej mierze jest uzależniony od charakteru cyrkulacji występującej w poszczególnych porach roku, a okresy utożsamiane z dobrymi warunkami tlenowymi w zbiorniku należą do rzadkości. Tego typu sytuacja jest pochodną zasilania zbiornika niskiej jakości wodami spływającymi ze zlewni. Ilość zanieczyszczeń zawartych w wodach alimentujących zbiornik pośrednio dokumentują średnie roczne stężenia tlenu (dane OBiKŚ w Katowicach), które w latach 1975–1994 cechowała tendencja spadkowa przy wahaniami w zakresie od $0,4 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ do $5,3 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$.



Rys. 43. Natlenienie wody (% O₂, mg O₂/dm³) zbiornika Dzierżno Duże w roku hydrologicznym 1995 (profile pionowe: C, D, E, F - rys. 2)
 Fig. 43. Oxygenation of water (% O₂, mg O₂/dm³) in Dzierżno Duże water reservoir in hydrological year 1995 (vertical profiles: C, D, E, F - Fig. 2)

Natlenienie w granicach 60–100% (uważane za stan nasycenia normalnego) występowało w zbiorniku niezwykle rzadko – zazwyczaj w okresie od jesieni do wiosny, a więc przypadało na półrocze zimowe bądź nawet początek półrocza letniego danego roku hydrologicznego (rys. 43). W czasie jesieni i wiosny zapewniała je znamienna dla homotermii pionowa cyrkulacja wody, utożsamiana z przemieszczaniem w głąb profilu tlenu pozyskanego z atmosfery. Procesowi wzbogacania wody w tlen sprzyjała również jego dobra rozpuszczalność w wychłodzonej w czasie zimy wodzie oraz jedynie sporadyczne występowanie pokrywy lodowej. Mimo to nasycenie wody tlenem w tym okresie nie przekraczało 62,0% (8,95 mg O₂/dm³) w profilu pionowym C, 75,0% (10,69 mg O₂/dm³) w profilu D, 65,3% (9,13 mg O₂/dm³) w profilu E i 65,7% (9,08 mg O₂/dm³) w profilu F, a więc w całym zbiorniku kształtowało się w dolnej strefie stanu nasycenia normalnego. Ponadto trudno wskazać okresy, w których rozkład tlenu w pionie byłby jednoznacznie typowy dla homotermii jesiennej, katotermii, bądź homotermii wiosennej, z uwagi na dużą dynamikę zmienności warunków tlenowych. Generalizując można natomiast zauważyć, że od jesieni do wiosny nasycenie wody tlenem osiągało maksimum w górnej części profilu i wraz z głębokością obniżało się, przy czym gradienty spadku były niewielkie. Wyjątek stanowił profil pionowy D na przełomie zimy i wiosny, gdzie wystąpiła zupełnie odwrotna sytuacja tlenowa oraz profile C i F, gdzie w okresie zimy i wiosny dominowały warunki tlenowe, co prawda tylko zbliżone do stanu homooksygenii.

Tworząca się w zbiorniku letnia stratyfikacja wody spowodowała pogorszenie warunków tlenowych zwłaszcza w hypolimnionie, gdzie początkowo występowało nasycenie deficytowe (poniżej 60%), a następnie zupełny zanik tlenu (rys. 43). Za wysoce prawdopodobną przyczynę tego zjawiska można uznać zużycie tlenu w procesach utleniania zgromadzonych w hypolimnionie zanieczyszczeń, szczególnie intensywne w warunkach ograniczonej dostawy tego gazu z wyższych partii profilu. J. Tomaszek i E. Czerwieniec (1995) podają, że do utlenienia 1 mg amoniaku do azotanów potrzeba 4,3 mg tlenu. Za szczególnie groźną dla ekosystemu konsekwencję zaniku tlenu należy uznać wydzielanie się siarkowodoru, którego występowanie w warstwach przydennych wschodniej części zbiornika (m.in. w otoczeniu punktu pomiarowego B – rys. 2) stwierdzono w okresie lata. Grubość warstwy pozbawionej tlenu sukcesywnie wzrastała, a dobre warunki tlenowe występowały jedynie w epilimnionie, tj. do głębokości ok. 4 m. Nagromadzone w tej warstwie glony były w stanie wytworzyć ilości tlenu zapewniające stan nasycenia normalnego, a nawet przesylenia. Niesprzyjające warunki wiatrowe przejawiające się między innymi niewielką efektywnością falowania, a w konsekwencji ograniczeniem (a nawet okresowym brakiem) miksji masy wodnej, uniemożliwiały dostawę tlenu na większe głębokości. Z kolei wzbogacenie tlenem wody zalegającej poniżej epilimnionu w procesie fotosyntezy w znacznym stopniu było ograniczone ze względu na utrudnione przenikanie światła przez silnie zeutrofizowaną powierzchniową warstwę wody. Potwierdzają to pomiary przezroczystości wody (widzialność krążka Secchiego w okre-



Rys. 44. Zmiany natlenienia wody (% O₂) w poszczególnych pionach pomiarowych zbiornika Dzierżno Duże w roku hydrologicznym 1995 (profile pionowe: C, D, E, F – rys. 2)

Fig. 44. Changes in water oxygenation (% O₂) in particular measuring verticals of Dzierżno Duże water reservoir in hydrological year 1995 (vertical profiles: C, D, E, F – Fig. 2)

sie letnim maksymalnie do głębokości ok. 400 cm) oraz badania fotometryczne – do głębokości 5 metrów docierało około 4% światła padającego na powierzchnię zbiornika. Poprawa warunków tlenowych następowała wraz z jesienną cyrkulacją wody.

Dotychczasowa analiza wykazała wysokie obciążenie zbiornika zanieczyszczeniami allochtonicznymi dostarczonymi przede wszystkim przez wody Kłodnicy. Wywierają one istotny wpływ na kształtowanie warunków tlenowych. Z założonych opracowań graficznych (rys. 44) wynika, że piony pomiarowe zlokalizowane we wschodniej części zbiornika charakteryzują się zdecydowanie mniej korzystnym natlenieniem, a poprawa warunków tlenowych postępuje w kierunku zachodnim, mimo że w zachodniej części misy są one dalekie od stanu typowego dla jezior i zbiorników pozbawionych zanieczyszczeń. Warto zauważyć, że natlenienie poszczególnych pionów dodatkowo jest modyfikowane m.in. lokalnymi warunkami morfologicznymi misy, z czym na przykład jest związana różna intensywność przebiegu zjawisk miktycznych wywoływanych wiatrami z sektorów zachodnich.

Mimo niekorzystnych warunków tlenowych zbiornika wody jego odpływu powierzchniowego zawierają zdecydowanie więcej tlenu niż wody jego dopływów. Na podstawie danych OBiKŚ w Katowicach, obejmujących lata 1975-1994, stwierdzono, wzrost średnich rocznych stężeń tlenu w wodach odpływu o 3,3 mg O_2/dm^3 w stosunku do wód alimentujących zbiornik. Pozwala to zaliczyć wody Kłodnicy poniżej zbiornika do II klasy, a w nielicznych przypadkach do I klasy czystości wód powierzchniowych, podczas gdy alimentujące zbiornik wody tej rzeki w tym samym okresie uznano za pozaklasowe, tylko sporadycznie odpowiadające normom III klasy czystości. Niepokojące jest jedynie to, że wzrost natlenienia wód potamicznych poniżej zbiornika przypisuje się przede wszystkim limnicznym procesom eutrofizacyjnym.

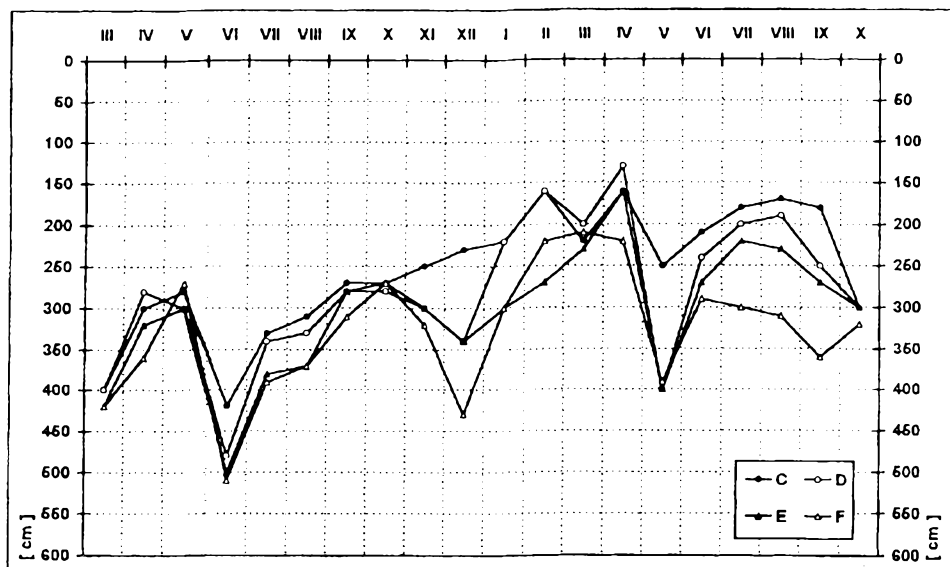
4.4.3. Zmiany przezroczystości wody

Mianem przezroczystości wody określa się jej zdolność do transmisji promieni świetlnych. Jest to proces niezwykle ważny, od dostarczonej energii zależy bowiem oświetlenie, ogrzewanie, reakcje hydrochemiczne oraz procesy fotosyntezy zachodzące w masie wodnej, a w konsekwencji miąższość strefy eufotycznej i dysfotycznej (Choiński, 1995).

Przezroczystość wody w zbiorniku Dzierżno Duże określano widzialnością krążka Secchiego w czterech profilach pionowych (C, D, E, F – rys. 2) w okresie od marca 1994 roku do października 1995 roku. W trakcie comiesięcznych pomiarów stwierdzono ogólną tendencję do sukcesywnego zmniejszania się przezroczystości wody we wszystkich pionach pomiarowych.

Najwyższe wartości przezroczystości wody, utożsamiane z najkorzystniejszymi warunkami świetlnymi masy wodnej, cechowały profile pionowe zlokalizo-

wane w zachodniej części zbiornika (F i E), natomiast zdecydowanie gorsze występowały w jego wschodniej części (profile C i D) pozostającej pod wpływem silnie zanieczyszczonych wód Kłodnicy alimentujących zbiornik i dostarczających znacznych ilości substancji allochtonicznych (rys. 45). W większości przypadków w profilach pionowych usytuowanych w zachodniej misie zbiornika stwierdzono o kilkadziesiąt centymetrów lepszą przezroczystość niż w profilach misy wschodniej. W kilku przypadkach różnica w przezroczystości przekraczała 100 cm, a w skrajnym przypadku 200 cm. Ponadto przestrzenne zróż-



Rys. 45. Zmiany przezroczystości wody zbiornika Dzierzno Duże w okresie od marca 1994 roku do października 1995 roku (profile pionowe: C, D, E, F – rys. 2)

Fig. 45. Changes in water transparency of Dzierzno Duże water reservoir in hydrological year 1995 (vertical profiles: C, D, E, F – Fig. 2)

nicowanie przezroczystości wody podkreślają średnie wyników wszystkich pomiarów. Średnia wartość omawianego parametru dla kolejnych profili pionowych (C, D, E, F) za wspomniany okres wynosiła odpowiednio: 256 cm, 281 cm, 307 cm i 329 cm, a w roku hydrologicznym 1995 oscylowała wokół poziomu 211 cm, 244 cm, 274 cm i 306 cm, co w świetle norm stanu trofii zbiorników wodnych zalecanych przez OECD (Giercuszkiewicz-Bajtlik, Szeliżewicz, Uchmański, Zadarnowska, 1991) kwalifikuje omawiany obiekt do grupy mezotroficznych oraz (okresowo) mezoeutroficznych.

Mimo dużego zróżnicowania przezroczystości wody w poszczególnych pionach pomiarowych można wskazać charakterystyczne okresy jej kształtowania pod wpływem procesów zachodzących w zbiorniku oraz jego zlewni i w najbliższym otoczeniu. Na przykład gwałtowny spadek przezroczystości wody w kwiet-

niu i w maju 1994 roku można tłumaczyć obecnością znacznych ilości zawiesiny w wodach powierzchniowych spływających po wiosennych opadach z terenu zlewni, a niewielką przezroczystość wody w okresie od lutego do kwietnia 1995 roku uzasadniają nieco gorsze, w czasie półrocza zimowego warunki zewnętrzne oświetlenia. Niewielka przezroczystość wody na przełomie lata i jesieni odzwierciedla przebieg procesów eutrofizacyjnych, przejawiających się w tym okresie obecnością maksymalnych ilości glonów, przede wszystkim w powierzchniowej warstwie masy wodnej.

5

Dzierżno Duże na tle jezior i innych zbiorników antropogenicznych Polski

Na podstawie wskaźników morfometrycznych, hydrograficznych i zlewniowych ustalono, że Dzierżno Duże charakteryzuje się ogólną niewielką podatnością na degradację (II kategoria), podobnie jak większość zbiorników wodnych w zlewni górnej i środkowej Odry (Rze w u s k a, S z y j k o w s k i, M a r c h l e w s k a - K n y c h, 1993), a także inne zbiorniki poeksploatacyjne Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży – Pogoria III i Pławniowice. Zbiorniki zaporowe Kozłowa Góra i Przeczyce o zdecydowanie niższym poziomie zanieczyszczenia odznaczają się większą podatnością na degradację (III kategoria), a niewielki poeksploatacyjny zbiornik Rogoźnik jest pod tym względem plasowany poza kategorią, co wymaga szczególnie rygorystycznych działań ochronnych w celu utrzymania i ewentualnej poprawy, obecnie stosunkowo korzystnych właściwości fizykochemicznych retencionowanej w nim wody.

Odprowadzane do zbiornika Dzierżno Duże ścieki czynią określenie – zalecanej przez D. Kudelską, D. Cydzik i H. Soszkę (1994) – kategorii zbiornika postępowaniem umożliwiającym jedynie wnioskowanie o dużej efektywności ewentualnych zabiegów ochronnych i rekultywacyjnych po przerwaniu dopływu zanieczyszczeń. Poprawa jakości wody może nastąpić w konsekwencji długotrwałych i kompleksowych działań likwidujących zewnętrzne i wewnętrzne obciążenie zbiornika. Będzie to proces niezwykle trudny, ponieważ zalecana przez niektórych badaczy (K a j a k, 1979; W i ś n i e w s k i, 1995) inaktywacja substancji biogennych w osadach dennych wymaga stosowania skomplikowanych technicznie zabiegów, a warunki naturalne zlewni zbiornika Dzierżno Duże – w świetle wyników oceny oddziaływania zlewni na jezioro, przeprowadzonej według procedury proponowanej przez E. Bajkiewic z-Grabowską (1987, 1990) – są wysoce niekorzystne dla stanu czystości wód jeziornych i rzadko spotykane w przypadku innych zbiorników wodnych regionu górnośląskiego, co przejawia się w dostarczaniu dużej ilości materii powodującej wzrost żyzności wód limnicznych. Potwierdza to spostrzeżenie W. Langego i W. Maślanki (1994) zajmujących się oceną naturalnej podatności na degradację jezior Pojezierza Mazurskiego, że najbardziej zdegradowane obiekty nie wyróż-

niają się szczególnie niskim poziomem tolerancji, lecz istnieniem uciążliwych form antropopresji na terenie swoich zlewni.

Zbiornik Dzierżno Duże jest jednym z największych pod względem ilości retencjonowanej wody obiektów hydrologicznych województwa śląskiego. Wyższe możliwości retencyjne ma jedynie wybudowany w latach 1951–1956 w dolinie Wisły Zbiornik Goczałkowicki, którego powierzchnia przy maksymalnym poziomie piętrzenia (257,00 m n.p.m.) wynosi 32 km², a całkowitą pojemność zbiornika ocenia się na 168,4 hm³. Z tego względu parametry charakteryzujące obieg wody zbiornika w Goczałkowicach przyjmują nieco wyższe wartości, tym niemniej są porównywalne. Na przykład średni roczny dopływ powierzchniowy w wieloleciu 1957–1979 kształtował się na poziomie 7,8 m³/s (H y r a, 1981), podczas gdy średni roczny dopływ powierzchniowy do zbiornika Dzierżno Duże w latach 1975–1994 wynosił 6,57 m³/s. Porównywalność wielkości dopływu powierzchniowego wynika z faktu zdecydowanie większego stopnia antropogenizacji zlewni zbiornika Dzierżno Duże (tzn. przerzuty wody, zrzućcie ścieków, itp.). Warto zauważyć, że zlewnia zbiornika w Goczałkowicach (532 km²) cechująca się dużymi deniwelacjami (Beskid Śląski, Pogórze Śląskie) jest tylko o 2 km² większa od typowo wyżynnej zlewni zbiornika Dzierżno Duże (530 km²). Inne zbiorniki wodne regionu górnośląskiego mają mniejszą retencję, a charakterystyki liczbowe obiegu wody przyjmują dużo niższe wartości (tab. 12, 13, 14, 15), jednak decydującą rolę w ich bilansie wodnym odgrywa pozioma wymiana wody – podobnie jak w większości opisywanych przez Z. M i k u l s k i e g o (1970) jezior przepływowych funkcjonujących w warunkach hydrologicznych Polski.

Największe podobieństwo występuje w odniesieniu do wielkości alimentacji zbiorników (Dzierżno Duże, Kozłowa Góra, Pogoria III, Przeczyce) wodami opadowymi i parowania z jego powierzchni. Mimo że bezwzględne wielkości

Tabela 12

Bilans wodny zbiornika Dzierżno Duże w latach hydrologicznych 1994–1996 (opracowanie na podstawie wyników badań własnych oraz danych ODGW w Gliwicach i IMiGW w Katowicach)

Table 12

Water balance of Dzierżno Duże water reservoir in hydrological years 1994–1996 (worked out on the base of results of author's research and data of ODGW in Gliwice and IMiGW in Katowice)

Rok Year	Retencja początkowa Initial retention	Dopływ powierzchniowy Surface inflow	Opady atmosferyczne Atmospheric precipitation	Odływ powierzchniowy Surface runoff	Parowanie Evaporation	Bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią Balance of waters exchange with the subsurface catchment	Retencja końcowa Final retention
	[hm ³]						
1994	56,37	198,97	3,52	98,03	3,00	-97,73	60,09
1995	60,09	175,98	3,53	152,53	2,73	28,59	55,75
1996	55,75	197,46	4,29	150,76	2,18	-39,39	65,18
1994–1996	56,37	572,41	11,33	401,32	7,90	-165,72	65,18

Tabela 13

Bilans wodny zbiornika Pogoria III w latach hydrologicznych 1994–1996 (opracowanie na podstawie wyników badań własnych oraz danych ODGW w Gliwicach i IMiGW w Katowicach)

Table 13

Water balance of Pogoria III water reservoir in hydrological years 1994–1996 (worked out on the base of results of author's research and data of ODGW in Gliwice and IMiGW in Katowice)

Rok Year	Retencja początkowa Initial retention	Dopływ powierzchniowy Surface inflow	Opady atmosferyczne Atmospheric precipitation	Odpływ powierzchniowy Surface runoff	Parowanie Evaporation	Bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią Balance of waters exchange with the subsurface catchment	Retencja końcowa Final retention
	[hm ³]						
1994	11,62	7,26	1,65	6,60	1,31	-1,42	11,20
1995	11,20	6,37	1,45	5,79	1,21	-1,07	10,96
1996	10,96	7,15	1,63	6,51	0,81	-1,08	11,35
1994–1996	11,62	20,79	4,74	18,90	3,32	-3,57	11,35

Tabela 14

Bilans wodny zbiornika Kozłowa Góra w latach hydrologicznych 1994–1996 (opracowanie na podstawie wyników badań własnych oraz danych GPW w Katowicach i IMiGW w Katowicach)

Table 14

Water balance of Kozłowa Góra water reservoir in hydrological years 1994–1996 (worked out on the base of results of author's research and data of GPW in Katowice and IMiGW in Katowice)

Rok Year	Retencja początkowa Initial retention	Dopływ powierzchniowy Surface inflow	Opady atmosferyczne Atmospheric precipitation	Odpływ powierzchniowy Surface runoff	Parowanie Evaporation	Bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią Balance of waters exchange with the subsurface catchment	Retencja końcowa Final retention
	[hm ³]						
1994	6,43	brak danych	3,27	21,14	2,93	brak danych	7,56
1995	7,56	brak danych	3,12	8,34	3,15	brak danych	8,50
1996	8,50		3,61	20,56	2,13		9,90
1994–1996	6,43	lack of data	10,00	50,05	8,21	lack of data	9,90

wymiany pionowej (wyrażone w hm³) są skrajnie różne, to jednak w przeliczeniu na powierzchnię odpowiadającą normalnemu poziomowi piętrzenia – wyrażnie ze sobą korespondują. Wielkość zasilania zbiornika Dzierżno Duże przez opady atmosferyczne oraz straty spowodowane parowaniem zasadniczo nie odbiegają również od – sygnalizowanego w wielu opracowaniach (Jurak, 1968, 1970, 1979; Jureko, 1969) – szerokiego spektrum wielkości analogicznych parametrów, ustalonych dla polskich jezior i zbiorników wodnych. Jedynie zbiorniki w wysokim stopniu obciążone zanieczyszczeniami termicznymi cechują się zdecydowanie wyższymi (okresowo nawet o kilkaset procent) wielkościami

Bilans wodny zbiornika Przeczyce w latach hydrologicznych 1994–1996 (opracowanie na podstawie wyników badań własnych oraz danych ODGW w Gliwicach i IMiGW w Katowicach)

Table 15

Water balance of Przeczyce water reservoir in hydrological years 1994–1996 (worked out on the base of results of author's research and data of ODGW in Gliwice and IMiGW in Katowice)

Rok Year	Retencja początkowa Initial retention	Dopływ powierzchniowy Surface inflow	Opady atmosferyczne Atmospheric precipitation	Odpływ powierzchniowy Surface runoff	Parowanie Evaporation	Bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią Balance of waters exchange with the subsurface catchment	Retencja końcowa Final retention
	[hm ³]						
1994	7,02	46,41	2,17	52,57	2,15	7,17	8,05
1995	8,05	45,94	1,46	61,02	1,55	10,25	3,15
1996	3,15	82,21	2,15	65,38	1,29	15,46	5,37
1994–1996	7,02	174,57	5,78	178,97	4,99	1,97	5,37

parowania – np. opisywany przez W. Kozłowskiego, M. Karaś i K. Fiedler (1981) Zbiornik Rybnicki.

Różne wielkości dopływu powierzchniowego i całkowitego odpływu wody są przede wszystkim uwarunkowane wielkością zlewni zbiorników (Pogoria III – 23,5 km², Kozłowa Góra – 179,2 km², Przeczyce – 289,3 km²), a w przypadku Dzierżna Dużego istotną rolę odgrywa znaczący udział wód obcych (pochodzących z poza terenu zlewni oraz drenażu górniczego) w odpływie Kłodnicy. Ponadto czasowa zmienność i amplituda charakterystyk odpływu powierzchniowego wynika z aktualnie realizowanych założeń gospodarowania wodą. Sytuacja tego typu – mimo że dotyczy większości sztucznych jezior (Drwał, Lange, 1991; Punzet, 1991; Banach, 1992; Lange, Okulanis, 1992; Kosierb, Bartosiewicz, 1993; Przedwojski, Przybyłek, Rembeza, 1993), nie znajdując odzwierciedlenia w pracach poświęconych zbiornikom naturalnym (Pasławski, 1969; Mikulski, Bojanowicz, Ciszewski, 1969; Okulanis, 1985) – na terenie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży jest szczególnie znamieną dla Dzierżna Dużego (Rzetała, 1996, 1997), aczkolwiek spektakularny przykład antropogenizacji obiegu wody stanowi również poeksploatacyjny zbiornik Dzieckowice (rys. 1) bazujący na zasobach zlewni Soły i Skawy („przerzuty wody”), który – nie mając „czynnego” odpływu powierzchniowego – jest jedynie ogniwem w systemie transportu wody (Wajzer, 1989).

Odpływ powierzchniowy z jezior i zbiorników wodnych z reguły jest determinantem tempa wymiany wody, mimo że w specyficznych warunkach środowiskowych znaczący udział w tym procesie może odgrywać parowanie oraz odpływ podziemny, a ilościowe zróżnicowanie tych charakterystyk każdorazowo jest uzależnione od wielkości zlewni i możliwości retencyjnych obiektu. Na podstawie obliczeń obejmujących wielolecie 1975–1996 ustalono, że teoretycz-

ny czas potrzebny na całkowitą wymianę wody w zbiorniku Dzierżno Duże wynosi od 84 dni do 190 dni – koresponduje więc z tempem wymiany wody tylko niektórych naturalnych i sztucznych jezior. Jak podaje M. Banach (1992), zbiornik Orawa o powierzchni zlewni $1181,7 \text{ km}^2$ i pojemności maksymalnej 331 hm^3 wymienia swe wody w czasie od 127 dni (1975 rok) do 236 dni (lata 1954–1960), a dla zbiorników w Goczałkowicach, Siemianówce i Solinie wynosi odpowiednio – 230 dni, 160 dni i 220 dni (Kajak, 1995). W Zbiorniku Sulejowskim o pojemności maksymalnej 75 hm^3 ów proces trwa od kilkunastu do kilkadziesiąt dni (Galićka, Drożdżyk, Korczyńska, 1994), w Zbiorniku Zegrzyńskim wymiana wody dokonuje się w ciągu 5–15 dni (Kajak, 1995), a wymiana wody w zbiorniku Włocławek ($V = 408 \text{ hm}^3$) przebiega w ciągu zaledwie kilku dni (Banach, 1993). Dla porównania współczynniki wymiany wody bezodpływowych powierzchniowo 70. jezior terenów młodoglacjalnych – wyznaczone przez J. Drwala, W. Langego i K. Kurowską (1976 rok) – wynosiły (rok hydrologiczny 1975) w zależności od obiektu badań od 0,23 do 1,60, analogiczne parametry zaś dla jezior Wigierskiego Parku Narodowego zawierały się w przedziale od 0,09 do 2,71 (Bajkiewicz-Grabowska, Hillbricht-Ilkowska, Zdanowski, 1992). Z kolei badania D. Borowiaka (1996) wykazały, że współczynniki wymiany wody dla Jeziora Ostrzyckiego ($V = 60,1 \text{ hm}^3$) i Jeziora Raduńskiego Górnego ($V = 20,7 \text{ hm}^3$) wahają się w zakresie wynoszącym odpowiednio około 4,5 i 0,1.

Wartości bilansu wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią są warunkowane wieloma czynnikami naturalnymi, wśród których decydującą rolę odgrywa geologia i tektonika otoczenia masy zbiornikowej oraz wielkość zasilania, a także charakter realizacji aktualnych założeń gospodarki wodnej, których znamienym przejawem są antropogenicznie stymulowane zmiany wysokości zwierciadła wody w zbiorniku. Stąd ujemny bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią utożsamiany z ucieczkami wody jest charakterystyczny przede wszystkim dla zbiornika Dzierżno Duże, czemu sprzyja usytuowanie masy w czwartorzędowym materiale piaszczystym i sąsiedztwo okna hydrogeologicznego w piaszczysto-ilastych utworach trzeciorzędowych umożliwiającego migrację wód w dolomitowo-wapienne formacje triasowe niżej zalegające, a ponadto spiętrzenie wód w misie poeksploatacyjnej nadbudowanej zaporą ziemną.

Utworzony w wyrobisku powstałym po eksploatacji piasku zbiornik Pogoria III o piętrzeniu odpowiadającym w przybliżeniu wysokości pierwotnej (przedeksploatacyjnej) powierzchni terenu charakteryzuje się niewielkimi, aczkolwiek stale występującymi ucieczkami wody, mimo że jest on zasilany wodami podziemnymi (Rzetała, 1996a). Można sądzić, że byłyby one znacznie większe, gdyby piętrzenie (tak jak w przypadku zbiornika Dzierżno Duże) zostało zwiększone o wysokość zapory lub wału ziemnego. Infiltracji wody ze zbiornika Pogoria III sprzyja sąsiedztwo (ok. 500 m) rozległego wyrobiska poeksploatacyjnego Kuźnica Warężyńska o wysokości bezwzględnej dna o kilkanaście metrów niższej od poziomu piętrzenia wód limnicznych oraz usytuowanie masy w przepusz-

czalnym materiale czwartorzędowym podścielonym – dodatkowo odwodnionymi w procesie wglębnej działalności górnictwa utworami karbonu produktywnego.

W zbiornikach zaporowych (Kozłowa Góra, Przeczyce) bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią wskazuje na okresową przewagę zasilania nad stratami (i odwrotnie) powstającymi w konsekwencji infiltracji. Najczęściej jest to uzależnione od poziomu piętrzenia wody. Wyniki wstępnych badań obiegu wody sugerują, że zbiornik Kozłowa Góra charakteryzuje się dodatnim bilansem wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią. Natomiast zasilanie zbiornika Przeczyce jest wyższe od wielkości strat następujących w wyniku infiltracji tylko w okresach utrzymywania stosunkowo niskiego poziomu piętrzenia wody. Gdy zwierciadło wód limnicznych układa się w strefie maksymalnego, a nawet normalnego poziomu piętrzenia, odpływ podziemny przewyższa wielkość podziemnej alimentacji, co potwierdzają również spostrzeżenia J. Jankowskiego (1981, 1983).

Jeziora i zbiorniki wodne najczęściej pełnią funkcję drenującą w stosunku do wód podziemnych (Gutry-Korycka, Bajkiewicz-Grabowska, 1981; Wojciechowski, 1985; Okulanis, 1981; Jankowska, 1985), tym niemniej infiltracja ze zbiorników retencyjnych jest zjawiskiem normalnym i występującym w bardzo różnym zakresie niemal zawsze (Łoś, Michalczyk, 1996). Mimo niedostatecznego rozpoznania zagadnienia dopływu i odpływu podziemnego w limnologii (Choiński, 1995) znane są sytuacje, w których infiltracja wody – zwłaszcza z nowo powstałego obiektu, będącego stosunkowo młodym elementem środowiska geograficznego – przyczynia się do istotnego ilościowo zmniejszenia retencji (Lanczewski, 1961; Jankowski, 1981, 1983; Wojciechowski, 1985; Przedwojski, Przybyłek, Rembeza, 1993; Haber, Urbański, 1994; Głazik, 1995, 1995a; Łoś, Michalczyk, 1996). Na przykład odpływ podziemny (0,26–0,35 m³/s) ze zbiornika Zemborzyce o pojemności 6,34 hm³ – w myśl opracowanych koncepcji (Łoś, Michalczyk, 1996) – wpływa na poprawę lokalnych dyspozycyjnych zasobów wodnych. Z kolei przypadek zbiornika Żelazny Most w Rudnej – dla którego w 1988 roku znamienne były ucieczki ponad 20 hm³ roztworów poflotacyjnych będących nośnikiem przenikających do wód podziemnych licznych zanieczyszczeń (144 tys. ton chlorków, 51 tys. ton siarczanów, 3 tys. kg miedzi, 2,5 tys. kg cynku, 6,6 tys. kg ołowiu) – wskazuje, że infiltracja może być przyczyną znacznego obszarowego skażenia horyzontu wodonośnego (Haber, Urbański, 1994).

Zmienność elementów poziomej i pionowej wymiany wody wynikająca z charakteru (przebiegu) gospodarowania wodą zbiornika Dzierżno Duże jest powodem znacznych wahań stanów wody (rys. 11), których nie spotyka się w innych obiektach tego typu (za wyjątkiem zbiornika w Goczałkowicach) na obszarze Wyżyny Śląskiej i jej obrzeżach (Rzetała, 1997; Jankowski, Rzetała M., 1997a). Amplitudy wahań stanów wody w jeziorach są nieporównywalnie mniejsze (Paślawski, 1969; Drwał, Lange, Kurowska, 1976; 124 Jańczak, Choiński, 1988; Borowiak, 1996, 1997), a podobny zakres

wahań dotyczy tylko nielicznych – zazwyczaj zdecydowanie większych pod względem retencji – sztucznych zbiorników wodnych (Głazik, 1978; Banach, 1992; Kosierb, Bartosiewicz, 1993).

Prowadzone od wielu lat badania (Kostrzewski, Zwoliński, 1992; Kostrzewski, Mazurek, Zwoliński, 1994; Welc, 1994) wykazują, że ilość transportowanego przez wody powierzchniowe rumowiska w postaci roztworów jest uzależniona przede wszystkim od wielkości zasilania i związanej z nią intensywności ługowania soli na terenie zlewni. Z kolei o ilościowo-jakościowej zmienności składu jonowego w ciekach o wysokim stopniu uprzemysłowienia i urbanizacji zlewni (np. zlewnia zbiornika Dzierżno Duże) w dużej mierze decyduje antropogenicznie stymulowany („przerzuty” wody, rzuty ścieków, drenaż górniczy) obieg materii (Maruszczak, 1990; Maruszczak, Rodzik, Świeca, 1992; Janda, Rzętała, 1996). Stąd zmienność właściwości fizykochemicznych wód dopływających do zbiornika Dzierżno Duże nie zawsze cechuje się sezonowością obserwowaną w obszarach pozbawionych antropopresji (Kostrzewski, Mazurek, Zwoliński, 1994), wpływ zanieczyszczeń atmosfery zaś często jest trudny do jednoznacznego udokumentowania w odróżnieniu od będących przedmiotem badań (Kostecki, 1979, 1979a; Kot, 1993; Rzychoń, Mill, 1992; Rzychoń, Worsztynowicz, 1997, 1997a) jezior i zbiorników wodnych innych regionów Polski.

Zbiorniki wodne zarówno naturalne, jak i sztuczne odgrywają istotną rolę w transformacji właściwości fizykochemicznych przepływających przez nie wód (Dojlido, 1987; Czaban, Sura, 1993), mając zdolność kumulacji substancji, której przejawem jest sedimentacja pierwiastków i związków chemicznych oraz kompensacyjne (najczęściej rozcieńczające) oddziaływanie masy wodnej w stosunku do ich stężenia w wodach alimentujących (Janda, Rzętała, 1995; Piliczewski, 1996; Gierszewski, 1995, 1997). W przypadku dostawy znacznych ilości zanieczyszczeń zbiorniki najczęściej odgrywają rolę naturalnych osadników (Giercuszkiewicz-Bajtlik, Wojtowicz, 1993) lub „biologicznych oczyszczalni” (Chmiel, 1992), na ogół powodujących poprawę jakości przepływających wód (Woyciechowska, Dojlido, 1982; Dojlido, 1987; Bombówna, 1991; Jarzabek, Wójcik, 1992; Janda, Rzętała, 1995; Kajak, 1995; Gierszewski, 1997). Jednak nadmierne ich obciążenie substancjami obniżającymi walory jakościowe wody wywołuje efekty diametralnie odmienne – wzrost stężenia w wodzie odpływu następujący w konsekwencji utraty możliwości chemicznej retencji.

Objęte programem badań limnologicznych zbiorniki antropogeniczne charakteryzują się zróżnicowanymi możliwościami retencji chemicznej, wynikającymi ze specyfiki środowiska geograficznego ich zlewni oraz otoczenia, a tym samym odmiennie wpływającymi na obieg materii i energii w strefie okołozbiornikowej. W celach porównawczych Dzierżna Dużego z innymi obiektami tego typu zestawiono średnie roczne (z 1995 roku) wartości niektórych parametrów fizykochemicznych wody dopływu i odpływu powierzchniowego. W zestawieniu (tab. 16) 125

Średnie roczne wartości niektórych parametrów fizykochemicznych wody

Mean annual values of water some physico-chemical parameters in

Wskaźnik Parameter	Jednostka Unit	Dzierżno Duże			Pławniowice			dopływ inflow
		dopływ inflow	odpływ outflow		dopływ inflow	odpływ outflow		
		X_{si}	W [%]		X_{si}	W [%]		
Przewodność właściwa	[$\mu\text{S}/\text{cm}$]	5478,7	4451,7	81,3	608,0	575,0	94,6	617,8
Odczyn	[pH]	7,73	7,86	101,6	7,75	8,48	109,3	8,01
Zawiesina	[mg/dm^3]	65,3	11,8	18,1	7,0	4,8	68,5	7,6
Chlorki	[$\text{mg Cl}'/\text{dm}^3$]	1567,9	1267,2	80,8	41,7	69,8	167,5	42,4
Siarczany	[$\text{mg SO}_4^2/\text{dm}^3$]	480,9	414,9	86,3	81,3	116,6	143,4	116,4
Sód	[$\text{mg Na}'/\text{dm}^3$]	594,0	476,1	80,2	15,2	26,2	172,2	17,7
Potas	[$\text{mg K}'/\text{dm}^3$]	13,4	13,2	99,0	4,6	5,3	114,7	3,4
Fosforany	[$\text{mg PO}_4^3/\text{dm}^3$]	4,04	4,78	118,3	0,79	0,85	107,6	0,04
Azotany	[$\text{mg NO}_3/\text{dm}^3$]	45,8	47,3	103,2	14,4	4,4	30,8	4,7
Twardość ogólna	[$\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$]	587,3	542,0	92,3	307,1	232,1	75,6	296,7

Objaśnienia: X_{si} – średnia roczna wartość danego parametru, W [%] – współczynnik wskazujący na spadek wartości para- do zbiornika jest równa 100%.

uwzględniono jedynie te zbiorniki, które mają jeden główny dopływ i odpływ rzeczny, a boczne zasilanie powierzchniowe w postaci skoncentrowanych strug nie występuje (Pogoria III) bądź stanowi ułamek procentu (Dzierżno Duże, Pławniowice, Kozłowa Góra, Przeczyce, Pogoria I) lub maksymalnie kilka procent (Rogoźnik) alimentacji wodami potamicznymi.

Uśrednione wyniki badań przewodności właściwej wskazują, że wyszczególnione zbiorniki wodne wywierają istotny wpływ na wielkość mineralizacji wód odpływających ze zlewni, obniżając konduktywność najczęściej o kilkanaście, a w skrajnym wypadku nawet o kilkadziesiąt procent. Wyjątek stanowi zbiornik Pogoria III, gdzie średnia roczna wartość przewodności właściwej wód odpływu jest nieznacznie wyższa od wody cieków powyżej zbiornika. Równie czytelne jest oddziaływanie zbiorników na charakter odczynu wody i jej twardość ogólną, przejawiające się odpowiednio: kilkuprocentowym wzrostem pH (wyjątek: Rogoźnik) oraz zróżnicowanym obniżeniem decydujących o twardości wody stężeń jonów wapnia i magnezu. W misie jeziornej ze względu na zmianę środowiska prądowego istnieją sprzyjające warunki do depozycji zawieszin dostarczanych przez wody potamiczne, toteż w wodach odpływu powierzchniowego z reguły występują one w ilościach stanowiących od kilkunastu do kilkudziesięciu procent stężenia stwierdzonego w cieku zasilającym (Dzierżno Duże – 18,1%; Pławniowice – 68,5%; Pogoria III – 91,3%; Rogoźnik – 91,9%; Kozłowa Góra – 97,3%). W przypadku chlorków, siarczanów, sodu i potasu rola zbiorników w transformacji ich stężeń jest nie tyle mniej czytelna, ile zdecydowanie bardziej

wybranych zbiorników antropogenicznych (rok hydrologiczny 1995)

the selected artificial water reservoirs (hydrological year 1995)

Pogoria III		Pogoria I				Rogoźnik				Kozłowa Góra				Przeczycze			
odpływ outflow		dopływ inflow		odpływ outflow		dopływ inflow		odpływ outflow		dopływ inflow		odpływ outflow		dopływ inflow		odpływ outflow	
X_{sr}	W [%]	X_{sr}		W [%]		X_{sr}		W [%]		X_{sr}		W [%]		X_{sr}		W [%]	
620,4	100,4	808,8	589,2	72,9	686,3	615,1	89,6	530,6	446,6	84,2	584,3	495,3	84,8				
8,05	100,5	7,59	8,21	108,1	8,21	8,12	98,9	7,74	8,20	105,9	7,85	8,31	105,8				
7,0	91,3	5,0	5,7	112,7	8,3	7,7	91,9	7,3	7,1	97,3	6,1	7,1	116,5				
42,4	100,0	68,6	45,2	65,9	35,1	35,1	100,0	31,7	29,9	94,5	34,8	31,8	91,4				
125,3	107,7	124,5	97,5	78,3	87,8	107,2	122,2	81,1	60,7	74,8	90,5	87,1	96,2				
20,4	115,2	23,5	17,0	72,2	5,4	7,9	146,5	7,1	7,4	103,4	14,0	11,7	83,9				
4,1	121,0	5,8	3,2	54,9	1,7	2,0	115,6	2,9	3,2	110,5	4,5	3,8	84,9				
0,03	65,3	0,26	0,07	28,6	0,05	0,05	89,0	0,00	0,00	100,0	0,25	0,07	28,0				
0,03	0,6	11,5	0,8	7,2	33,7	6,9	20,4	22,1	3,7	16,7	11,6	6,4	54,7				
290	97,8	361	272,5	75,5	372,9	366,9	98,4	295	283,1	96,0	311,4	281,9	90,5				

metru lub jej wzrost w wodzie odpływającej ze zbiornika, z założeniem, iż wartość danego parametru dla wody dopływającej

zróznicowana. Zazwyczaj można mówić o niewielkiej redukcji stężeń omawianych jonów (Przeczycze, Pogoria I). Jeśli w zbiorniku Dzierżno Duże dochodzi do kilku lub kilkunastoprocentowej redukcji ich stężeń, to zasolenie Potoku Toszeckiego przepływającego przez – położony w sąsiedztwie Dzierżna Dużego – zbiornik Pławniowice znacznie wzrasta. Za jedną z przyczyn wzrostu jego zasolenia można uznać prawdopodobne istnienie więzi hydraulicznej między cechującym się ucieczkami wód o wysokim zasoleniu zbiornikiem Dzierżno Duże, a zasilanym przez wody podziemne zbiornikiem Pławniowice. Równie wysoki wzrost stężeń obserwuje się w wodach odpływających z Rogoźnika, jednak jest on pochodną lokalizacji w strefie przyzbiornikowej składowiska odpadów przemysłowych (przede wszystkim skały płonnej). Zbiorniki Dzierżno Duże oraz w mniejszym stopniu Pławniowice – w odróżnieniu od pozostałych (tab. 16) – są nielicznymi obiektami, wzbogacającymi wody potamiczne w substancje biogenne, co świadczy o utracie możliwości retencji chemicznej.

Dopełnieniem informacji o transformacji właściwości fizykochemicznych wód potamicznych w omawianych przepływowych zbiornikach wodnych jest ogólna ocena ich składu chemicznego w systemie dopływ–odpływ (tab. 17). Określenie typu wody przeprowadzono, stosując klasyfikację Szczukariewa (D y n o w s k i, G o ł d y ń, 1973), opartą na zasadzie przewagi jednego lub więcej z trzech głównych kationów (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) i trzech głównych anionów (Cl , SO_4^{2-} , HCO_3^-), gdzie o przynależności do jednej z klas decyduje zawartość jonów w ilości powyżej 25% sumy milivali.

Transformacja struktury chemicznej wód potamicznych w wybranych przepływowych zbiornikach antropogenicznych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach

Table 17

Transformation of chemical structure of potamic waters in selected tidal artificial water reservoir in Silesian Upland and its borders

Nazwa zbiornika Name of reservoir	Typ wody Type of water	
	dopływ inflow	odpływ outflow
Dzierżno Duże	Cl-Na	Cl-Na
Pławniowice	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg	SO ₄ -Cl-Ca
Pogoria III	HCO ₃ -SO ₄ -Ca	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg
Pogoria I	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg
Kozłowa Góra	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg
Przeczycze	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg
Rogoźnik	HCO ₃ -Ca-Mg	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg
Dzierżno Małe	HCO ₃ -Ca	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg lub HCO ₃ -Cl-SO ₄ -Ca

Zgodnie z powyższym wodę dopływającą do zbiornika Dzierżno Duże oraz z niego odpływającą zaliczono do typu chlorkowo-sodowego. Inne obiekty utworzone w województwie katowickim są zasilane przeważnie wodami typu HCO₃-SO₄-Ca-Mg, HCO₃-SO₄-Ca, HCO₃-Ca-Mg i HCO₃-Ca, a wody ich odpływów powierzchniowych są klasyfikowane jako HCO₃-SO₄-Ca-Mg, rzadziej HCO₃-Cl-SO₄-Ca lub SO₄-Cl-Ca, i w przypadku niektórych z nich (Pławniowice, Pogoria III, Rogoźnik, Dzierżno Małe) wskazują na transformację składu chemicznego odbywającą się w przepływowym zbiorniku wodnym.

Z przeprowadzonych badań wynika, że wody chlorkowo-sodowe są znamienne przede wszystkim dla osadników wykorzystywanych w procesie uzdatniania węgla kamiennego, natomiast trudno jest wskazać zbiornik porównywalny wielkością do Dzierżna Dużego, w którym retencjonowana woda miałaby podobne cechy. Stąd istniejące koncepcje ochrony wód powierzchniowych przed zasoleniem, zakładające budowę zbiorników wodnych będących odbiornikiem zasolonych wód kopalnianych (Chaber, Krogulski, 1993; Czaban, 1993), do najkorzystniejszych, niestety, nie należą.

Przykład Dzierżna Dużego pokazuje, że infiltrujące wody limniczne mogłyby spełniać istotną funkcję w zasilaniu horyzontu wodonośnego doliny Kłodnicy oraz przeekspluowanego zbiornika wód podziemnych Gliwice, utożsamianego z wodonośnymi formacjami triasowymi. Byłoby to zadowalającym rozwiązaniem w świetle obecnie stosowanych metod i rozpatrywanych koncepcji, mających na celu zwiększenie dyspozycyjnych zasobów wodnych GZWP Gliwice. Niestety, z mogącą spełniać te wymogi ilością infiltrujących wód limnicz-

nych wiąże się sukcesywnie zanieczyszczanie wód podziemnych, sygnalizowane w wielu opracowaniach regionalnych (Róźkowski, Mitas, Witkowski, 1989; Kropka, 1990; Białożył, 1995), co w chwili obecnej należy uznać za negatywny aspekt eksploatacji zbiornika Dzierżno Duże (Rzętała, 1997).

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na następującą w zbiorniku Dzierżno Duże redukcję wielkości ładunków większości wyszczególnionych substancji (tab. 18). Redukcja utożsamiana z obniżeniem ładunku w przepływowym zbiorniku wodnym jest zapewne związana nie tylko z akumulacją, lecz także z podziemnym odpływem ze zbiornika niskiej jakości wód limnicznych. W tym wypadku omawiany zbiornik stanowi pierwsze ogniwo w procesie migracji zanieczyszczonych wód podziemnych, a występująca wówczas adsorpcja zanieczyszczeń przez szkielet gruntowy ma również określoną rolę kumulacyjną.

Tym niemniej zdarzają się sytuacje – obieg fosforu fosforanowego w zbiorniku Dzierżno Duże w 1995 roku – w których wielkość ładunku odprowadzanego przez wody odpływu powierzchniowego jest zdecydowanie wyższa od masy substancji dostarczonej do zbiornika przez wody potamiczne i opadowe (tab. 18). W świetle dominacji odpływu podziemnego nad podziemną alimentacją świadczy to o utracie przez zbiornik możliwości retencji chemicznej, utożsamianej w ilościowej analizie obiegu materii z zakończeniem dotychczasowej roli kumulacyjnej i rozpoczęciem procesu samooczyszczania się zbiornika m.in. w drodze reaktywacji osadów dennych. Tymczasem – jak wynika z zestawienia dokonanego przez A. Kentzera i A. Gizińskiego (1995) – niektóre przepływowe jeziora (Druzno, Partęczyny, Gościąż) i zbiorniki wodne (Włocławek), mimo wysokiego poziomu trofii, charakteryzują się redukcją ładunku fosforu wynoszącą od kilkunastu do kilkudziesięciu procent.

Diametralnie odmienna sytuacja występuje w przypadku zawiesiny, której ilość jest zredukowana w zbiorniku o ponad 80% (tab. 18). Na przykład – jak wykazały badania prowadzone przez J. Brańskiego i S.L. Dąbkowskiego (Banach, 1993) – zdolność zbiornika Włocławek do zatrzymywania zawiesiny wynosi zaledwie 48%, a zbiornik Turawa w świetle badań A.K. Teisseyre'a (Banach, 1993) redukuje jej ilość o 65%.

Przy stosunkowo dużej ilości wód podziemnych alimentujących zbiornik Pogoria III (Rzętała, 1996a) – jednak w świetle bilansowych obliczeń obiegu wody nie rekompensujących strat podziemnego odpływu ze zbiornika – może dochodzić do wzrostu mineralizacji wód limnicznych, co uzasadnia wyższe wielkości ładunków niektórych substancji w wodach odpływu powierzchniowego w stosunku do masy dostarczanej przez ciek zasilający (tab. 18). Jest to tym bardziej realne, że ładunek wprowadzany do zbiornika z opadami atmosferycznymi stanowi ilość nieporównywalnie mniejszą do masy pochodzącej z denudacji chemicznej zlewni. Dużą analogią pod tym względem charakteryzują się zbiorniki Pogoria III i Przeczyce (tab. 18), przy czym obieg masy w przypadku ostatniego z wymienionych jest modyfikowany dużym ilościowym zróżnicowaniem podziemnej wymiany wody w warunkach wysokiego piętrzenia wód limnicznych, 129

Tabela 18

Zestawienie wielkości ładunków wybranych substancji dostarczonych przez wody powierzchniowe i opady atmosferyczne (dopływ) oraz odprowadzonych przez wody odpływu powierzchniowego (odpływ) w latach hydrologicznych 1995–1996 w odniesieniu do niektórych zbiorników wodnych

Table 18

Sheet of load size of selected substances delivered by surface waters and atmospheric precipitation (inflow) and discharged by waters of surface runoff (outflow) in hydrological years 1995–1996 in relation to some water reservoirs

Wskaźnik Parameter	Rok* Year*	Zbiornik Dzierżno Duże Dzierżno Duże water reservoir			Zbiornik Pogoria III Pogoria III water reservoir			Zbiornik Przeczyce Przeczyce water reservoir		
		dopływ inflow	odpływ outflow	W [%]	dopływ inflow	odpływ outflow	W [%]	dopływ inflow	odpływ outflow	W [%]
		[t]		W [%]	[t]		W [%]	[t]		W [%]
Zawiesina	1995	11 444,2	1 850,0	16,2	57,4	47,1	82,1	280,6	423,5	150,9
	1996	11 849,6	1 515,1	12,8	31,3	10,4	33,2	392,4	321,8	82,0
Chlorki	1995	267 906,7	186 096,8	69,5	276,9	243,5	87,9	1 569,7	1 932,0	123,1
	1996	284 795,5	159 863,3	56,1	320,7	275,0	85,7	2 266,7	1 837,0	81,0
Siarczany	1995	81 952,9	66 149,6	80,7	790,4	784,3	99,2	4 556,7	5 742,2	126,0
	1996	66 579,3	40 656,0	61,1	795,0	778,8	98,0	5 204,7	5 101,8	98,0
Sód	1995	100 444,3	74 700,2	74,4	116,0	118,9	102,5	582,9	666,6	114,3
	1996	104 390,4	59 249,0	56,8	108,9	128,7	118,2	878,6	595,2	67,7
Potas	1995	2 190,5	2 177,3	99,4	23,0	24,5	106,5	184,5	214,4	116,2
	1996	7 558,4	3 510,0	46,4	24,7	31,4	127,1	466,5	279,0	59,8
Fosfor fosforanowy	1995	687,7	723,9	105,3	0,09	0,06	66,6	3,55	1,10	31,0
	1996	629,3	509,6	81,0	0,31	0,02	6,5	6,40	1,91	29,8
Azot azotanowy	1995	7 865,4	7 226,0	91,9	0,86	0,04	4,7	136,03	107,67	79,1
	1996	13 937,1	8 992,4	64,5	2,09	0,04	2,0	229,63	153,08	66,7

Objaśnienia: W [%] – współczynnik wskazujący na spadek lub wzrost wielkości ładunku w wodzie odpływającej ze zbiornika, z założeniem, że masa ładunku w wodzie dopływającej do zbiornika jest równa 100%.

* Rok hydrologiczny (hydrological year).

wskazującej na zdecydowanie ujemny bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią, a w okresie niskich stanów wody w zbiorniku – na występowanie sytuacji diametralnie innej. Wynika z tego, że wypadkowa podziemnego zasilania i odpływu jest częstym determinantem wielkości masy odprowadzanej przez wody odpływu powierzchniowego. Warto zauważyć, że w 1995 roku – gdy zbiornik Przeczyce wykazywał dodatni bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią – zawarty w wodach odpływu powierzchniowego ładunek większości substancji wzrastał w stosunku do ładunku obecnego w wodach cieków zasilających i wodach opadowych. Z kolei w 1996 roku w wyniku redukcji kilku fal wezbraniowych – szczęśliwie w porę ukończono trwające od 1994 roku prace przeglądowo-remontowe zapory – zbiornik Przeczyce osiągnął stan wody bliski maksymalnemu poziomowi piętrzenia, w konsekwencji czego bilans wymiany

wód ze zlewnią pod powierzchnią był wyraźnie ujemny, a zmniejszenie ładunków odpływających w stosunku do dopływających w dużej mierze stymulowały pokaźne ucieczki wody ze zbiornika.

Z procesem kumulacji utożsamianych przede wszystkim z zanieczyszczeniami osadów dostarczanych wraz z wodami zasilającymi zbiornik Dzierżno Duże nierozzerwalnie wiąże się jego zamulanie. O ile w świetle ucieczek wody ze zbiornika Dzierżno Duże, osiągających w skali wielolecia blisko 30% wielkości dopływu powierzchniowego, trudno jest oszacować kumulację substancji dostarczanych w postaci roztworów, o tyle akumulację w misie zbiornikowej pozostałych składowych materiału rumowiskowego (toczyn, wleczyn, unosin i zawieszin) można szacować na ok. 0,026 mln m³/rok. Jest to ilość porównywalna z objętością osadów dennych zbiornika Orawa ($V = 331 \text{ hm}^3$), szacowaną przez M. Banaacha (1993) na 0,135 mln m³/rok. Przepływ w ciekach zasilających ten zbiornik jest trzykrotnie wyższy od wielkości dopływu do zbiornika Dzierżno Duże, a powierzchnia jego zlewni wynosi 1181,7 km². Powyższy przykład wskazuje na wysokie tempo zamulania misy i dokumentuje ewidentną rolę antropopresji w tym procesie, skoro wielkość załadownienia zbiornika Dzierżno Duże o wyżynno-nizinnej zlewni jest porównywalna z ilością akumulowanych osadów w zbiorniku o typowo górskiej zlewni charakteryzującej się potencjalnie większą denudacją mechaniczną. Potwierdzają to również inne dane. W zbiorniku Włocławek – przy średnim rocznym przepływie Wisły z wielolecia 1971–1990 wynoszącym 903 m³/s – w okresie 1971–1987 zostało zakumulowane 28,9 mln m³ osadów (Banaach, 1993), co jest wielkością zdecydowanie mniejszą w odniesieniu do zbiornika Dzierżno Duże w kontekście blisko 150-krotnie niższego przepływu w ciekach zasilających. Ponadto wielkość akumulacji w zbiorniku Dzierżno Duże jest imponująca w świetle masy rumowiska wlezonego, transportowanego przez cieki nizinne (Fal, 1965; Czamara, Mokwa, 1993) oraz w odniesieniu do wskaźników denudacji obszarów górskich (Chomiak, Cyberski, Mikulski, 1969; Cyberski, 1969; Sasik, Żmuda, 1993).

Funkcjonowanie zbiornika Dzierżno Duże w warunkach wysokiego stopnia obciążenia antropopresją jest dokumentowane wysokim stopniem zanieczyszczenia osadów dennych. Przykładowo: poziom ich zanieczyszczenia przez wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) w zależności od miejsca poboru próby waha się od 9,2 mg/kg do 77,4 mg/kg. Są to ilości porównywalne lub kilkakrotnie wyższe od – stwierdzonych przez R. Żytkowicz, R. Błedzkiego, A. Gizińskiego, A. Kentzer, R. Wiśniewskiego i I. Żbikowskiego (1990) – zawartości WWA w osadach dennych zbiornika Włocławek oraz kilkakrotnie bądź kilkunastokrotnie przewyższające poziom ich zawartości w osadach dennych zbiornika Soczewka. Podobnie zawartość niektórych metali ciężkich występujących w ilościach świadczących o zanieczyszczeniu (kadm, ołów, cynk) jest wielokrotnie wyższa od podawanych przez D. Ciszewskiego (1992) poziomów uznawanych za naturalne, jak również od zawartości stwierdzonych przez M. Chwojnicką, D. Pasierbską i A. Ponikowskiego 131

(1993) w osadach dennych środkowej Odry i jej dopływów oraz od podawanych przez E. Helios-Rybicką i M. Wardas (1989) ich ilości w osadach dennych Wisły i jej dopływów w rejonie Krakowa. Spośród wyników świadczących o dużym zanieczyszczeniu osadów metalami ciężkimi jedynie zawartość ołowiu koresponduje z podawaną przez D. Ciszewskiego (1992) jego ilością w osadach dennych dolnej Przemszy, Wisły i niektórych rzek Europy – dolnego Renu czy Łaby w Hamburgu.

Wysoki stopień eutrofizacji zbiornika Dzierżno Duże jest implikowany przede wszystkim dużym obciążeniem substancjami biogennymi, dostarczonymi wraz z zanieczyszczonymi wodami Kłodnicy odwadniającej zachodnią część silnie uprzemysłowionej i zurbanizowanej Wyżyny Śląskiej (Rzętała, 1996). Z przeglądu literatury wynika, że wielkość tego obciążenia jest wielokrotnie wyższa od spotykanego w ciekach innych regionów kraju (Giercuszkie-wicz-Bajtlik, Szeligiewicz, Uchmański, Zadarnowska, 1991; Rzewuska, Szykowski, Marchlewska-Knych, 1993; Szymańska, 1993; Kentzer, Giziński, 1995; Mańko, Motowicka-Terelak, Terelak, 1995), w tym również odwadniających zlewnie użytkowane rolniczo (Kostecki, 1977, 1978; Taylor, 1988; Lossow, Więclawski, 1991).

Znamiennym indykatorem eutrofizacji Dzierżna Dużego jest wysoka koncentracja fosforu fosforanowego i azotu azotanowego w wodzie, przewyższająca co najmniej kilkakrotnie stężenia fosforu i azotu określone (Paluch, Twardowska, Kostecki, Magosz, 1975; Kostecki, 1979) w wodzie zbiorników górskich i spotykane w zeutrofizowanych zbiornikach antropogenicznych: Zegrzyńskim, Włocławskim, Siemianówce, Goczałkowickim, Solińskim (Kajak, 1995) oraz Sulejowskim (Galicka, Drożdżyk, Korczyńska, 1994). Eutrofizacja wód omawianego obiektu jest szczególnie czytelna na tle stwierdzonych przez M. Giercuszkie-wicz-Bajtlik, W. Szeligiewicza, J. Uchmańskiego i A. Zadarnowską (1991) koncentracji fosforu (0,02–0,86 mg P/dm³) w kilkudziesięciu jeziorach północno-wschodniej Polski i badanych przez L. Krzysztofiaka (1993) stężeń substancji biogennych w wodach jezior Wigierskiego Parku Narodowego oraz w świetle norm stanu eutrofii zbiorników wodnych (0,045 mg P/dm³) zalecanych przez OECD (Giercuszkie-wicz-Bajtlik, Szeligiewicz, Uchmański, Zadarnowska, 1991). Zajmuje on również wyjątkową pozycję wśród zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach, zestawionych poniżej według kryterium wielkości retencji (tab. 19).

Najkorzystniejsze właściwości chemiczne mają zbiorniki funkcjonujące w systemach zaopatrujących w wodę województwo śląskie: Małej Wisły, Soły i Skawy (np. zbiorniki: Goczałkowicki, Dzieńkówice, Łąka) oraz Brynicy i Czarnej Przemszy (np. zbiorniki: Kozłowa Góra, Przeczyce), aczkolwiek znane są przejawy świadczące o znacznym stopniu eutrofizacji ich wód (Kasza, 1986, 1986a, 1995; Kajak, 1995).

132 Zdecydowanie powolniejszy wzrost żyzności wód limnicznych stwierdzono w zbiornikach zlokalizowanych wprawdzie w obszarach znaczących przeobra-

Tabela 19

Zawartość fosforu fosforanowego i azotu azotanowego w wodzie ważniejszych zbiorników antropogenicznych na terenie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży w latach hydrologicznych 1994–1996

Table 19

Content of phosphate phosphorus and ammonium nitrate in waters of more important artificial water reservoirs in the area of Silesian Upland and its borders in hydrological years 1994–1996

Nazwa zbiornika Name of reservoir	Fosfor fosforanowy Phosphate phosphorus			Azot azotanowy Ammonium nitrate		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996
	[mg/dm ³]					
Goczałkowice	0,06	(-)	(-)	0,45	(-)	(-)
Dzierżno Duże	2,02	1,67	1,63	6,35	9,97	13,96
Dzieńkowice	(-)	0,00	0,00	(-)	1,26	1,08
Pławniowice	0,20	0,33	0,16	0,76	0,93	0,86
Rybnicki	0,36	0,42	(-)	0,97	0,97	(-)
Przezyce	0,02	0,03	0,01	1,31	1,34	1,47
Kozłowa Góra	0,02	0,01	0,02	1,31	0,95	0,58
Pogoria III	0,01	0,01	0,00	0,18	0,04	0,04
Dzierżno Małe	(-)	0,59	0,37	(-)	2,30	3,11
Łąka	(-)	0,16	(-)	(-)	0,45	(-)
Pogoria I	0,01	0,01	0,01	0,28	0,17	0,87
Paprocany	0,01	0,00	0,00	0,29	0,23	0,20
Chechło	(-)	0,00	0,00	(-)	0,07	0,07
Sosina	0,03	0,03	0,03	0,23	0,27	0,20

(-) Brak danych; lack of data.

zeń antropogenicznych, lecz skutecznie izolowanych przed dopływem dużych ilości substancji biogenych (np. Pogoria III, Sosina, Chechło).

Z powyższego wynika, że eutrofizacja wód zbiornika Dzierżno Duże przybiera znamiona katastrofy ekologicznej. Jej potwierdzeniem są, będące wskaźnikiem wysokiej trofii obiektu, obciążenia ładunkiem fosforu fosforanowego i azotu azotanowego, które przekraczają kilkudziesięciokrotnie ładunki krytyczne fosforu i azotu, podawane dla wód niezeutrofizowanych przez R.A. Volle nweidera (1968, 1969, 1976). Wielokrotne przekroczenie dopuszczalnego obciążenia powierzchniowego ładunkiem fosforu i azotu jest charakterystyczne dla większości sztucznych zbiorników wodnych górnej i środkowej części dorzecza Odry (Kostecki, 1977, 1978; Rzewuska, Szykowska, Marchlewska-Knych, 1993), Zbiornika Sulejowskiego (Galicka, Drożdżyk, 1994; Galicka, Drożdżyk, Korczyńska, 1994) oraz niektórych jezior konińskich uczestniczących w obiegu chłodzącym tamtejszego zespołu elektrowni (Piotrowska, Przybiński, 1991) – tym niemniej nie osiąga tak spektaku-

larnych rozmiarów. Również obecność innych substancji pożywkowych stwierdzonych w wodzie zbiornika Dzierżno Duże – w odniesieniu do określonego przez Hölla (Vollenweider, 1969) zakresu ich występowania w wodach – upoważnia do określenia tego obiektu mianem politroficznego.

Dzierżno Duże ze względu na imponującą zawartość w wodzie substancji wywołujących jej eutrofizację (tab. 19) można także porównać do większości niewielkich powierzchniowo zbiorników antropogenicznych konurbacji górnośląskiej (tab. 20). Ilość fosforu fosforanowego i azotu azotanowego występująca

Tabela 20

Zawartość fosforu fosforanowego i azotu azotanowego w wodzie wybranych zbiorników antropogenicznych o niewielkiej retencji

Table 20

Content of phosphate phosphorus and ammonium nitrate in waters of selected artificial water reservoirs of small retention

Lokalizacja i nazwa zbiornika Location and name of water reservoir	Data pomiaru Date of measurement	Fosfor fosforanowy Phosphate phosphorus	Azot azotanowy Ammonium nitrate
		[mg/dm ³]	
Katowice – Staw upadowy	27.11.1995	0,02	8,46
Knurów – zbiornik przy kopalni	04.11.1995	0,03	21,68
Sosnowiec Pekin – zalewisko	16.10.1995	0,42	13,31
Zbrosławice – zbiornik w Kamieńcu	17.06.1996	0,34	11,29
Sosnowiec Kazimierz – zbiornik przy kopalni	16.10.1995	0,03	19,20
Zabrze – zbiornik przy ul. Makoszowskiej	16.10.1995	0,94	5,60
Ruda Śl. – zbiornik w Orzegowic	16.10.1995	0,49	4,38
Knurów – zbiornik przy ul. Zwycięstwa	04.11.1995	0,00	12,76
Piekary Śl. – zbiornik przy ul. Czotgistów	27.11.1995	0,00	7,48
Dąbrowa Górnicza – zbiornik przy Hucie Bankowa	06.06.1995	0,36	1,06

w ich wodach powoduje eutrofizację bądź stwarza potencjalne możliwości rozwoju procesów eutrofizacyjnych, co jest wysoce niekorzystnym zjawiskiem dla tzw. małej retencji. Najmniej korzystne charakterystyki pod tym względem mają wody zbiorników centralnej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (tab. 20) i Rybnickiego Okręgu Węglowego, zlokalizowanych w pobliżu: zwałowisk, wysypisk, osiedli pozbawionych możliwości oczyszczania ścieków, kopalń itp., które są powierzchniowymi źródłami substancji biogenych.

Zanieczyszczenie zbiornika Dzierżno Duże powoduje, że w jego masie wodnej są spotykane głównie rośliny – według W. Matuszkiewicza (1981) świadczące o dużej zawartości substancji pożywkowych, a tym samym o zaawansowanej eutrofizacji. Ponadto w strefie litoralnej wykształciły się zespoły z dominującymi gatunkami roślin ruderalnych, których siedliska – jak podaje J. Mo-

tyka (1962) – odznaczają się bogactwem substancji biogennej. Czyni to zbiornik Dzierżno Duże obiektem zupełnie odmiennym od pozostałych obiektów limnicznych antropogenicznego pochodzenia. Na przykład zbiorniki utworzone na terenie Dąbrowy Górniczej w wyrobiskach po eksploatacji piasków charakteryzują się dużym i zbliżonym do naturalnego bogactwem osobliwości faunistycznych i florystycznych (często wręcz unikatowych), które są przykładem szybkiej regeneracji układów biocenotycznych po dawnych zniszczeniach spowodowanych kopalnictwem odkrywkowym (Celiński, Czyłok, Kubajak, 1996). Również w otoczeniu zaporowych zbiorników Kozłowa Góra i Przeczyce (w pewnym stopniu zeutrofizowanych) roślinność ruderalna jest rzadkością, a niektóre ich sektory są szczególnie chronione z uwagi na przyrodnicze walory.

Porównanie warunków termicznych Dzierżna Dużego z innymi naturalnymi, a także sztucznymi zbiornikami wodnymi, zostało przeprowadzone na podstawie wyników badań własnych, zestawionych w postaci wykresów termozoplek sporządzonych z comiesięcznych pomiarów temperatury wody w najgłębszych profilach badawczych poszczególnych zbiorników (rys. 1), oraz z wykorzystaniem informacji zawartych w opracowaniach geograficznych dotyczących termiki wód limnicznych.

Dzierżno Duże i wytypowane na drodze badań własnych do porównania zbiorniki (Pogoria III, Pławniowice, Pogoria I, Rogoźnik, Kozłowa Góra i Przeczyce) pod względem termicznym należy sklasyfikować jako należące do strefy umiarkowanej, które zgodnie z przytaczanymi przez wielu autorów definicjami (Paślowski, 1969; Starmach, Wróbel, Pasternak, 1976) odznaczają się uwarstwieniem prostym w lecie, a odwrotnym w zimie, a ponadto dwoma okresami cyrkulacji wody w ciągu roku i temperaturami wód przydennych zbliżonymi do 4°C (Choiński, 1995). Oczywiście kształtowanie procesów termicznych w poszczególnych zbiornikach (rys. 46) jest pochodną wielu odrębnych uwarunkowań. Tym niemniej widać duże podobieństwo w ich przebiegu w zbiornikach poeksploatacyjnych (rys. 46), cechujących się podobnymi głębokościami maksymalnymi (Dzierżno Duże, Pławniowice, Pogoria III). Podobieństwa te to zbliżone zasięgi poszczególnych warstw termicznych, zbliżony czas trwania okresów stagnacyjnych i cyrkulacyjnych masy wodnej, a także analogia w przebiegu i intensywności procesów jej ogrzewania i wychładzania, co potwierdzają wcześniejsze badania (Kostecki, 1977; Rzętała, 1996a).

Z kolei za odrębność należy uznać modyfikowanie naturalnych procesów termicznych w zbiorniku Dzierżno Duże w konsekwencji zmienności warunków przepływowości wywoływanych antropogenicznie stymulowanym obiegiem wody, o czym świadczy na przykład dłużej trwający układ katotermiczny, będący pochodną ochładzania wody w czasie jej zimowego podpiętrzania. Natomiast kształtowania termiki masy wodnej w warunkach dopływu do zbiornika Dzierżno Duże zanieczyszczeń termicznych dowodzą nieco wyższe temperatury powierzchniowej warstwy wody w okresie stagnacji letniej i stagnacji zimowej, a w mniejszym stopniu także zasoby ciepła oraz związana z nimi średnia tem-

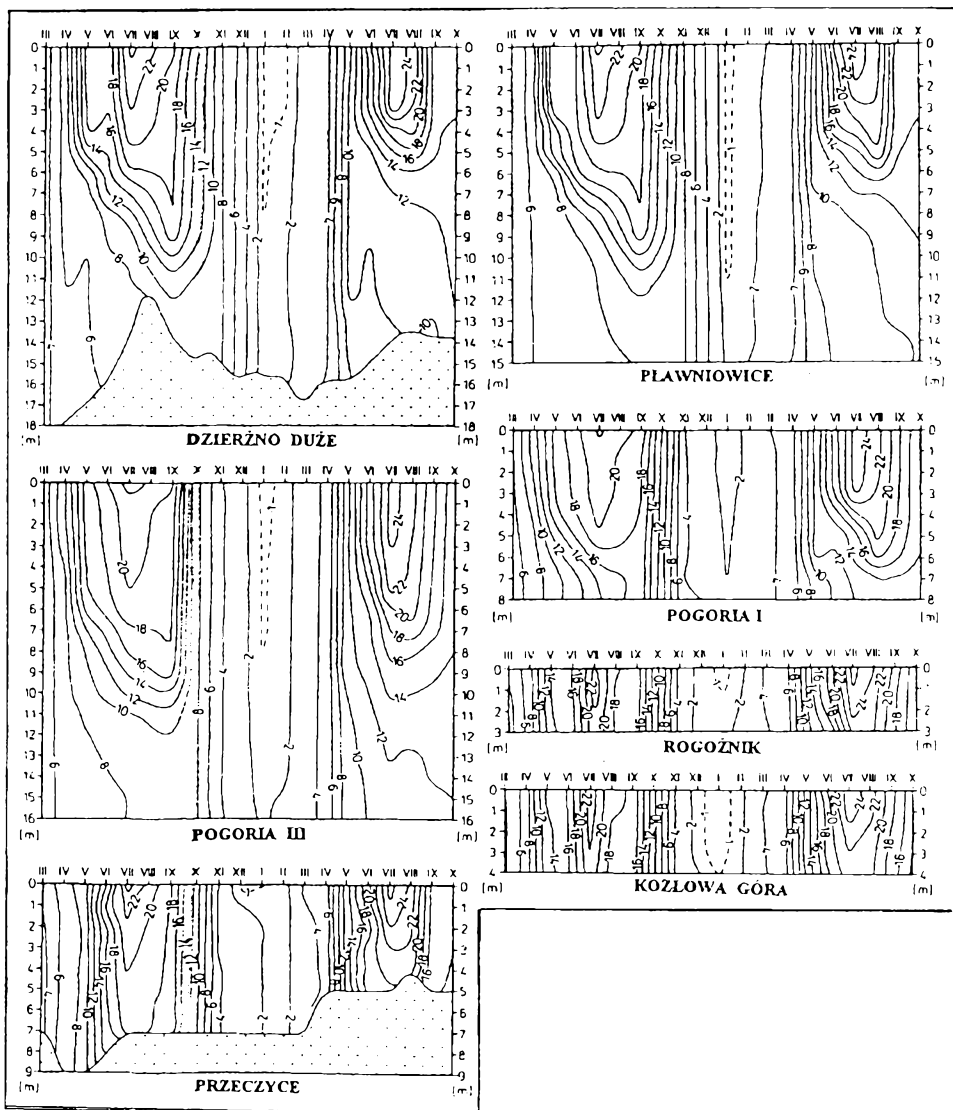
peratura masy wodnej. Osiąga ona wartości porównywalne lub tylko nieznacznie wyższe niż charakterystyczne dla nielicznie opisywanych (Tomik, 1969; Paśławski, 1969; Mikulski, Okulanis, 1974; Okulanis, 1981; Choński, Kanikowski, 1995) jezior i zbiorników pozbawionych antropopresji i zdecydowanie niższe od spotykanych (Faraś, Lange, Odoj, 1979; Kuczera, 1992) w jeziorach i zbiornikach obciążonych zanieczyszczeniami termicznymi, wynikającymi z udziału wód limnicznych w cyklu produkcyjnym elektrociepłowni lub elektrowni.

Fakt, iż obciążenie zbiornika Dzierżno Duże zanieczyszczeniami termicznymi – oczywiście w świetle pomiarów temperatury wód powierzchniowo go alimentujących – nie znajduje pełnego odzwierciedlenia w średniej rocznej temperaturze wód limnicznych, może wskazywać na rolę odpływu podziemnego ze zbiornika jako potencjalnego nośnika odprowadzanego ciepła. Jest to tym bardziej realne, że w Dzierżnie Dużym w przeważającej części roku – a nie tylko na przełomie wiosny i lata, co jest charakterystyczne dla zdecydowanej większości jezior i zbiorników wodnych (Tomik, 1969; Cyberska, 1984) – następuje obniżenie temperatury wód odpływających, co redukuje niejako podwyższoną ciepłotę wód dopływu.

Warunki termiczne zbiorników poeksploatacyjnych (Pogoria I, Rogoźnik) oraz zaporowych (Kozłowa Góra, Przeczyce), cechujących się niewielkimi głębokościami, wykazują podobne tendencje (zmiennosc) w odniesieniu do przebiegu ich kształtowania, aczkolwiek obraz termiczny będący ich pochodną jest zupełnie odmienny, czego przejawem (przykładowo) są częstsze i dłużej trwające układy homotermiczne (rys. 46).

Dane zawarte w literaturze (Kostecki, 1977; Rzętała M., 1996a) oraz powyższe porównania dowodzą, iż wpływ antropopresji na przebieg procesów termicznych w sztucznych zbiornikach wodnych Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży jest niewielki, ich zmienność i uwarunkowania są bowiem analogiczne do jezior mających dobrze rozpoznane warunki termiczne (Paśławski, 1969; Kowalska, 1972; Mikulski, Okulanis, 1974; Grześ, 1976; Jędrasik, 1985). Wyraźne zaburzenia typowych procesów termicznej ewolucji wód limnicznych są możliwe do jednoznacznego stwierdzenia tylko w nielicznych zbiornikach obciążonych zanieczyszczeniami termicznymi lub o sztucznie wymuszonym ustroju dynamicznym (Faraś, Lange, Odoj, 1979; Drwał, Lange, 1991; Faraś-Ostrowska, Lange, 1992; Kuczera, 1992).

W wyniku przeprowadzonej analizy ustalono, że dynamika zmian natlenienia zbiornika Dzierżno Duże nawiązuje do przebiegu procesów cyrkulacyjnych masy wodnej, modyfikowanych obecnością dużej ilości zanieczyszczeń utożsamianych z występowaniem procesów eutrofizacyjnych. Uwarunkowania powodują, że nasycenie wody tlenem jest w większości przypadków deficytowe, a w okresie letnim powstaje wyraźna stratyfikacja tlenowa charakteryzująca się: stanami przesylenia i znacznymi wahaniami dobowymi jego zawartości w epilimnionie, występowaniem na niewielkiej głębokości oksykliny o dużych gradientach oraz deficytowym natlenieniem wód hypolimnionu. Z przeglądu literatury



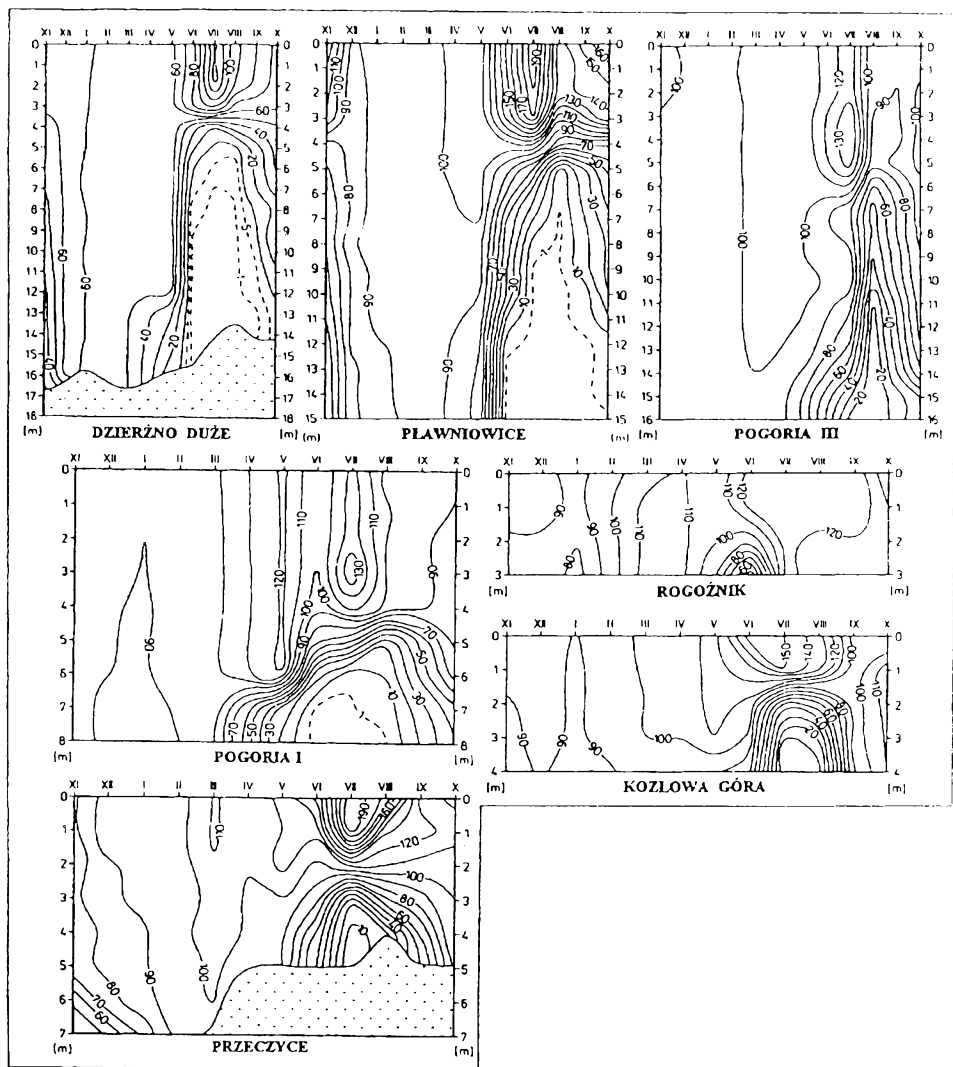
Rys. 46. Zmiany temperatury wody [°C] w wybranych zbiornikach antropogenicznych Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży w okresie od marca 1994 roku do października 1995 roku

Fig. 46. Changes in water temperature [°C] of selected anthropogenic water reservoirs of Silesian Upland and its borders in the period from March 1994 till October 1995

wynika (np. Kosteccki, 1977; Marszalewski, 1997), że są to typowe cechy dla jezior i zbiorników wodnych o zaawansowanym stadium rozwoju procesów eutrofizacyjnych.

W porównywalnym pod względem głębokości i kształtu misy zbiorniku eksploatacyjnym Pławniowice natlenienie wody jest zdecydowanie korzystniejsze, mimo że w okresie letnim również występuje stratyfikacja tlenowa, której 137

wyrazem jest stan silnego przesylenia wód epilimnionu, równie wyraźna oksykлина oraz występowanie deficytów tlenowych w hypolimnionie (rys. 47). Należy stwierdzić, że okres ich występowania, a także miąższość warstwy wody pozbawionej tlenu cechuje duże podobieństwo, a przetlenieniu wody w epilimnionie towarzyszy jednoczesny zanik tlenu w hypolimnionie, co w kontekście opracowania W. Marszelewskiego (1997) świadczy o niezwykle dynamicznym rozwoju procesów eutrofizacyjnych powierzchniowej warstwy wody. Można



Rys. 47. Zmiany natlenienia wody [% O₂] w wybranych zbiornikach antropogenicznych Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży w roku hydrologicznym 1995

Fig. 47. Changes in water oxygenation [% O₂] in selected artificial water reservoirs of Silesian Upland and its borders in hydrological year 1995

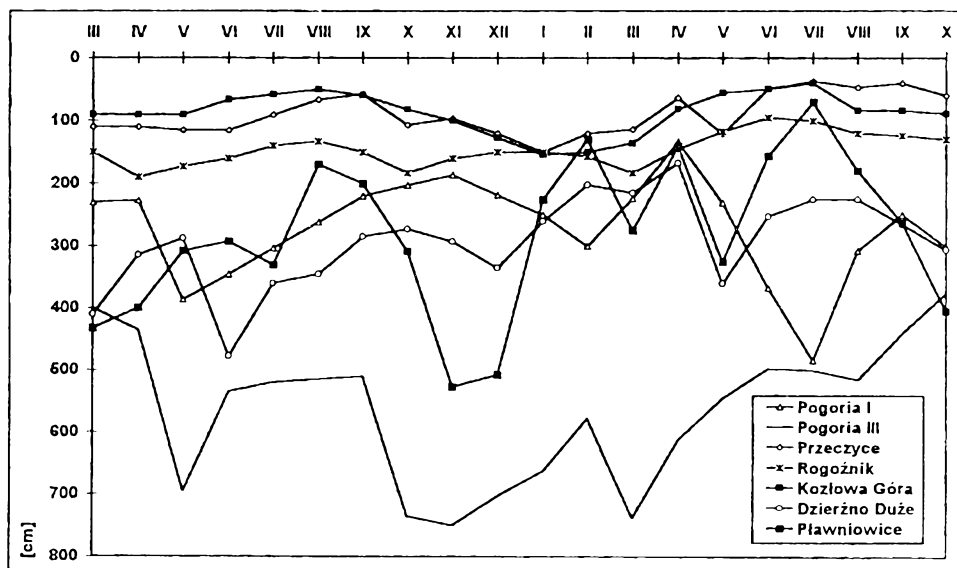
je utożsamiać z masowym rozwojem fitoplanktonu, utrudniającym przenikanie promieni świetlnych mogących w drodze fotosyntezy wzbogacić w tlen niższe zalegające warstwy wody. Zupełny zanik tlenu w wodach hypolimnionu występuje w zdecydowanej większości 64 jezior Pojezierza Mazurskiego, wytypowanych do badań przez W. Marszalewskiego (1997), najważniejszą przyczyną zaś tego zjawiska jest dostawa zanieczyszczeń antropogenicznych.

Więcej odrębności można wskazać, porównując Dzierżno Duże ze zbiornikami poeksploatacyjnymi: Pogoria III, Pogoria I i Rogoźnik (rys. 47). Natlenienie ich wód w okresie od jesieni do wiosny oscyluje w granicach nasycenia normalnego. W czasie letniej stratyfikacji przesylenie wód epilimnionu jest nieznaczne, oksyklinę cechują zdecydowanie niższe gradienty spadku natlenienia, deficyty tlenowe w hypolimnionie są dużo mniejsze i krócej trwające, a zupełny zanik tlenu nie występuje (Rogoźnik) lub występuje sporadycznie jedynie w wyrażnym głęboczku (Pogoria III) bądź w partiach przydennych (Pogoria I). Na uwagę zasługuje powolny – w odniesieniu do zbiorników Dzierżno Duże i Pławniowice – spadek zawartości tlenu w wodzie zalegającej poniżej oksykliny, co można uzasadnić rekompensowaniem jego zużycia (organizmy, utlenianie) w przebiegu procesów fotosyntezy zachodzących w czystej optycznie wodzie i w niewielkim stopniu zanieczyszczonej.

W zeutrofizowanych zbiornikach zaporowych (Kozłowa Góra, Przeczyce) w ciągu roku przeważa stan nasycenia normalnego (rys. 47), aczkolwiek w okresie występowania anoterminii zmiany natlenienia są analogiczne do tych, jakie stwierdzono w zbiorniku Dzierżno Duże. Ze względu na niewielką głębokość zdecydowanie płycej występuje oksykliną i mniejsza jest miąższość przesyconej tlenem przypowierzchniowej warstwy wody oraz warstwy wód przydennych o natlenieniu deficytowym lub zupełnie pozbawionych tlenu.

Przezroczystość wody zbiornika Dzierżno Duże – wyrażona średnią z comiesięcznych pomiarów wykonywanych we wszystkich profilach pionowych w okresie od marca 1994 roku do października 1995 roku – odpowiada wielkością (293 cm) poziomom występującym w niektórych obiektach hydrologicznych tego typu, leżących na terenie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży (rys. 48). Dla zbiorników Pogoria I i Pogoria III w Dąbrowie Górniczej – o niewspółmiernie mniejszej eutrofizacji – obliczone wartości kształtowały się odpowiednio na poziomie 271 cm i 563 cm, a woda silnie zeutrofizowanego zbiornika Pławniowice cechowała się przezroczystością rzędu 282 cm. W zbiorniku Rogoźnik, o głębokości maksymalnej 3,5 m, przezroczystość wody wynosiła średnio 146 cm.

Zdecydowanie mniejszą przezroczystość wody wykazują zeutrofizowane zbiorniki zaporowe (Przeczyce – 89 cm; Kozłowa Góra – 87 cm), które bardzo często są określane mianem typu stawowego (Leszczycki, Tokarski, 1970) z powodu niewielkich głębokości średnich. Zbliżoną przezroczystością wody w okresie od października 1986 roku do września 1987 roku, wynoszącą od 40 cm do 130 cm (Janowski, Kucze, 1992), charakteryzuje się zaporowy Zbiornik Rybnicki, również funkcjonujący w warunkach silnej antropopresji. 139



Rys. 48. Zmiany przezroczystości wody wybranych zbiorników antropogenicznych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach w okresie od marca 1994 roku do października 1995 roku

Fig. 48. Changes in water transparency of selected anthropogenic water reservoirs of Silesian Upland and its borders in the period from March 1994 till October 1995

Omawiane zbiorniki wodne cechują się przestrzennymi i czasowymi wahaniami (wskazującej na zasięg strefy świetlnej) przezroczystości wody, które – jak dowodzą prace limnologiczne (Paśla wski, 1969; Faraś-Ostrowska, Lange, 1981) – w zdecydowanie większym zakresie występują w zbiornikach naturalnych, a wynikają z odmienności oddziaływania jej naturalnych i antropogenicznych implikatorów.

A. Choński (1995) stwierdza, że najczęściej spotykana przezroczystość wody mieści się w zakresie od 0,5 m do 2,0 m, chociaż spotykane są wartości znacznie wykraczające poza podany zakres, co należy tłumaczyć odrębnościami, których wyrazem jest między innymi: różna ilość rozpuszczonych soli, stężenie zawiesiny, barwa wody oraz warunki oświetlenia. Przezroczystość wody zbiornika Dzierżno Duże – w odniesieniu do zestawionych przez A. Szczepańskiego (Choński, 1995) wartości średnich ustalonych na podstawie pomiarów tego parametru, przeprowadzonych w okresie letniej stagnacji w 88 jeziorach o różnych typach troficzności – jest znamieną dla jezior eutroficznych (2,7 m) i mieści się w zakresie najczęściej spotykanej przezroczystości wód (0,5–6,0 m) jezior nizinnych (Choński, 1995). Również zasięg strefy świetlnej w jeziorze (jednym z nielicznie pod tym względem opracowanych) Raduńskim Górnym – zdecydowanie większy niż wyznaczony fotometrycznie dla zbiornika Dzierżno Duże – wynosi przeciętnie 6–8 m (Faraś-Ostrowska Lange, 1981), odpowiadając niektórym jeziorom północnej Polski, będącym pod względem rozwoju troficznego na poziomie mezotrofii (Mikulski, 1973).

6

Wnioski

Poeksploatacyjno-zaporowy zbiornik Dzierżno Duże – pod względem retencji zaliczany do grupy największych antropogenicznych obiektów w Polsce – charakteryzuje się niewielką naturalną podatnością na degradację, a zły stan jakości wody jest przede wszystkim konsekwencją istnienia na terenie jego zlewni uciążliwych form antropopresji warunkujących dopływ zanieczyszczeń allochtonicznych. Ze złą jakością wody wiąże się zmiany charakteru eksploatacji zbiornika przez zastąpienie wielofunkcyjności typem użytkowania pozwalającym na korzystanie z wód silnie zanieczyszczonych.

Pozioma i pionowa wymiana wody w zbiorniku, wynikająca ze zmienności oddziaływania czynników naturalnych, jest determinowana wysokim stopniem antropogenizacji poszczególnych komponentów środowiska geograficznego zlewni, czego przejawem m.in. są:

- zaburzenie rytmu sezonowej zmienności dopływu i odpływu powierzchniowego wynikające z realizacji aktualnych założeń gospodarki wodnej, której pochodną są wahania stanów wody o amplitudzie dochodzącej do kilku metrów;
- wymuszona antropogenicznie w konsekwencji dynamicznych zmian powierzchni zbiornika zmienność bezwzględnej ilości (w m³) zasilania pluwialnego oraz parowania;
- uszczuplenie wielkości retencji w następstwie intensywnie zachodzących procesów filtracji wody ze zbiornika, czemu sprzyjają ograniczone możliwości kolmatacji dawnej misy eksploatacyjnej o paraboloidalnym kształcie;
- zmienność tempa całkowitej wymiany wody w zbiorniku implikowana sztucznie sterowanym jej obiegiem.

Nie powodując istotnych zmian klasy czystości wód powierzchniowych, zbiornik Dzierżno Duże odgrywa rolę reduktora stężeń i kumulatora ładunków (np. zawiesin i substancji wywołujących zasolenie), jednak istnieją przypadki (substancje biogenne), gdy jest on źródłem wtórnego zanieczyszczenia wody wskazującego na bliską lub będącą faktem utratę możliwości rozcieńczających i kumulacyjnych, co należy uznać za proces szczególnie groźny w odniesieniu do obecnej alimentacji wód podziemnych – utworów wodonośnych triasu i czwartorzędu – niskiej jakości wodami limnicznymi, a tym samym podważający zasadność tworzenia tego typu obiektów.

Zasolenie, zawartość metali ciężkich, obecność zanieczyszczeń organicznych, zaawansowana eutrofizacja oraz warunki tlenowe i zasięg strefy eufotycznej dokumentują postępującą kompleksową degradację geosystemu zbiornika (potwierdzoną również przebiegiem procesów termicznych), czyniąc jego wody w świetle stosowanych systemów oceny jakości wód – pozaklasowymi. Zasadności powyższego wniosku dowodzi względnie duża ilość zakumulowanego w zbiorniku materiału rumowiskowego, którego zanieczyszczenie w wielu wypadkach co najmniej kilkakrotnie przekracza poziomy uznawane za naturalne, dopuszczalne, a nawet obecnie spotykane. Akumulowany w zbiorniku materiał rumowiskowy jest w znacznym stopniu zanieczyszczony – co potwierdza chociażby zawartość metali ciężkich konwenująca z ilościami określonymi dla obszarów w różnym stopniu antropogenicznie przekształconych (Helios-Rybicka, Wardas, 1989; Chwojnicka, Pasierbska, Ponikowski, 1993; Klimek, 1995; Klimek, Niewdana, 1995) i przekraczająca wielokrotnie poziomy uznawane za naturalne, tzn. tło geochemiczne (Ciszewski, 1992; Sobczyński, Zerbe, Elbanowska, Siepak, 1997) – a ograniczona kolmatacja paraboloidalnej dawnej misy eksploatacyjnej nie stanowi bariery dla migracji niskiej jakości wód zbiornikowych.

Odrębność zbiornika Dzierżno Duże na tle jezior i innych zbiorników sztucznych przejawia się najwyższym stopniem antropogenizacji poszczególnych składowych bilansu wodnego oraz niestykanie rzadko spotykanym poziomem zanieczyszczenia. Stwarza to możliwość prognozowania przebiegu procesów degradacji jakości wód limnicznych w obiektach funkcjonujących obecnie w warunkach nieporównywalnie mniejszego przeobrażenia środowiska.

Literatura

- Absalon D., Kańok J., Leśniok M., 1996: *Charakterystyka wybranych elementów meteorologicznych i hydrologicznych w wieloleciu 1961–1990*. W: *Tendencje zmian obiegu wody w zlewni górnej Odry*. WNoZ UŚ. Sosnowiec, s. 22–58.
- Absalon D., Czaja S., Jankowski A.T., Kańok J., Leśniok M., 1996: *Tendencje zmian obiegu wody*. W: *Tendencje zmian obiegu wody w zlewni górnej Odry*. WNoZ UŚ. Sosnowiec, s. 59–125.
- Absalon D., Jankowski A. T., Leśniok M., Wika S., 1995: *Komentarz do „Mapy zoologicznej Polski w skali 1:50 000. Arkusz M-34-50-C (Pyskowice)”*. Główny Geodeta Kraju. Warszawa. Przedsiębiorstwo „GEPOL”. Poznań.
- Adamczewska M., 1992: *Oznaczanie zawartości azotu azotynowego w wodzie metodą spektrofotometryczną*. W: Siepak J. (red.): *Fizyczno-chemiczna analiza wód i gruntów*. UAM. Poznań, s. 90–94.
- Atlas jakości powierzchniowych wód płynących na obszarze działania Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Katowicach w 1994 roku*. 1995. RZGW. Katowice, s. 30.
- Atlas województwa katowickiego*. 1971: ŚIN w Katowicach. PPWK. Warszawa, s. 16.
- Babiński, 1997: *Procesy erozyjno-akumulacyjne poniżej stopnia wodnego Włocławek, ich konsekwencje i wpływ na morfodynamikę planowanego zbiornika Nieszawa*. IGiPZ PAN. Toruń, s. 46.
- Babiński Z., Grześ M., 1995: *Monografia hydrologiczna zbiornika stopnia wodnego Włocławek*. W: „Zeszyty Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN”. Nr 30. IGiPZ PAN. Warszawa, s. 79.
- Babiński Z., Banach M., 1992: *Wpływ sztucznego zbiornika na Wiśle we Włocławku na przebieg procesów fluwialnych i stokowych*. W: Kotarba A. (red.): *System denudacyjny Polski*. Prace Geograficzne, nr 155. IGiPZ PAN, Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków, s. 69–83.
- Babiński Z., Banach M., Glazik R., 1993: *Zmiany środowiska geograficznego w otoczeniu zbiornika włocławskiego i ich znaczenie dla zagospodarowania doliny Wisły*. W: Churski Z. (red.): *Uwarunkowania przyrodnicze i społeczno-ekonomiczne zagospodarowania doliny Wisły*. IG UMK. Toruń, s. 123–141.
- Bajkiewicz-Grabowska E., 1985: *Struktura fizyczno-geograficzna zlewni jako podstawa oceny dostawy materii biogennej do jezior*. W: „Prace i Studia Geograficzne”. T. 7. UW. Warszawa, s. 65–89.

- Bajkiewicz-Grabowska E., 1987: *Ocena naturalnej podatności jezior na degradację i rola zlewni w tym procesie*. Wiadomości Ekologiczne. T. 33, z. 3 [IE PAN, PWN, Warszawa], s. 279–289.
- Bajkiewicz-Grabowska E., 1990: *Stopień naturalnej podatności jezior na eutrofizację na przykładzie wybranych jezior Polski*. Gospodarka Wodna, nr 12 [Wydawnictwo Sigma-NOT, Warszawa], s. 270–272.
- Bajkiewicz-Grabowska E., Malczyk M., 1988: *Propozycja oceny naturalnego i antropogenicznego zagrożenia jezior eutrofizacją na przykładzie kilku jezior Pojezierza Gostyńskiego*. W: Churski Z. (red.): *Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior i mokradel w Polsce. Materiały Konferencji Komisji Hydrograficznej PTG w Bachotku*. UMK, Toruń, s. 172–181.
- Bajkiewicz-Grabowska E., Hillbricht-Ilkowska A., Zdanowski B., 1992: *Ocena podatności na degradację, stan czystości wód i tempa eutrofizacji jezior*. W: Zdanowski B. (red.): *Jeziora Wigierskiego Parku Narodowego. Stan eutrofizacji i kierunki ochrony*. Komitet Naukowy przy Prezydium PAN „Człowiek i środowisko”, Zakład Narodowy Imienia Ossolińskich – Wydawnictwo PAN, Wrocław-Warszawa-Kraków, s. 163–190.
- Bajkiewicz-Grabowska E., Magnuszewski A., Mikulski Z., 1993: *Hydrometria*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 313.
- Banach M., 1992: *Wybrane cechy hydrologiczne zbiornika Orawa i jego osady dennie*. Przegląd Geograficzny. T. 64, z. 3–4 [IGiPZ PAN, PWN, Warszawa], s. 326–339.
- Banach M., 1993: *Sedymentacja w zbiorniku Włocławek a wyrównywanie linii brzegowej*. Czasopismo Geograficzne. T. 64, z. 3–4 [PTG, Wrocław], s. 285–306.
- Banach M., 1993a: *Degradacja brzegów zbiornika Włocławek*. Przegląd Geograficzny. T. 65, z. 1–2 [IGiPZ PAN, PWN, Warszawa], s. 111–135.
- Banach M., Głazik R., 1971: *Uwagi o zimowej termice zbiornika wodnego na Wiśle pod Włocławkiem i wybranych jezior w dolinie Wisły*. Czasopismo Geograficzne. T. 43, z. 1–2 [PTG, Wrocław], s. 117–125.
- Białożył K., 1995: *Próby wykorzystania metod geoelektrycznych do obserwacji rozchodzenia się zanieczyszczeń w wodach gruntowych*. Maszynopis. Katedra Geologii Stosowanej UŚ, Sosnowiec, s. 78.
- Biernat S., 1964: *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. Arkusz Pyszkowice (M 34-50 C). 1:50 000*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, s. 43.
- Biernat S., 1968: *Wpływ denudacji na zbiorniki retencyjne*. Kwartalnik Geologiczny. T. 12, z. 4 [Instytut Geologiczny, Wydawnictwa Geologiczne], Warszawa.
- Biernat T., Ciupa T., 1992: *Denudacja mechaniczna i chemiczna w zlewniach wyżynnych środkowej Polski*. W: Kotarba A. (red.): *System denudacyjny Polski*. Prace Geograficzne, nr 155. IGiPZ PAN, Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo PAN, Wrocław-Warszawa-Kraków, s. 133–148.
- Boczarow M. K., 1976: *Metody statystyki w geografii*. PWN, Warszawa, s. 358.
- Boguslavskij B. B., 1960: *Ozerovedenie*. Izd. Moskovskogo Universiteta, Moskwa, s. 335.
- Bombówna M., 1991: *Chemia wód powierzchniowych*. W: Dynowska I., Maciejewski M. (red.): *Dorzecze Górnej Wisły*. Cz. 2. PWN, Warszawa-Kraków, s. 9–26.
- Born A., 1948: *Regulacja Odry i rozbudowa urządzeń technicznych*. W: Grodka A., Kiełczewska-Zaleska M., Zierhoffer A. (red.): *Monografia Odry*. Instytut Zachodni, Poznań, s. 419–553.

- Borowiak D., 1996: *Ocena warunków obiegu wody w zlewni jeziornej w świetle zmian reżimu wodnego jezior zlewni górnej Raduni*. Czasopismo Geograficzne. T. 67, z. 1 [PTG. Wrocław], s. 71–79.
- Borowiak D., 1997: *Wahania poziomu jezior polskich w latach 1961–1995*. W: Choński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”*. Poznań, 2 grudnia 1997 r. UAM, Wydawnictwo HOMINI. Poznań–Bydgoszcz, s. 9–17.
- Borowska M., Dyduch B., 1995: *Zmiany stężeń zanieczyszczeń powietrza w Katowicach w latach 1989–1994*. W: *VIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”*. Łódź, 14–16 IX 1995 r. Wydawnictwo UŁ. Łódź, s. 22–24.
- Bucka H., 1993: *Fitoplankton w zbiornikach zaporowych*. W: Dynowska I., Maciejewski M. (red.): *Dorzecze Górnej Wisły*. Cz. 2. PWN. Warszawa–Kraków, s. 51–59.
- Bukowy S., 1974: *Monoklina Śląsko-Krakowska i zapadlisko górnośląskie*. W: Pożaryski W. (red.): *Budowa geologiczna Polski*. T. 4, cz. 1: *Tektonika*. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa, s. 363–375.
- Burchard J., 1989: *Chemizm opadów atmosferycznych, wód powierzchniowych i podziemnych*. *Konferencja naukowa*. Czasopismo Geograficzne. T. 60, z. 2. PTG. Wrocław. s. 237–239.
- Burchard J., Hereźniak-Ciotowa U., Kaca W., 1990: *Metody badań i ocena jakości wód powierzchniowych i podziemnych*. UŁ. Łódź, s. 250.
- Celiński F., Czylok A., Kubajak A., 1996: *Przewodnik przyrodniczy po Dąbrowie Górniczej*. Wydawnictwo Planta. Krzeszowice, s. 72.
- Celiński F., Szczypek T., Wika S., 1991: *Waloryzacja szaty leśnej województwa katowickiego na tle przeobrażeń niektórych elementów środowiska geograficznego*. W: *Zmiany środowiska geograficznego w warunkach silnej antropopresji (wybrane zagadnienia)*. Cz. 3. WNoZ UŚ, Fundacja Ekologiczna „Silesia”. Sosnowiec, s. 1–43.
- Chaber M., Krogulski K., 1993: *Wody kopalniane w dorzeczu Odry*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 232. Inżynieria Środowiska. 3. AR. Wrocław, s. 201–209.
- Charakterystyka klimatologiczna województwa katowickiego*. 1992: ZMiBS IMiGW. Oddz. Katowice, Katowice.
- Chelmiński W., 1990: *Antropogeniczne zmiany zwierciadła wód gruntowych w Polsce*. *Przegląd Geograficzny*. T. 62, z. 1–2 [IGiPZ PAN, PWN. Warszawa], s. 75–94.
- Chmiel S., 1992: *Torfowisko – chemiczny filtr oczyszczający wodę*. W: *V Konferencja Naukowa „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”*. – Łódź, 17–19 IX 1992 r. Wydawnictwo UŁ. Łódź, s. 58–59.
- Chmura J., 1985: *Próba opracowania modelu matematycznego zmian stężenia zawiesiny zbiornika wodnego w terenach przemysłowych*. W: „Folia Geographica. Series Geographica-Physica”. T. 17. KNG PAN – Oddz. w Krakowie, Zakład Narodowy Imienia Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk–Łódź, s. 93–119.
- Choński A., 1994: *Współczesne tendencje zmian powierzchni jezior polskich*. W: Tomaszewski J. T. (red.): *Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Hydrograficznej „Problemy hydrologii regionalnej”*. Karpacz, 26–28 września 1994 r. UW, Oddział Wrocławski PTG. Wrocław, s. 143–148.

- Choiński A., 1995: *Zarys limnologii fizycznej Polski*. UAM. Poznań, s. 298.
- Choiński A. (red.), 1997: *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”*. Poznań, 2 grudnia 1997 r. UAM, Wydawnictwo HOMINI, Poznań-Bydgoszcz, s. 168.
- Choiński A., Kanikowski J., 1995: *Jezioro Zamkowe jako przykład potencjalnego źródła energii cieplnej*. W: Babiński Z., Szupryczyński J. (red.): *44 Zjazd PTG „Człowiek a środowisko” – referaty i postery*. Toruń, 24–27 sierpnia 1995 r. Oddz. Toruński PTG, UMK, PAN. Toruń, s. 89–91.
- Chomiak T., Cyberski J., Mikulski Z., 1969: *Akumulacja rumowiska w zbiornikach retencyjnych*. W: „Prace PIHM”. Z. 96. PIHM, WKiŁ. Warszawa, s. 3–20.
- Churski Z. (red.), 1988: *Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior i mokradel w Polsce*. W: *Materiały Konferencji Komisji Hydrograficznej PTG w Bachotku*. UMK. Toruń, s. 277.
- Chwojnicka M., Pasierbska D., Ponikowski A., 1993: *Kumulacja metali ciężkich w środowisku wodnym środkowej Odry*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 232. Inżynieria Środowiska. 3. AR. Wrocław, s. 119–127.
- Ciszewski D., 1992: *Monitoring metali ciężkich w osadach rzecznych*. Aura, nr 5 [Wydawnictwo Sigma-NOT. Kraków], s. 8–9.
- Cyberska B., 1984: *Oddziaływanie zbiorników retencyjnych na reżim termiczny rzek*. *Czasopismo Geograficzne*. T. 55, z. 3 [PTG. Wrocław], s. 345–354.
- Cyberski J., 1969: *Sedymentacja rumowiska w zbiorniku Rożnowskim*. W: „Prace PIHM”. Z. 96. PIHM, WKiŁ. Warszawa, s. 21–41.
- Cyberski J., 1984: *Zjawiska akumulacyjno-erozyjne w rzekach objętych oddziaływaniem budowli piętrzących*. *Czasopismo Geograficzne*. T. 55, z. 3 [PTG. Wrocław], s. 355–363.
- Cyberski J., 1984a: *Wstępne wiadomości o zbiornikach retencyjnych w Polsce*. *Czasopismo Geograficzne*. T. 55, z. 3 [PTG. Wrocław], s. 289–300.
- Czaban S., 1993: *Problemy utylizacji słonych wód kopalnianych*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 232. Inżynieria Środowiska. 3. AR. Wrocław, s. 235–242.
- Czaban S., Sura R., 1993: *Wpływ zbiorników retencyjnych na przepływy i zasolenie Odry w przekroju Głogów*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 232. Inżynieria Środowiska. 3. AR. Wrocław, s. 227–234.
- Czaja S., Jankowski A. T., 1988: *Czasowo-przestrzenne zmiany występowania podtopień terenu oraz antropogenicznych zbiorników wodnych na obszarze węglębnej eksploatacji górniczej województwa katowickiego*. W: Churski Z. (red.): *Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior i mokradel w Polsce*. *Materiały Konferencji Komisji Hydrograficznej PTG w Bachotku*. UMK. Toruń, s. 229–234.
- Czaja S., Jankowski A. T., 1990: *Zastosowanie modelu wahań w czasie do oceny antropogenicznych zmian odpływu rzek województwa katowickiego w dwudziestolecie 1961–1980*. W: „Geographia, Studia et Dissertationes”. T. 13. Red. J. Trembaczowski. Wydawnictwo UŚ, Katowice, s. 7–23.
- Czaja S., Jankowski A. T., 1991: *Udział wód kopalnianych w odpływie rzek województwa katowickiego w latach 1985–1987*. W: Jankowski A. T. (red.): *Materiały Konferencji Hydrograficznej „Przeobrażenia stosunków wodnych na obszarach silnej antropopresji”*. [B. w.]. Sosnowiec, s. 145–156.

- Czaja S., Radosz J., 1993: *Sezonowy i roczny rozkład opadów śladowych w regionie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego w latach 1961–1985*. W: „Geographia, Studia et Dissertationes”. T. 18. Red. T. Szczypek. Wydawnictwo UŚ. Katowice, s. 9–29.
- Czamara A., Czamara W., 1993: *Wpływ czynników antropogenicznych na niejednorodność hydrologicznych i hydrogeologicznych ciągów pomiarowych w dorzeczu górnej Odry*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 232. Inżynieria Środowiska. 3. AR. Wrocław, s. 55–63.
- Czamara W., Mokwa M., 1993: *Charakterystyka warunków ruchu rumowiska wleczzonego w środkowym biegu rzeki Odry*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 233. Inżynieria Środowiska. 4. AR. Wrocław, s. 85–93.
- Czamara W., Radczuk L., Urbański I., 1993: *Mała retencja w dorzeczu górnej i środkowej Odry*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 233. Inżynieria Środowiska. 4. AR. Wrocław, s. 123–139.
- Dawidowicz P., Gliwicz M. Z., 1987: *„Biomaniipulacja”. III. Rola bezpośrednich i pośrednich zależności pomiędzy fitoplanktonem i zooplanktonem*. W: *Wiadomości Ekologiczne*. T. 33, z. 3 [Instytut Ekologii PAN, PWN. Warszawa], s. 259–277.
- Dąbkowski L. Sz., 1994: *Optymalne użytkowanie rolnicze gruntów w zlewni rzecznej z punktu widzenia strategii ochrony wód śródlądowych*. W: *Zalewski M. (red.): Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych*. [B. w.]. Łódź, s. 35–41.
- Dobrowolski A., Fal B., 1995: *Rozpoznanie stosunków wodnych w zlewni zbiornika jako czynnika rzutującego na program rekultywacji*. W: *Zalewski M. (red.): Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. [B. w.]. Łódź, s. 53–60.
- Dobrzański B., Uziak S., 1972. *Rozpoznanie i analiza gleb*. PWN. Warszawa.
- Dojlido J., 1987: *Chemia wody*. Arkady. Warszawa, s. 350.
- Drobek W., Heffner K., 1982: *Zbiornik Racibórz w systemie gospodarczego wykorzystania Odry*. W: „Zeszyty Odrzańskie”, 11. Wydawnictwo Instytutu Śląskiego, Opole, s. 147.
- Drwal J., Lange W., 1991: *Wpływ elektrowni szczytowo-pompowej na zmiany cech limnologicznych Jeziora Żarnowieckiego*. *Przegląd Geograficzny*. T. 63, z. 1–2 [IGiPZ PAN, PWN. Warszawa], s. 77–98.
- Drwal J., Lange W., Kurowska K., 1976: *Znaczenie retencji w bilansie wodnym obszarów bezodpływowych terenów młodoglacjalnych*. W: „Zeszyty Naukowe Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UG”. *Geografia*, nr 6. UG. Gdańsk, s. 57–66.
- Dwucet K., Krajewski W., Wach J., 1992: *Rekultywacja i rewaloryzacja środowiska przyrodniczego*. Wydawnictwo UŚ, Katowice, s. 150.
- Dynowska I., 1984: *Zmiana reżimu odpływu w wyniku oddziaływania zbiorników retencyjnych*. *Czasopismo Geograficzne*. T. 55, z. 3 [PTG. Wrocław], s. 301–316.
- Dynowska I. (red.), 1993: *Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych*. [B. w.]. Kraków, s. 468.
- Dynowska I., Dynowski J., 1982: *Ćwiczenia z hydrografii dla geografów*. Wyd. 4. UJ. Kraków, s. 107.

- Dynowski J., Gołdyń J., 1973: *Analiza chemiczna wód. Skrypt dla geografów*. UJ. Kraków, s. 159.
- Dynus-Angiel J., 1979: *Intensywność wymiany wody w jeziorach przepływowych Górnej Słupii*. Przegląd Geofizyczny. R. 24 (32), z. 3-4 [PTG, PWN. Warszawa-Łódź], s. 349-357.
- Elbanowska H., Gramowska H., 1992: *Oznaczanie zawartości azotu amonowego w wodzie metodami: potencjometryczną i spektrofotometryczną*. W: Siepak J. (red.): *Fizyczno-chemiczna analiza wód i gruntów*. UAM. Poznań, s. 83-89.
- Fal B., 1965: *Transport rumowiska unoszonego i rozpuszczonego na środkowej Wiśle oraz próba ustalenia ogólnej masy transportu w rejonie Warszawy*. W: „Prace PIHM”, z. 88. PIHM, WKiŁ. Warszawa, s. 83-92.
- Faraś-Ostrowska B., Lange W., 1981: *Zjawiska optyczne w wodzie Jeziora Raduńskiego Górnego*. W: „Zeszyty Naukowe Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UG. Geografia”. Nr 12. UG. Gdańsk, s. 75-95.
- Faraś-Ostrowska B., Lange W., 1992: *Zmiany cech fizyczno-limnologicznych jeziora Żarnowieckiego po uruchomieniu elektrowni szczytowo-pompowej*. W: „Zeszyty Naukowe Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi. Geografia”. Nr 18. UG. Gdańsk, s. 79-96.
- Faraś B., Lange W., Odoj M., 1979: *Wpływ elektrowni pompowej w Żydowie na zmiany w środowisku przyrodniczym jezior Kamiennie i Kwiecko*. W: „Zeszyty Naukowe Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi. Geografia”. Nr 9. UG, Gdańsk, s. 125-135.
- Galicka W., 1990: *Bilans azotu i fosforu całkowitego Zbiornika Sulejowskiego w latach 1977-1987*. W: Kajak Z. (red.): *Funkcjonowanie ekosystemów wodnych, ich ochrona i rekultywacja*. Cz. 1: *Ekologia zbiorników zaporowych i rzek*. Wydawnictwo SGGW-AR. Warszawa, s. 238-245.
- Galicka W., 1996: *Limnologiczna charakterystyka nizinnego zbiornika zaporowego na Pilicy w latach 1981-1993*. Wydawnictwo UŁ. Łódź, s. 142.
- Galicka W., Drożdżyk A., 1994: *Bilans nutrientów Zbiornika Sulejowskiego*. W: *VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”*. Łódź, 15-17 IX 1994 r. Wydawnictwo UŁ. Łódź. s. 48-50.
- Galicka W., Drożdżyk A., Korczyńska A., 1994: *Bilans nutrientów zbiorników zaporowych i jezior*. W: Zalewski M. (red.): *Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych*. [B. w.]. Łódź, s. 125-135.
- Galicka W., Penczak T., Marszał L., Zaczyński A., Koszaliński H., 1994: *Ocena jakości wód Warty powyżej i poniżej zbiornika Jezioro w latach 1985-1992*. W: *VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”*. Łódź, 15-17 IX 1994 r. Wydawnictwo UŁ. Łódź, s. 47-47.
- Giercuskiewicz-Bajtlik M., 1990: *Prognozowanie zmian jakości wód stojących*. Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa, s. 69.
- Giercuskiewicz-Bajtlik M., Wojtowicz J., 1993: *Program ochrony zbiorników zaporowych w zlewni rzeki Odry*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26-28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 233. Inżynieria Środowiska. 4. AR. Wrocław, s. 159-164.

- Giercuskiewicz-Bajtlik M., Szeligiewicz W., Uchmański J., Zadarowska A., 1991: *Modele matematyczne prognozowania zmian jakości wód jezior sprawdzone dla warunków Polski*. Gospodarka Wodna, nr 5 [Wydawnictwo Sigma-NOT. Warszawa], s. 102–107.
- Gierszewski P., 1995: *Charakterystyka hydrochemiczna zlewni zachodniej części Kotliny Płockiej*. W: Babiński Z., Szupryczyński J. (red.): 44 Zjazd PTG „Człowiek a środowisko”. Referaty i postery. Toruń, 24–27 sierpnia 1995 r. Oddz. Toruński PTG, IGUMK, ZGiHN, IGiPZ PAN. Toruń, s. 96–99.
- Gierszewski P., 1997: *Transformacja cech hydrochemicznych wód jeziornych na przykładzie wybranych jezior Kotliny Płockiej*. W: 46 Zjazd Polskiego Towarzystwa Geograficznego „Przyrodnicze i społeczne walory Mazowsza w dobie restrukturyzacji.” Wystąpienia. Rynia nad Zalewem Zegrzyńskim, 18–21 września 1997 r. Oddz. Akademicki PTG, IGiPZ PAN, WGiSR UW. Rynia–Warszawa, s. 109–113.
- Gierszewski P., Marszelewski W., Szczepanik W., 1994: *Wpływ antropopresji na degradację wody w Jeziorze Więcborskim (Poj. Krajeńskie)*. Przegląd Geograficzny. T. 66, z. 1–2 [IGiPZ PAN, PWN. Warszawa], s. 87–101.
- Głazik R., 1978: *Wpływ zbiornika wodnego na Wiśle we Włocławku na zmiany stosunków wodnych w dolinie*. Dokumentacja Geograficzna, z. 2–3 [IGiPZ PAN. Warszawa], s. 119.
- Głazik R., 1995: *Obieg wody w obszarze depresyjnym zbiornika Włocławek*. W: „Kaskada”. Nr 1–2. Fundacja „Kaskada Dolnej Wisły”. Włocławek, s. 8–10.
- Głazik R., 1995a: *Spiętrzenie Wisły, morfometria i hydrologia zbiornika*. W: Szupryczyński J. (red.): *Hydrologiczne i geomorfologiczne problemy zbiornika Włocławek*. 44 Zjazd PTG „Człowiek a środowisko” – przewodnik wycieczki nr 1. Toruń 24–27 sierpnia 1995 r. Oddz. Toruński PTG, IGUMK, ZGiHN, IGiPZ PAN. Toruń, s. 9–13.
- Głodek J., 1985: *Jeziora zaporowe świata*. PWN. Warszawa, s. 174.
- Gołębiewski R., 1993: *Skład chemiczny wód jeziornych*. W: Lange W. (red.): *Metody badań fizyczno-limnologicznych*. Wydawnictwo UG. Gdańsk, s. 109–135.
- Goszcz A., 1993: *Wpływ eksploatacji węgla w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym na środowisko*. Przegląd Geologiczny. T. 41, nr 7 [Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa], s. 473–481.
- Gregorczyk M., Iwaszenko A., 1982: *Rozkład zanieczyszczeń atmosfery w środkowej części GOP w latach 1975–1978*. Czasopismo Geograficzne. T. 53, z. 2 [PTG. Wrocław], s. 131–147.
- Gregory S., 1976: *Metody statystyki w geografii*. PWN. Warszawa, s. 300.
- Grochulski J. (red.), 1980: *Monografia zbiornika wodnego Otmuchów*. WKiŁ. Warszawa, s. 120.
- Grzbiela Z. (red.), 1977: *Badania zmian jakości wody zachodzących w zbiornikach wodnych zaopatrujących w wodę GOP – wyciąg dotyczący zbiornika Dzierżno Duże*. Maszynopis. IKŚ – Oddział w Katowicach, Centrum Ochrony Środowiska, Zakład Ochrony i Użytkowania Wód. Katowice, s. 260.
- Grzbiela Z., Kudela W., 1972: *Jakość wody w zbiorniku Dzierżno Duże w okresie jego napelniania*. Maszynopis. Materiały Badawcze Instytutu Gospodarki Wodnej. Seria Specjalna nr 6. IGW. Warszawa.
- Grześ M., 1976: *Krótkookresowe zmiany temperatury wód jeziornych i stabilności masy wodnej w świetle punktowych pomiarów na jeziorze Gopło*. Przegląd Geograficzny. T. 48, z. 3 [IGiPZ PAN, PWN. Warszawa], s. 435–456.

- Gutry-Korycka M., Bajkiewicz-Grabowska E., 1981: *Rola jezior w naturalnym drenażu podziemnym*. Przegląd Geofizyczny. T. 26, z. 3 [PTG, Warszawa], s. 171–179.
- Haber Z., Urbański P., 1994: *Ekologiczny problem polskiego zagłębia miedziowego – Żelazny Most*. Aura, nr 9 [Wydawnictwo Sigma-NOT, Kraków], s. 6–7.
- Harper D., 1992: *Eutrophication of freshwaters*. Chapman Hall, London, s. 521.
- Heese T., 1997: *Wpływ introdukcji egzotycznych gatunków ryb na biocenozy polskich jezior*. W: Choiński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”*. Poznań, 2 grudnia 1997 r. UAM, Wydawnictwo HOMINI. Poznań–Bydgoszcz, s. 26–31.
- Helios-Rybicka E., Wardas M., 1989: *Metale ciężkie w dolinie Wisły i jej dopływów w rejonie Krakowa*. Przegląd Geologiczny, nr 6 [Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa], s. 327–329.
- Hennig J., Hennig I., Roszkowski A., 1991: *Zbiorniki retencyjne*. W: Dynowska I., Maciejewski M. (red.): *Dorzecze Górnej Wisły*. PWN, Warszawa–Kraków, s. 121–143.
- Hibszter A., 1993: *Zmienność elementów struktury zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego w centralnej części województwa katowickiego w latach 1980–1987*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 18. Red. T. Szczypek. Wydawnictwo UŚ. Katowice, s. 63–73.
- Hillbricht-Ilkowska A., Wiśniewski R. (red.), 1994: *Jeziora Suwalskiego Parku Krajobrazowego. Związki z krajobrazem, stan eutrofizacji i kierunki ochrony*. Zeszyty Naukowe, nr 7. Komitet Naukowy przy Prezydium PAN, Zakład Narodowy Imienia Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków, s. 281.
- Hutchinson G., E., 1975: *A treatise on limnology*. Vol. 1, Part 1: *Geography and Physics of Lakes*. A Wiley – Interscience Publication. New York–London–Sydney–Toronto, s. 540.
- Hutchinson G., E., 1975a: *A treatise on limnology*. Vol. 1, Part 2: *Chemistry of Lakes*. A Wiley – Interscience Publication. New York–London–Sydney–Toronto, s. 541–1015.
- Hyra J., 1981: *Zbiornik Goczałkowicki i jego rola w zaopatrzeniu GOP-u w wodę*. Maszynopis. Instytut Geografii UŚ. Sosnowiec, s. 133.
- Jackowski A., 1984: *Wpływ zbiorników retencyjnych na strukturę społeczno-gospodarczą ich otoczenia*. Czasopismo Geograficzne. T. 55, z. 3. PTG. Wrocław, s. 379–386.
- Jaguś A., 1997: *Procesy brzegowe w obrębie zbiornika Poraj*. Maszynopis. Katedra Geografii Fizycznej UŚ. Sosnowiec, s. 77.
- Jahn A., 1955: *Dolina Kłodnicy i stratygrafia utworów plejstocenijskich pod Gliwicami (Górny Śląsk)*. W: „Biuletyn IG”. Nr 97. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa, s. 311–335.
- Janda Z., Rzętała M., 1995: *Przestrzenna i sezonowa zmienność właściwości fizykochemicznych wód rzeki Czarnej Przemszy na odcinku od Siewierza do Przeczyc*. W: „Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach przemysłowych i zurbanizowanych”, nr 18. WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ. Katowice–Sosnowiec, s. 39–47.
- Janda Z., Rzętała M., 1996: *Zmiany zasolenia wód Kłodnicy w profilu Gliwice w latach 1980–1991*. W: „Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody

- na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych”, nr 23. WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ. Katowice–Sosnowiec, s. 5–13.
- Janiec B., 1992: *Tło hydrogeochemiczne i hydrochemiczne w interpretacji zanieczyszczeń wód podziemnych*. W: *V Konferencja Naukowa „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”*. Łódź, 17–19 IX 1992 r. Wydawnictwo UŁ. Łódź, s. 37–38.
- Janiec B., 1997: *Tło hydrochemiczne i/czy antropogeniczne zmiany jakości wód?* W: *X Jubileuszowa Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”*. Łódź, 24–26 IX 1997 r. Wydawnictwo UŁ. Łódź, s. 23–27.
- Jankowska H., 1985: *Znaczenie jezior w kształtowaniu się odpływu podziemnego w dorzeczu górnej Raduni*. W: „Zeszyty Naukowe Wydziału Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego”. Nr 14. UG. Gdańsk, s. 57–68.
- Jankowska K., 1982: *Wstępne wyniki badań składu chemicznego wód opadowych*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 6. Red. J. Trembaczowski. Wydawnictwo UŚ. Katowice, s. 114–133.
- Jankowska K., 1984: *Zanieczyszczenie atmosfery w centralnej części GOP-u*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 8. Red. J. Trembaczowski. Wydawnictwo UŚ, Katowice, s. 84–97.
- Jankowski A. T., 1982: *Próba określenia wpływu kierunku wiatru na stężenie SO₂ w powietrzu atmosferycznym miasta Gliwice*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 6. Red. J. Trembaczowski. Wydawnictwo UŚ. Katowice, s. 125–133.
- Jankowski A.T. (red.), 1991: *Konferencja Hydrograficzna „Przeobrażenia stosunków wodnych na obszarach silnej antropopresji”*. Sosnowiec, 16–18 września 1991 r. UŚ, Sekcja Hydrograficzna PTG. Fundacja Ekologiczna „Silesia”, Wydział Ekologii UW w Katowicach. Sosnowiec, s. 165.
- Jankowski A. T., 1995: *Z badań nad antropogenicznymi zbiornikami wodnymi na obszarze górnośląskim*. W: *Wybrane zagadnienia geograficzne. Pamięci geografów Uniwersytetu Śląskiego Józefa Szaflarskiego i Piotra Modrzejewskiego*. WNoZ UŚ, Oddz. Katowicki PTG. Sosnowiec, s. 12–18.
- Jankowski A.T., 1997: *The influence of water from hard-coal mines on the hydrochemical relations of Upper Silesian Coal Basin (USCB) rivers*. In: Maruszczak H., Starkel L. (ed.): *Anthropogenic impact on water conditions (Vistula and Oder River Basins)*. 68. Polish Academy of Sciences, Institute of Geography and Spatial Organization. Warszawa, s. 51–64.
- Jankowski A.T., Kuczera A., 1992: *Wpływ zrzutu wód podgrzanych na warunki termiczne, tlenowe i przezroczystość wody w Zbiorniku Rybnickim*. Wydawnictwo UŚ. Katowice, s. 79.
- Jankowski A.T., Rzętała M., 1997: *Zmiany ilościowo-jakościowe zbiorników wodnych w warunkach silnej antropopresji*. *Gospodarka Wodna*, nr 4 [Wydawnictwo Sigma-NOT. Warszawa], s. 117–120.
- Jankowski A.T., Rzętała M., 1997a: *Problemy wykorzystania retencji zbiornikowej w warunkach silnej antropopresji*. W: Choiński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”*. Poznań, 2 grudnia 1997 r. Wydawnictwo HOMI-NI. Poznań–Bydgoszcz, s. 37–42.
- Jankowski A.T., Szczypek T. (red.), 1995: *Materiały Sympozjum Polsko-Czeskiego „Przeobrażenia środowiska geograficznego w przygranicznej strefie górnoślą-*

- sko-ostrowskiego regionu przemysłowego". WNoZ UŚ, PK „CKKRW”. Sosnowiec, s. 149.
- Jankowski A. T., Wach J., 1980: *Uwagi o zbiornikach antropogenicznych na terenie GOP i jego obrzeżeniach*. W: *Przeobrażenia środowiska geograficznego w obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych. Materiały VII Sympozjum Polsko-Czechosłowackiego, Sosnowiec-Kozubnik, 4–6 XI 1980 r.* IG UŚ, Oddz. Katowicki PTG. Sosnowiec-Kozubnik, s. 65–76.
- Jankowski A. T., Wach J., 1988: *Komentarz do „Mapy hydrograficznej w skali 1:50 000, ark. Pyskowice”*. GUGiK. Warszawa, s. 17.
- Jankowski A. T., Wach J., 1988a: *Komentarz do „Mapy hydrograficznej w skali 1:50 000, ark. Gliwice”*. GUGiK, Warszawa, s. 22.
- Jankowski A. T., Zobek E., 1987: *Podtopienia terenu na obszarze woj. katowickiego (przyczyny występowania i metody przeciwdziałania)* W: *Problemy geograficzne górnośląsko-ostrowskiego regionu przemysłowego. Materiały sympozjum polsko-czechosłowackiego*. ODN IKN, WNoZ UŚ. Katowice–Sosnowiec, s. 42–48.
- Jankowski A. T., Rzętała M., Wach J., 1995: *Przewodność właściwa wody zbiorników antropogenicznych Wyżyny Śląskiej jako wskaźnik oddziaływania antropopresji*. W: Babiński Z., Szupryczyński J. (red.): *44 Zjazd PTG „Człowiek a środowisko”. Referaty i postery. Toruń 24–27 sierpnia 1995 r.* Oddz. Toruński PTG, IG UMK, ZGiHN, IGiPZ PAN. Toruń, s. 108–112.
- Jankowski J., 1981: *Możliwości zastosowania metod hydrochemicznych do oceny filtracji w podłożu i strefach przyczółków zapór (na przykładzie Przeczyc)*. W: *I Krajowa Konferencja Technicznej Kontroli Zapór*. Warszawa.
- Jankowski J., 1983: *Denudacja chemiczna na tle elementów środowiska fizyczno-geograficznego progu triasowego w Przeczycach*. Maszynopis. WNoZ UŚ, Sosnowiec.
- Janosz-Rajczyk M., 1993: *Wpływ Kanału Gliwickiego na stan sanitarny dzielnicy Łabędy*. W: *Konferencja „Ekologia miasta”. Referaty. Gliwice, 23–24 marca 1993 r.* Gliwice, s. 38–40.
- Jańczak J., 1997: *Degradacja i próba rekultywacji jeziora Jelonek w Gnieźnie*. W: Choiński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”. Poznań, 2 grudnia 1997 r.* Wydawnictwo HOMINI, Poznań–Bydgoszcz, s. 32–36.
- Jańczak J., Choiński A., 1988: *Wahania poziomów wybranych jezior Polski w latach 1956–1985*. W: Churski Z. (red.): *Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior i mokradel w Polsce. Materiały Konferencji Komisji Hydrograficznej PTG w Barchotku*. UMK. Toruń, s. 79–88.
- Jarząbek A., Wójcik D., 1992: *Badania eliminacji substancji pokarmowych w zbiornikach wodnych zlokalizowanych w rejonie Krakowa o zróżnicowanych powierzchniach i systemach przepływu wody*. W: *V Konferencja Naukowa „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”*. Łódź, 17–19 IX 1992 r. Wydawnictwo UŁ. Łódź, s. 57–58.
- Jaśko M., Kosakowski S., Rzętała M.A., 1997: *Zróżnicowanie występowania zbiorników wodnych na obszarze Płaskowyżu Rybnickiego*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. Nr 25. WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ. Katowice–Sosnowiec, s. 23–27.
- Jędrasik J., 1985: *Uwarunkowania cykli termicznych w jeziorach*. W: „Zeszyty Naukowe Wydziału Biologii, Geografii i Oceanologii UG. Geografia”. Nr 14. UG. Gdańsk, s. 45–56.

- Jędrzcak A., 1992: *Skład chemiczny wód pojezierza antropogenicznego w Łuku Mużakowskim*. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze. Zielona Góra, s. 139.
- Jodłowski A., 1995: *Problemy uzdatniania wód zeutrofizowanych do celów wodociągowych*. W: Zalewski M. (red.): *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOS, WIOS. Zakład Ekologii Stosowanej UŁ. Łódź, s. 203–220.
- Jones R. A., Lee G. F., 1986: *Eutrophication Modeling for Water Quality Management an Update of the Vollenweider OECD Model*. Water Quality Bulletin. Vol. 11. Nr 2, s. 67–74.
- Jurak D., 1968: *Próba określenia parowania rzeczywistego z powierzchni wody za pomocą pomiarów ewaporometrycznych*. W: „Prace PIHM”. Z. 94. PIHM, WKiŁ. Warszawa, s. 81–93.
- Jurak D., 1970: *Ocena wartości parowania z powierzchni wody w Polsce w okresie 1956–1965 na podstawie pomiarów bezpośrednich i obliczeń w oparciu o dane klimatologiczne*. W: „Prace PIHM”. Z. 99. PIHM, WKiŁ. Warszawa, s. 41–71.
- Jurak D., 1979: *Intensywność parowania z powierzchni wody w zależności od charakteru zbiornika wodnego*. W: „Prace IMiGW”. Nr 10. WKiŁ. Warszawa, s. 65–71.
- Jurak D., 1995: *Temperatura wód i parowanie w świetle przewidywanych zmian klimatu na przykładzie Zbiornika Sulejowskiego*. W: Zalewski M. (red.): *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. UŁ. Łódź, s. 231–238.
- Jureko L., 1969: *Przyczyny zanikania Jeziora Chełmżyńskiego w świetle bilansu jego zlewni*. W: „Prace PIHM”. Z. 96. WKiŁ. Warszawa, s. 93–105.
- Kajak Z., 1979: *Eutrofizacja jezior*. PWN. Warszawa, s. 233.
- Kajak Z., 1992: *Ekologiczne skutki zabudowy hydrotechnicznej i wykorzystania wód śródlądowych*. W: *XII Ogólnopolska Szkoła Hydrauliki. Międzyzdroje, 21–25.09.1992 r.*, s. 17–36.
- Kajak Z., 1995: *Eutrofizacja nizinnych zbiorników zaporowych*. W: Zalewski M. (red.): *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. UŁ. Łódź, s. 33–41.
- Kajetanowicz Z., 1948: *Hydrologia Odry*. W: Grodka A., Kiełczewska-Zaleska M., Zierhoffer A. (red.): *Monografia Odry*. Instytut Zachodni, Poznań, s. 215–267.
- Kamiński A., Ośródka L., 1992: *Przewidywane zmiany w klimacie lokalnym Kotliny Raciborskiej po wybudowaniu zbiornika wodnego Racibórz Górny*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes. T. 16. Red. J. Trembaczowski. Wydawnictwo UŚ, Katowice, s. 60–79.
- Kamiński B., Wróbel S., 1991: *Zanieczyszczenie wód*. W: Dynowska I., Maciejewski M. (red.): *Dorzecze Górnej Wisły. Cz. 2*. PWN. Warszawa – Kraków, s. 27–42.
- Kaniecki A., Marciniak M., Ziętkowiak Z., 1994: *Ekologiczne wymogi podpiętrzenia i regeneracji Jeziora Łęgowskiego*. W: Tomaszewski J. T. (red.): *Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Hydrograficznej „Problemy hydrologii regionalnej”. Karpacz, 26–28 września 1994 r.* IG UW, Oddział Wrocławski PTG. Wrocław, s. 149–155.
- Kaňok J., 1997: *Antropogenní ovlivnění velikosti průtoků řek povodí Odry po profil Kožle*. Spisy Přírodovědecké Fakulty Ostravské Univerzity, sv. č. 103. PřF, OU. Ostrava, s. 185.

- Kaňok J., Prášek J. (red.), 1997: *Zmeny geografického prostredí v pohraničných oblastiach Ostravského a Hornoslezského Regionu. Sborník referátu z mezinárodnej vedeckej konferencie, konanej vo dňoch 3–4 dubna 1997 v Ostrave*. Ostravská Univerzita, Univerzitet Śląski. Ostrava, s. 182.
- Karaś-Brzozowska C., Klimaszewski M. (red.), 1960: *Charakterystyka geomorfologiczna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. Biuletyn nr 37. PAN – Komitetas. GOP. Warszawa, s. 211.
- Kasza H., 1986: *The effect of the Goczałkowice dam reservoir on the hydrochemical conditions of the river Vistula below the dam (Southern Poland)*. W: *Acta Hydrobiol.*, nr 28, s. 83–97.
- Kasza H., 1986a: *Hydrochemical characteristics of the Wisła-Czarne reservoir (Southern Poland) in the period 1975–1984*. *Acta Hydrobiol.*, nr 28, s. 293–306.
- Kasza H., 1995: *Symptomy eutrofizacji a sukcesja ekologiczna w Goczałkowickim zbiorniku zaporowym*. W: Zalewski M. (red.): *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź, s. 143–153.
- Kelly H. D., Catchings E. D., Payne W. E., 1981: *Fish populations and water quality of an upland stream having two impoundments with coolwater releases*. W: *Amer. Fish. Soc. Warmwater Streams Symposium*, s. 168–181.
- Kentzer A., Giziński A., 1995: *Bilans i dynamika nutrientów w Zbiorniku Włocławskim*. W: Zalewski M. (red.): *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. UŁ. Łódź, s. 85–90.
- Klapper H., 1991: *Control of eutrophication in inland waters*. Ellis Horwood. New York–London–Toronto, s. 337.
- Kleczkowski A. S., 1973: *Ochrona wód*. W: Michajłow W. (red.): *Ochrona przyrodniczego środowiska człowieka*. PWN. Warszawa, s. 545–570.
- Klepacz J., Maniček J., 1997: *Zbiorniki wodne na terytorium czeskim w zlewni górnej Odry*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Zagrożenie powodziowe w zlewniach górskich” Bielsko-Biała 14–16 kwietnia 1997 r.* Bielsko Biała, s. 93–103.
- Klimek K., 1995: *Metale ciężkie w aluwjach Rudy (Górny Śląsk) jako wskaźnik rolniczej i przemysłowej antropopresji w ostatnich stuleciach*. W: *Materiały Sympozjum Polsko-Czeskiego „Przeobrażenia środowiska geograficznego w przygranicznej strefie górnośląsko-ostrowskiego regionu przemysłowego”*. WNoZ UŚ, PK „CKKRW”. Sosnowiec.
- Klimek K., Niewdana J., 1995: *Stanowisko-Bolesław: źródła zanieczyszczeń aluwiiów rzek Górnego Śląska metalami ciężkimi*. W: *III Zjazd Geomorfologów Polskich. 2. Przewodnik wycieczek*. WNoZ UŚ, Sosnowiec, s. 49–53.
- Kondracki J., 1978: *Geografia fizyczna Polski*. PWN. Warszawa, s. 463.
- Kondracki J., 1994: *Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne*. PWN. Warszawa, s. 340.
- Kosierb R., Bartosiewicz S., 1993: *Ocena możliwości redukcji odpływów rzeczynistych ze zbiornika Nysa podczas zaistniałych wezbrań powodziowych w aspekcie zastosowania napędu linowego segmentów*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 233. Inżynieria Środowiska. 4. AR. Wrocław, s. 197–203.
- Kostecki M., 1977: *Chemizm wody oraz podstawowe wskaźniki określające intensywność krążenia materii w zbiorniku zaporowym w Pławniowicach*. W: „Archiwum ochro-

- ny środowiska". Z. 3–4. IPIŚ PAN. Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk, s. 163–183.
- Kostecki M., 1978: *Dynamika przemian oraz wstępny bilans podstawowych form azotu i fosforu w zbiorniku zaporowym w Pławniowicach*. W: „Archiwum ochrony środowiska”. Z. 1. IPIŚ PAN. Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk, s. 57–85.
- Kostecki M., 1979: *Badania limnologiczne zbiornika zaporowego Tresna. Cz. 1: Stosunki termiczno-tlenowe oraz niektóre fizykochemiczne wskaźniki jakości wody*. W: „Archiwum ochrony środowiska”. Z. 2. IPIŚ PAN. Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk, s. 51–78.
- Kostecki M., 1979a: *Badania limnologiczne zbiornika zaporowego Tresna. Cz. 2: Dynamika przemian oraz wstępny bilans związków azotowych w dopływach zbiornika*. W: „Archiwum ochrony środowiska”. Z. 3–4. IPIŚ PAN. Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk, s. 17–37.
- Kostrzewski A., Zwoliński Z., 1992: *Udział denudacji chemicznej i mechanicznej we współczesnym systemie geograficznym górnej Parsęty (Pomorze Zachodnie)*. W: Kotarba A. (red.): *System denudacyjny Polski. Prace Geograficzne*, nr 155. IGiPZ PAN, Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków, s. 11–45.
- Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Z., 1994: *Dynamika transportu fluwialnego górnej Parsęty jako odbicie funkcjonowania systemu zlewni*. UAM, SGP. Poznań, s. 165.
- Kostrzewski A., Mazurek M., Tomczak G., Zwoliński Z., 1994: *Geosystem jeziora Czarnego, zlewnia górnej Parsęty*. W: Kostrzewski A. (red.): *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stacja Bazowa Storkowo*. PIOŚ, UAM, Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa, s. 187–211.
- Kot M., 1993: *Zagrożenia ekosystemów wodnych Tatr Wysokich w świetle przebiegu rocznego parametrów fizykochemicznych wód powierzchniowych pod wpływem zanieczyszczeń atmosfery*. W: Michalik S. (red.): *Prądnik. Prace Muzeum im. Prof. Władysława Szafera*. T. 7–8. Muzeum im. Prof. Władysława Szafera, Ojców, s. 97–105.
- Kowalczyk A., Kropka J., Rózkowski A., Rubin K., 1996: *Rozpoznanie, zagospodarowanie i zasoby wód podziemnych wybranych zbiorników triasu górnośląskiego*. Przegląd Geologiczny. T. 44, z. 8. [PIG. Warszawa], s. 827–833.
- Kowska A., 1972: *Termika jezior północnej Polski*. Czasopismo Geograficzne. T. 43, z. 4. [PTG. Wrocław], s. 371–385.
- Kozłowski W., Karaś M., Fiedler K., 1981: *Monografia zbiornika wodnego Rybnik*. WKiŁ. Warszawa, s. 128.
- Krawczyk W. E. 1992: *Metody terenowej analityki wód krasowych*. W: Kostrzewski A., Pulina M. (red.): *Metody hydrochemiczne w geomorfologii dynamicznej*. UŚ–UAM. Katowice–Poznań, s. 65–83.
- Krawczyk W. E., Opołka-Gądek J. 1993: *Wpływ kwaśnych opadów na skład chemiczny wód powierzchniowych*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 17. Red. T. Szczypek. Wydawnictwo UŚ. Katowice, s. 16–29.
- Kropka J., 1990: *Wpływ zanieczyszczonych wód powierzchniowych na jakość wód podziemnych zbiornika serii węglanowej triasu gliwickiego*. W: Rózkowski A. (red.): *Szczelinowo-krasowe zbiorniki wód podziemnych Monokliny Śląsko-Krakowskiej i problemy ich ochrony*. Wydawnictwo SGGW-AR. Warszawa, s. 102–104.

- Kropka J., 1993: *The influence of coal mining waste disposal on chemistry of groundwater in the triassic carbonate series of the Bytom Basin (South Poland)*. W: K. M. Skarżyńska (ed.) *Proceedings of the fourth International Symposium on the Reclamation, Treatment and Utilization of Coal Mining Wastes*. Kraków, Poland, 6–10 September 1993. Vol. 2. Department of Soil Mechanics and Earth Structures University of Agriculture. Kraków, s. 575–583.
- Kropka J., 1996: *Drogi krążenia, zasoby i zagospodarowanie wód podziemnych w triasowym zbiorniku Bytom w warunkach aktywnej działalności górnictwa*. Przegląd Geologiczny. T. 44, nr 8 [PIG. Warszawa], s. 845–849.
- Kropka J., Rubin H., 1989: *Czwartorzędowe zbiorniki wód podziemnych regionu górnośląskiego i problemy ich ochrony*. W: *II Konferencja „Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski”*, Szklarska-Poręba 18–20 września 1989. Prace Naukowe Instytutu Geotechniki Politechniki Wrocławskiej, nr 58. Seria: Konferencje, nr 29. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej. Wrocław, s. 61–67.
- Kropka J., Rogoź M., Rózkowski A., 1992: *Odnawialność zasobów wód podziemnych serii węglanowej triasu gliwickiego*. W: *Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski*. Wrocław, s. 45–51.
- Kropka J., Rózkowski A., Witkowski A., 1991: *Główne zbiorniki wód podziemnych monokliny śląsko-krakowskiej, stopień degradacji jakości ich wód oraz strategia ochrony*. W: Jankowski A.T. (red.): *Przeobrażenia stosunków wodnych na obszarach silnej antropopresji. Materiały konferencyjne. Sosnowiec 16–18 września 1991 r.* Sekcja Hydrograficzna PTG, Fundacja Ekologiczna „Silesia”, UŚ, WE UW w Katowicach. Sosnowiec, s. 17–25.
- Królikowski Cz., Mżyk S., Tkaczyk A., 1994: *Geofizyczne badania migracji zanieczyszczeń w wodach podziemnych w otoczeniu zbiornika Żelazny Most*. Przegląd Geologiczny. T. 42, nr 10 [PIG. Warszawa], s. 849–856.
- Krzysztofiak L., 1993: *Monitoring jakości wód Wigierskiego Parku Narodowego*. W: Michalik S. (red.): *Prądnik. Prace Muzeum im. Prof. Władysława Szafera*. T. 7–8. Muzeum im. Prof. Władysława Szafera, Ojców, s. 171–174.
- Kuczera A., 1991: *Warunki tlenowe zbiornika wodnego obciążonego zanieczyszczeniami termicznymi (na przykładzie Zbiornika Rybnickiego)*. W: Jankowski A. T. (red.): *Przeobrażenia stosunków wodnych na obszarach silnej antropopresji. Materiały konferencyjne. Sosnowiec, 16–18.09.1991 r.* Sekcja Hydrograficzna PTG, Fundacja Ekologiczna „Silesia”, UŚ, WE UW w Katowicach. Sosnowiec, s. 91–100.
- Kuczera A., 1992: *Zasoby ciepła w wodzie Zbiornika Rybnickiego na tle wybranych jezior z obszaru Polski*. „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 16. Red. T. Szczyppek. Uniwersytet Śląski. Katowice, s. 80–92.
- Kudelska D., Cydzik D., Soszka H., 1994: *Wytyczne monitoringu podstawowego jezior*. Oficyna Wydawnicza „OIKOŚ” sp. z o.o. Warszawa, s. 54.
- Kuzak R., 1994: *Orientacja faldów gliwickich*. Przegląd Geologiczny. T. 42, nr 8 [PIG. Warszawa], s. 629–630.
- Lanczewski W., 1961: *Filtracja wód na terenach przyległych do zbiornika wodnego na Odrze*. W: *Gospodarka Wodna*, nr 2 [Wydawnictwo Sigma-NOT. Warszawa], s. 50–54.
- Lange W. (red.), 1993: *Metody badań fizyczno-limnologicznych*. Wydawnictwa UG. Gdańsk, s. 175.

- Lange W., 1997: *Abiotyczne przejawy re-eutrofizacji*. W: Choiński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”*. Poznań, 2 grudnia 1997 r. Wydawnictwo HOMINI. Poznań–Bydgoszcz, s. 86–93.
- Lange W., Maślanka W., 1994: *Próba oceny naturalnej tolerancji jezior Pojezierza Mazurskiego*. W: Tomaszewski J. T. (red.): *Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Hydrograficznej „Problemy hydrologii regionalnej”*. Karpacz, 26–28 września 1994 r. IG UW, Oddz. Wrocławski PTG. Wrocław, s. 156–162.
- Lange W., Okulanis E., 1992: *Hydrologiczne konsekwencje uruchomienia elektrowni pompowo-szczytowej nad Jeziorem Żarnowieckim*. W: „Zeszyty Naukowe. Geografia”. Nr 18. UG. Gdańsk, s. 65–78.
- Leszczycki S., Tokarski Z., 1970: *Niektóre problemy warunków bytowych w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym*. Wydawnictwo PAN – Zakład Narodowy im. Ossolińskich. Wrocław–Warszawa–Kraków, s. 384.
- Leśniok M., 1996: *Zanieczyszczenie wód opadowych w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej*. Wydawnictwo UŚ. Katowice, s. 124.
- Lewandowski J., 1982: *Zasięg lądolodu zlodowacenia środkowopolskiego na Wyżynie Śląskiej*. W: „Biuletyn Instytutu Geologicznego”, nr 337. Z badań czwartorzędu w Polsce. T. 26. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa, s. 115–142.
- Lewandowski J., Kaziuk H., 1982: *Ewolucja kopalnej sieci rzecznej regionu śląsko-krakowskiego*. Kwartalnik Geologiczny. T. 26, nr 1 [Instytut Geologiczny Wydawnictwa Geologiczne]. Warszawa, s. 177–190.
- Lewińska J., 1984: *Wpływ zbiorników wodnych na klimat lokalny*. Czasopismo Geograficzne. T. 55, z. 3 [PTG, Wrocław], s. 329–344.
- Lossow K., Więclawski F., 1991: *Migracja podstawowych pierwiastków pożywkowych z gleb użytkowanych rolniczo do wód powierzchniowych*. W: *Warunki siedliskowe obszarów młodoglacjalnych*. Biuletyn Informacyjny Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie, nr 31. Wydawnictwo ART. Olsztyn, s. 123–133.
- Lossow K., Gawrońska H., 1997: *Badanie możliwości szacowania obciążeń zewnętrznych zbiorników wodnych na przykładzie jeziora Wadąg*. W: Choiński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”*. Poznań, 2 grudnia 1997 r. UAM, Wydawnictwo HOMINI. Poznań–Bydgoszcz, s. 94–100.
- Łajczak A., 1982: *Wahania temperatury powierzchniowej warstwy wody w jeziorach tatrzańskich o różnej ekspozycji*. Czasopismo Geograficzne. T. 53, z. 1 [PTG. Wrocław], s. 29–44.
- Łajczak A., 1986: *Zamulenie i lokalizacja zbiorników zaporowych w polskich Karpatach*. Gospodarka Wodna, nr 2 [Wydawnictwo Sigma-NOT, Warszawa], s. 47–50.
- Łoś M. J., Michałczyk Z., 1996: *Koncepcja zasilania zasobów wód podziemnych ze zbiorników retencyjnych w zlewni Bystrzycy Lubelskiej*. W: *Mala retencja w kształtowaniu środowiska*. Wrocław, 14–15.06.1996 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej nr 289. Wydawnictwo AR. Wrocław, s. 99–108.
- Majdanowski S., 1953: *Katalog jezior dorzecza Odry i rzek przybrzeża bałtyckiego między Odrą a Wisłą*. Przegląd Geograficzny. T. 23 [PTG, PWN. Warszawa], s. 137–146.
- Małusecki B., 1996: *Zmiany układu wodnego Gliwic XIX i XX wieku*. W: *Dziejowe przemiany stosunków wodnych na obszarach zurbanizowanych*. WNoZ UŚ, UAM. Poznań–Sosnowiec, s. 86–96.

- Mańko P., Motowicka-Terelak T., Terelak H., 1995: *Skład chemiczny wód Wisły w rejonie Puław*. W: VIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”. Łódź, 14–16 IX 1995 r. Wydawnictwo UŁ. Łódź, s. 33–35.
- Mapa geologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (mapa bez utworów czwartorzędowych) w skali 1:50 000, ark. Zabrze. 1954. Instytut Geologiczny. Warszawa.
- Mapa geomorfologiczna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego w skali 1:50 000 wykonana na podstawie zdjęcia geomorfologicznego w latach 1955 i 1956 w Pracowni Geomorfologii i Hydrografii Instytutu Geografii PAN w Krakowie pod kierunkiem Prof. Dr Mieczysława Klimaszewskiego. Załącznik do Biuletynu Nr 37. PAN – Komitet ds. Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego przy Prezydium PAN. Warszawa 1959.
- Marchwińska E., Kucharski R., Karpińska-Bisanz D., 1988: *Zanieczyszczenie gleb i wybranych roślin uprawnych metalami ciężkimi i benzo-a-pirenem w obrębie Zabrza*. W: Konstantynowicz E. (red.): *Referaty na konferencje naukową pt. „Problemy zagrożenia środowiska przyrodniczego aglomeracji miejsko-przemysłowej Zabrza”*. Sosnowiec, październik 1988 r. Oddział Górnośląski PTPNoZ. Sosnowiec, s. 83–92.
- Marcus M.G., 1964: *Rozwój i ewolucja limnologii*. W: *Zagadnienia z problematyki limnologicznej*. Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej, z. 4. Instytut Geografii PAN. Warszawa, s. 9–22.
- Markowicz M., Pulina M., 1979: *Ilościowa półmikroanaliza chemiczna wód w obszarach krasu węglanowego*. UŚ. Katowice, s. 68.
- Marszelewski W., 1993: *Zmiany zanieczyszczenia jezior*. W: Dynowska I. (red.): *Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych*. UJ. Kraków, s. 148–165.
- Marszelewski W., 1997: *Zmiany koncentracji tlenu w jeziorach na Pojezierzu Mazurskim*. W: Choiński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”*. Poznań, 2 grudnia 1997 r. UAM. Wydawnictwo HOMINI. Poznań–Bydgoszcz, s. 114–118.
- Maruszczak H., 1990: *Denudacja chemiczna*. W: Bogacki M. (red.): *Współczesne przemiany rzeźby Polski południowo-wschodniej*. Prace Geograficzne, nr 153. IGiPZ PAN, Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków, s. 23–41.
- Maruszczak H., Rodzik J., Świeca A., 1992: *Denudacja mechaniczna i chemiczna we wschodniej części pasa Wyżyn Południowopolskich (ręczny odpływ zawieszin i rozтворów)*. W: Kotarba A. (red.): *System denudacyjny Polski*. Prace Geograficzne, nr 155. IGiPZ PAN, Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków, s. 105–131.
- Maślanka, 1997: *Ustrój tlenowy Jeziora Raduńskiego Górno*. W: Choiński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”*. Poznań, 2 grudnia 1997 r. UAM, Wydawnictwo HOMINI. Poznań–Bydgoszcz, s. 119–126.
- Matuszkiewicz W., 1981: *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. PWN. Warszawa, s. 298.
- Matysik A., 1992: *Jak oczyścić zasolone wody z kopalni*. Aura, nr 2 [Wydawnictwo Sigma-NOT, Kraków], s. 24–25.
- Mikulski Z., 1970: *Kształtowanie się bilansu wodnego jezior w Polsce*. Przegląd Geograficzny, T. 42, z. 3. IG PAN, PWN. Warszawa, s. 438–448.

- Mikulski Z., 1973: *Badania promieniowania słonecznego w jeziorach polskich*. Przegląd Geofizyczny. T. 18, z. 3–4 [PTG. Warszawa], s. 291–301.
- Mikulski Z., 1975: *Przykład obliczania bilansu wodnego jeziora przy niedostatku danych*. Gospodarka Wodna, nr 35, z. 10–11 [Wydawnictwo Sigma-NOT, Warszawa].
- Mikulski Z., Okulanis E., 1974: *Ustrój termiczny Jezior Raduńskich*. Przegląd Geofizyczny. T. 19, z. 1 [PTG. Warszawa], s. 31–53.
- Mikulski M., Bojanowicz M., Ciszewski R., 1969: *Bilans wodny jeziora Drużno*. W: „Prace PIHM”. Z. 96. PIHM, WKiŁ. Warszawa, s. 73–88.
- Mill W. (red.), 1980: *Doskonalenie i weryfikacja modeli rozprzestrzeniania zanieczyszczeń oraz doskonalenie metod prognozowania zmian jakości wody dla wybranych rzek i zbiorników związanych z systemami pilotowymi*. (Maszynopis). Instytut Kształtowania Środowiska Oddział w Katowicach, Centrum Ochrony Środowiska, Zakład Ochrony i Użytkowania Wód. Katowice, s. 240.
- Mycielska-Dowgiałło E. (red.), Rutkowski J. (red.), 1995: *Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników*. WGiSR UW. Warszawa, s. 356.
- Motyka J., 1962: *Ekologia roślin*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa, s. 455.
- Nalberczyński A., 1993: *Gospodarka zasobami wodnymi dorzecza górnej i środkowej Odry*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 233. Inżynieria Środowiska. 4. AR. Wrocław, s. 9–21.
- Niewiarowski W., Celmer T., Marciniak K., Pietrucień C., Proszek P., Sinkiewicz M., 1992: *Przebieg współczesnych procesów denudacyjnych na młodoglacjalnej wysoczyźnie morenowej intensywnie użytkowanej rolniczo, na przykładzie okolic Koniczynki, na północny wschód od Torunia*. W: Kotarba A. (red.): *System denudacyjny Polski*. Prace Geograficzne, nr 155. IGiPZ PAN, Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków, s. 47–67.
- Ocena zmian klimatycznych w zachodniej części GOP jako wynik budowy zbiornika Dzierżno i Pławniowice*. 1992 Maszynopis. IMiGW, Katowice.
- Ochrona środowiska 1994. Informacje i opracowania statystyczne*. 1994. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa, s. 206.
- Okulanis E., 1981: *Studium limnologiczne Jezior Raduńsko-Ostrzyckich*. Ossolineum. Gdańsk, s. 156.
- Okulanis E., 1985: *Rola jezior w kształtowaniu stosunków hydrologicznych w wybranych zlewniach rzek Pojezierza Kaszubskiego*. W: „Zeszyty Naukowe Wydziału Biologii, Geografii i Oceanologii UG. Geografia”, nr 14. UG. Gdańsk, s. 31–44.
- Okulanis E., 1993: *Stosunki hydrologiczne jezior*. W: Lange W. (red.): *Metody badań fizyczno-limnologicznych*. Wydawnictwo UG. Gdańsk, s. 43–66.
- Osiecka R., 1995: *Mutageniczne i cytotoksyczne działanie toksyn sinicowych*. W: Zalewski M. (red.): *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź, s. 111–124.
- Ostrowski J., 1996: *Problem małych zlewni IMGW i model regionalny „Moremaz-1” dla potrzeb odbudowy i rozwoju małej retencji*. W: *Materiały Konferencji „Mała retencja w kształtowaniu środowiska”*. Wrocław, 14–15.06.1996 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej nr 289. Wydawnictwo AR. Wrocław, s. 155–165.

- Ostrowska E., Ośródka L., 1987: *Klimat województwa katowickiego*. W: *Materiały 36 Ogólnopolskiego Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geograficznego. Sosnowiec, 23–26 IX 1996 r. Cz. 2: Obrady sekcyjne*. WNoZ UŚ, Oddział Katowicki PTG. Sosnowiec–Katowice, s. 28–30.
- Ośródka L., Święch-Skiba J., 1989: *Wpływ czynników antropogenicznych na zmiany temperatury w niektórych ośrodkach przemysłowych Polski południowej*. *Wiadomości IMGW*, z. 3/4, s. 71–77.
- Ośródka L., Wojtylak M., 1987: *Zmiany temperatury powietrza w GOP pod wpływem działalności gospodarczej człowieka*. W: *Materiały 36 Ogólnopolskiego Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geograficznego. Sosnowiec 23–26 IX 1996 r. Cz. 2: Obrady sekcyjne*. WNoZ UŚ, Oddział Katowicki PTG. Sosnowiec–Katowice, s. 89–91.
- Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., 1994: *Hydrologia stosowana*. PWN. Warszawa, s. 324.
- Paluch J., Twardowska I., Kostecki M., Magosz S., 1975: *Charakterystyka limnologiczna kaskady zbiorników zaporowych na rzece Sole. Cz. 2. Chemizm wód i wstępny bilans związków azotowych*. *Archiwum Ochrony Środowiska*, 1. Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk, s. 119–145.
- Pasławski Z., 1969: *Zarys limnologii fizycznej jeziora Miedwie*. W: „Prace PIHM”. Z. 96. PIHM, WKiŁ. Warszawa, s. 57–71.
- Pasternak K., 1984: *Zmiany w chemicznych i biologicznych stosunkach środowiska wodnego rzeki jako rezultat oddziaływania zbiorników retencyjnych*. *Czasopismo Geograficzne*. T. 55, z. 3 [PTG, Wrocław], s. 365–377.
- Pazdro Z., Kozerski B., 1990: *Hydrogeologia ogólna*. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa, s. 610.
- Piliczewski B., 1996: *Transformacja struktury chemicznej wody w wybranych jeziorach przepływowych Pojezierza Kaszubskiego*. W: *Polska w Europie bałtyckiej. 45 Zjazd PTG. Słupsk-Ustka, 18–21.09.1996 r.* PTG Oddział w Słupsku, IG WSP. Słupsk-Ustka, s.137–142.
- Piotrowska E., Przybiński J., 1991: *Wpływ zanieczyszczeń na jakość wód jezior będących w obiegu chłodzącym zespołu elektrowni Pątnów–Konin*. *Gospodarka Wodna*, nr 6 [Wydawnictwo Sigma-NOT. Warszawa], s. 131–136.
- Pistelok F., Gubała E., Nowakowska T., 1995: *Monitoring powierzchniowych wód płynących w województwie katowickim w 1994 roku*. Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska Przedsiębiorstwo Państwowe. Katowice, s. 67.
- Plan generalny optymalizacji gospodarki wodnej i ściekowej dla Górnego Śląska*. Projekt nr EC/EEP/91/2.3.1. Zadanie 4: *Ocena i ochrona jakości wód*. Oddział Koordynacji i Zarządzania MOŚNiL RP, Gauff Ingenieure, Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego, Firma Inżynierska „Allcon”, Frankfurt–Katowice–Bielsko-Biała. 1994, s. 219.
- Podział hydrograficzny Polski*. 1983. IMiGW. Warszawa, s. 924.
- Posyłek E., 1988: *Drenaż poziomów wodonośnych przez górnictwo węglowe w rejonie aglomeracji Zabrze*. W: Konstantynowicz E. (red.): *Referaty na konferencje naukową pt. „Problemy zagrożenia środowiska przyrodniczego aglomeracji miejsko-przemysłowej Zabrze”*. Sosnowiec, październik 1988 r. Oddział Górnośląski PTPNoZ. Sosnowiec, s. 49–60.
- Poźniak R., 1984: *Wpływ zbiorników na wody podziemne*. *Czasopismo Geograficzne*. T. 55, z. 3 [PTG, Wrocław], s. 317–327.

- Przedsiębiorstwo Zagraniczne „Slandi”, 1992: Instrukcje obsługi urządzeń wchodzących w skład zestawu ekologicznego EK 204. PZ „Slandi”, Michałowice.
- Przedwojski B., Przybyłek J., Rembeza L., 1993: *Wpływ zbiornika Jeziorsko na stosunki wodne w dolinie Warty*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 233. Inżynieria Środowiska, 4. AR. Wrocław, s. 181–196.
- Puchalski W., Burchardt L., Paszkowiak-Kopeć N., 1995: *Dynamika fitoplanktonu w małych zbiornikach zaporowych*. W: Zalewski M. (red.): *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, WIOŚ, ZES UŁ. Łódź, s. 101–110.
- Punzet J., 1991: *Wpływ zespołu zbiorników Rożnów-Czchów na reżim wodny Dunajca*. W: *Gospodarka Wodna*, nr 6 [Wydawnictwo Sigma-NOT, Warszawa], s. 122–126.
- Racinowski R., Szczypek T., 1985: *Prezentacja i interpretacja wyników badań uziarnienia osadów czwartorzędowych*. UŚ. Katowice, s. 143.
- Rataj I., 1993: *Charakterystyka osadów czwartorzędowych doliny Kłodnicy w rejonie Pławniowic*. Maszynopis. Katedra Geomorfologii WNoZ UŚ. Sosnowiec, s. 35.
- Redczuk L., Olearczyk D., Nałberczyński A., 1996: *Retencja zbiornikowa w dorzeczu górnej i środkowej Odry*. W: *Materiały Konferencji „Mała retencja w kształtowaniu środowiska”*. Wrocław, 14–15.06.1996 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej nr 289. Wydawnictwo AR. Wrocław, s. 195–206.
- „Rocznik Statystyczny Województwa Katowickiego 1993”. R. 16. Wojewódzki Urząd Statystyczny. Katowice, s. 226.
- „Rocznik Statystyczny 1995”. R. 55. Główny Urząd Statystyczny. ZWS. Warszawa, s. 706.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 4 maja 1990 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze. „Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej”, nr 35. Urząd Rady Ministrów. Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi. W: „Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej”, nr 116, poz. 503. Urząd Rady Ministrów. Warszawa.
- Rózkówski A., Rózkówski J., 1994: *Pochodzenie zasolenia wód Górnej Wisły*. W: „Zasolenie rzeki Wisły”. *Materiały z Sympozjum*. Kraków, 29 listopada 1994 Kom. Red. [B. w.]. Kraków, s. 33–37.
- Rózkówski A., Chmura A., Siemiński A. (red.), 1997: *Użytkowe wody podziemne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia*. Prace Państwowego Instytutu Geologicznego, CLIX. Wyd. PIG. Warszawa, s. 152.
- Rózkówski A., Kropka J., Witkowski A., 1989: *Zasoby wód podziemnych województwa katowickiego i ich jakość*. W: Konstantynowicz E. (red.): *Referaty na konferencję naukową pt. „Zasoby i wykorzystanie wód województwa katowickiego”*. PTPNoZ. Oddział Górnośląski. Katowice–Sosnowiec, s. 18–30.
- Rózkówski A., Kowalczyk A., Witkowski A., 1996: *Występowanie, zasoby i użytkowanie zwykłych wód podziemnych w zlewni górnej Odry i górnej Wisły w zasięgu województwa katowickiego i bielskiego*. W: „Przegląd Geologiczny”. T. 44, nr 8. PIG. Warszawa, s. 834–839.
- Rózkówski A., Mitas B., Witkowski A., 1989: *Zmiany jakości wód triasu gliwickiego*. W: „Wody szczelinowo-krasowe i problemy ich ochrony”. *Konferencja na-*

ukowa, Karniowice 11–13 wrzeźnia 1989. Z. 10. Wydawnictwo SGGW – AR. Warszawa, s. 94–100.

Róźkowski A., Grabala D., Kropka J., Rubin K., Witkowski A., 1992: *Chemia i jakość wód podziemnych serii węglanowej triasu śląsko-krakowskiego*. W: „W służbie polskiej geologii”. *Materiały sesji naukowej poświęconej jubileuszowi prof. A. S. Kleczkowskiego*. Wydawnictwo AGH. Kraków, s. 133–146.

Runge J., 1992: *Wybrane zagadnienia analizy przestrzennej w badaniach geograficznych*. UŚ. Katowice, s. 140.

Rutkowski M., Śliwa A., 1993: *Komputerowe wspomaganie procesu decyzyjnego w sterowaniu zrzutami ze zbiorników dla zasilania przepływów na drodze wodnej Odry*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu*, nr 233. Inżynieria Środowiska. 4. AR. Wrocław, s. 165–170.

Ryszkowski L., 1991: *Zasady prowadzenia produkcji rolnej bez powodowania zagrożeń dla środowiska przyrodniczego*. W: *Warunki siedliskowe obszarów młodoglacjalnych*. *Biuletyn Informacyjny Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie*, nr 31. Wydawnictwo ART, Olsztyn, s. 5–15.

Ryszkowski L., Kedziora A., 1996: *Mala retencja w krajobrazie rolniczym*. W: *Materiały Konferencji „Mala retencja w kształtowaniu środowiska”*. Wrocław, 14–15.06.1996 r. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej*, nr 289. Wydawnictwo AR. Wrocław, s. 217–226.

Rzewuska E., Szykowski A., Marchlewska-Knych, 1993: *Charakterystyka zasobów powierzchniowych wód stojących w dorzeczu górnej i środkowej Odry*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu*, nr 232. Inżynieria Środowiska. 3. AR. Wrocław, s. 139–147.

Rzętała M., 1994: *Zanieczyszczenie wód zbiornika Pogoria III w Dąbrowie Górniczej przez metale ciężkie*. W: „Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych”, nr 12. *WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ*. Katowice–Sosnowiec, s. 14–20.

Rzętała M., 1995: *Zróźnicowanie występowania zbiorników wodnych na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. W: „Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych”. nr 20. *WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ*. Katowice–Sosnowiec, s. 5–10.

Rzętała M., 1996: *Wpływ antropopresji na charakter wykorzystania hydrowęzła Dzierżno (wycieczka terenowa)*. W: *Z badań nad wpływem antropopresji na kształtowanie warunków hydrologicznych. Materiały konferencyjne*. SKNG UŚ, WNoZ UŚ. Sosnowiec, s. 86–93.

Rzętała M., 1996a: *Procesy termiczne w wodzie zbiornika Pogoria III w Dąbrowie Górniczej*. W: „Geographia. *Studia et Dissertationes*”. T. 20. Red. T. Szczypek. Wydawnictwo UŚ. Katowice, s. 59–71.

Rzętała M., 1996b: *Retencja zbiornikowa na obszarze Wyżyny Katowickiej*. W: *Polska w Europie bałtyckiej*. 45 Zjazd PTG, 18–21.09.1996 r. Słupsk–Ustka. PTG, Oddział w Słupsku, WSP. Słupsk–Ustka, s. 149–151.

Rzętała M., 1997: *Uwarunkowania stanów wody w wybranych zbiornikach antropogenicznych województwa katowickiego*. W: 46 Zjazd Polskiego Towarzystwa Geograficznego „Przyrodnicze i społeczne walory Mazowsza w dobie restrukturyzacji.” Wł-

- stąpienia. *Rynia nad Zalewem Zegrzyńskim, 18–21 września 1997 r.* Oddz. Akademicki PTG, IGiPZ PAN, WGiSR UW. Rynia–Warszawa, s. 117–120.
- Rzętała M., 1998: *Zróżnicowanie występowania sztucznych zbiorników wodnych na obszarze Wyżyny Katowickiej.* W: „Geographia. Studia et Dissertationes. T. 22. Wydawnictwo UŚ. Katowice, s. 52–67.
- Rzętała M., Wach J., 1995: *Zmiany zasolenia wody zbiornika antropogenicznego Dzierżno Duże.* W: *Materiały Sympozjum Polsko-Czeskiego „Przeobrażenia środowiska geograficznego w przygranicznej strefie górnośląsko-ostrowskiego regionu przemysłowego”.* WNoZ UŚ, PK „CKKRW”. Sosnowiec, s. 112–116.
- Rzętała M., Wach J., 1997: *Pochodzenie i stopień zasolenia wód powierzchniowych województwa katowickiego.* W: *Zmiany geografického prostredí v pohranicích oblastech Ostravského a Hornoslezského Regionu. Sbornik referátu z mezinárodní vedecké konference. Ostrava, 3–4.05.1997 r.* Ostravská Univerzita, UŚ. Ostrava, s. 120–127.
- Rzętała M.A., 1998: *Procesy brzegowe w obrębie zbiornika Dzierżno Duże.* W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 22. Wydawnictwo UŚ. Katowice, s. 29–51.
- Rzychoń D., Mill W.A., 1992: *Wrażliwość ekosystemów wodnych w Tatrach Polskich na depozycję kwasową.* W: *V Konferencja Naukowa „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”.* Łódź, 17–19 IX 1992 r. Wydawnictwo UŁ. Łódź, s. 32–33.
- Rzychoń D., Worsztynowicz A., 1997: *Ocena stanu zakwaszenia jezior Tatr Polskich w wyniku działania opadów kwaśnych przy zastosowaniu modeli matematycznych.* W: *X Jubileuszowa Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”.* Łódź, 24–26 IX 1997 r. Wydawnictwo UŁ. Łódź, s. 28–29.
- Rzychoń D., Worsztynowicz A., 1997a: *Porównanie przyczyn i stanu zakwaszenia jezior w Tatrach i Karkonoszach.* W: *X Jubileuszowa Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”.* Łódź, 24–26 IX 1997 r. Wydawnictwo UŁ. Łódź, s. 46–47.
- Sakowicz S., 1953: *Próba obliczenia powierzchni jezior w Polsce i ich charakterystyka rybicka.* Przegląd Geograficzny. T. 23. [PTG, PWN. Warszawa], s. 147–156.
- Sasik J., 1994: *Metodyka określania parowania ze stawu rybnego.* W: *Bilansowanie zasobów wodnych w dorzeczu Odry.* Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 248. AR. Wrocław, s. 269–277.
- Sasik J., Żmuda R., 1993: *Ocena natężenia procesów erozji wodnej w zlewni Potoku Wilkanowskiego w latach 1985–1990.* W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”.* Wrocław, 26–28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 233. Inżynieria Środowiska. 4. AR. Wrocław, s. 327–335.
- Schmidt J., 1990: *Dzieje Kanału Kłodnickiego.* W: „Rocznik Muzeum w Gliwicach”. T. 4. Muzeum w Gliwicach. Gliwice, s. 73–114.
- Skowron R., 1982: *Termiczne rozwarstwienie wody w jeziorze Gopło w sezonie letnim w latach 1973–1978.* W: „Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia”. T. 17. z. 54. UMK. Toruń, s. 39–50.
- Skowron R., 1997: *Tendencje zmian temperatury wody powierzchniowej i zjawisk lodowych w jeziorach na obszarach pojeziernych w Polsce.* W: Choiński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”.* Poznań, 2 grudnia 1997 r. UAM, Wydawnictwo HOMINI. Poznań–Bydgoszcz, s. 143–151.

- Skowron R., Szczepanik W. 1993. *Zróźnicowanie przestrzenne i tendencje zmian temperatury wody i zlodzenia jezior*. W: Dynowska I. (red.): *Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych*. PAN, UJ. Kraków, s. 121–136.
- Sobczyński T., 1992: *Oznaczanie ortofosforanów w wodzie metodą spektrofotometryczną*. W: Siepak J. (red.): *Fizyczno-chemiczna analiza wód i gruntów*. UAM. Poznań, s. 99–103.
- Soja R., 1994: *Monitoring transportu zawiesiny*. W: Starkel L., Gil E. (red.): *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stacja Bazowa Szymbark (Karpaty Fliszowe)*. PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa, s. 119–123.
- Sokołowski J., 1990: *Geologia regionalna i złożowa Polski*. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa, s. 339.
- Starmach J., 1994: *Struktura zespołów ryb w zbiornikach zaporowych o różnym stopniu eutrofizacji*. W: Zalewski M. (red.): *Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych*. WIOŚ, UŁ. Łódź, s. 91–102.
- Starmach K., Wróbel S., Pasternak K., 1976: *Hydrobiologia. Limnologia*. PWN. Warszawa, s. 626.
- Strzyszczyński Z., Bzowski Z., 1992: *Starczany w wodach opadowych i ich udział w depozycji związków siarki w woj. katowickim*. W: *V Konferencja Naukowa „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”*. Łódź, 17–19 IX 1992 r. Wydawnictwo UŁ. Łódź, s. 26–26.
- Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. M 34-50 C Pyskowice. 1955 r. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Szczypek T., Wach J., 1996: *Preobrazowania reliefu miejscowości w rajonach gornodobywajuszkiej przemysłowości w świetle osiedlenia gruntu (na przykładzie Katowickiego Województwa)*. Białoruski Uniwersytet Państwowy. Białoruskie Geograficzne Towarzystwo, Mińsk, s. 21–27.
- Szurc J., Jurczyk A., Stachowicz B., 1996: *Trendy zmian przepływów rzek Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. W: Jankowski A. T. (red.): *Metody badań wpływu czynników antropogenicznych na warunki klimatyczne i hydrologiczne w obszarach zurbanizowanych. Materiały Konferencji Naukowej. Katowice, 12–14 września 1996 r.* PTG, IMGW, UŚ. Katowice, s. 41–52.
- Szytyler A., 1987: *Zmiany natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego w przedziałach widma dla procesów biologicznych i energetycznych w miejskich warunkach GOP*. W: *Materiały 36 Ogólnopolskiego Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geograficznego. Sosnowiec, 23–26 IX 1987 r.* Cz. 2: *Obrady sekcyjne*. WNoZ UŚ, Oddz. Katowicki PTG. Sosnowiec–Katowice, s. 33–33.
- Szymańska H., 1990: *Wpływ słonych wód z kopalni węgla kamiennego na jakość wód Odry*. W: *Gospodarka Wodna*, nr 5 [Wydawnictwo Sigma-NOT, Warszawa], s. 116–121.
- Szymańska H., 1993: *Obciążenie rzeki Odry zanieczyszczeniami w granicach RZGW Wrocław*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Wrocław, 26–28 maja 1993 r. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 232. Inżynieria Środowiska. 3. AR. Wrocław, s. 265–269.

Śleszyński J., 1991: *Modelowa analiza ekonomiczna przedsięwzięć chroniących zasoby wodne jezior*. W: Ginsbert-Gebert A. (red.): *Ekonomiczne i socjologiczne*

problemy ochrony środowiska. T. 3. PAN, Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo PAN. Wrocław–Warszawa–Kraków, s. 111–121.

- Tarczyńska M., Zalewski M., 1994: *Toksyczność zakwitów sinicowych w eutroficznych zbiornikach*. W: Zalewski M. (red.): *Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych*. WIOŚ, UŁ. Łódź, s. 79–87.
- Taylor R., 1988: *Biogenne zanieczyszczenia obszarowe wód powierzchniowych*. W: Gospodarka Wodna, nr 8. [Wydawnictwo Sigma-NOT. Warszawa], s. 175–176.
- Tomaszek J., Czerwieniec E., 1995: *Znaczenie procesu denitryfikacji dla bilansu azotu w ekosystemach wodnych*. W: Zalewski M. (red.): *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź, s. 91–100.
- Tomik T., 1969: *Próba charakterystyki termicznej Zbiornika Rożnowskiego*. Prace PIHM, z. 96. Wydawnictwa KiŁ. Warszawa, s. 43–54.
- Troc M., 1975: *Drewno w górnictwie węglowym Zagłębia Górnosląskiego*. W: Czasopismo Geograficzne. T. 56, z. 4 [PTG. Wrocław], s. 389–397.
- Twarowski R., Gendolla T., 1994: *Udział opadów atmosferycznych w bilansie ładunków zanieczyszczeń obszarowych wnoszonych do wód powierzchniowych*. W: *Bilansowanie zasobów wodnych w dorzeczu Odry*. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 248. AR. Wrocław, s. 297–304.
- Vollenweider R.A., 1968: *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular references to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. OECD Technical Report DAS/CSI/68.27. OECD. Paris, s. 159.
- Vollenweider R.A., 1969: *Possibilities and limits of elementary models concerning the budget of substances in lakes*. Arch. Hydrobiol., nr 66, s. 1–36.
- Vollenweider R.A., 1976: *Advances in defining loading levels for phosphorus in lake eutrophication*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., nr 33, s. 53–63.
- Wajzer B., 1989: *Rola i znaczenie zbiornika Dzieńkowice w gospodarce wodnej „Huty Katowice”*. Maszynopis. Katedra Geografii Fizycznej UŚ. Sosnowiec, s. 71.
- Weber M., 1973: *Próba obliczenia bilansu wodnego jeziora Łebsko*. Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej. T. 9 (21), z. 4 (96). WKiŁ. Warszawa, s. 69–73.
- Węlc A., 1994: *Monitoring obiegu substancji chemicznych w zlewni*. W: Starkel L., Gil E. (red.): *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stacja Bazowa Szymbark (Karpaty fliszowe)*. PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa, s. 124–137.
- Winberg G. G., 1964: *Ogólne poglądy na zagadnienie produkcji pierwotnej*. W: *Zagadnienia z problematyki limnologicznej*. Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej, z. 4 [IG PAN. Warszawa], s. 98–180.
- Wiśniewski R. J., 1994: *Fosfor w zbiornikach zaporowych – zasilanie, kumulacja, wymiana między osadami dennymi i wodą*. W: Zalewski M. (red.): *Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych*. WIOŚ, UŁ. Łódź, s. 49–60.
- Wiśniewski R. J., 1995: *Inaktywacja fosforanów w osadach dennych jako metoda redukcji symptomów eutrofizacji*. W: Zalewski M. (red.): *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź, s. 189–201.

- Wiśniewski R. J., 1995a: *Rola zasilania wewnętrznego w eutrofizacji zbiorników zaporowych*. W: Zalewski M. (red.): *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź, s. 61–70.
- Wojciechowski I., 1987: *Ekologiczne podstawy kształtowania środowiska*. PWN. Warszawa, s. 450.
- Wojciechowski K., 1985: *Szacowanie składników bilansu wodnego jezior bez oddziaływania powierzchniowego na Pojezierzu Łęczycko-Włocławskim*. W: „Zeszyty Naukowe Wydziału Biologii, Geografii i Oceanologii UG”. Nr 14. UG. Gdańsk, s. 109–118.
- Woś A., 1995: *Zarys klimatu Polski*. Wydawnictwo Naukowe „Bogucki”. Poznań, s. 301.
- Woyciechowska J., Dojlido J., 1982: *Zmiany jakości wód powierzchniowych pod wpływem zabudowy hydrotechnicznej*. Gospodarka Wodna, nr 5 [Wydawnictwo Sigma-NOT. Warszawa], s. 47–51.
- Wrona A., 1972: *Zanieczyszczenie powietrza w miastach konurbacji górnośląskiej*. Miasto, nr 3, s. 21–25.
- Wójcik G., 1995: *Wpływ rzeczno-zbiornikowego klimatu wodnego na klimat jego otoczenia na przykładzie Zbiornika Włocławskiego*. W: „Kaskada”, nr 1–2. Fundacja „Kaskada Dolnej Wisły”. Włocławek, s. 19–21.
- Yakushko O. F., 1997: *The Problems of Antropogenic Transformations of the Lakes in Belarus*. W: Choński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”*. Poznań, 2 grudnia 1997 r. UAM, Wydawnictwo HOMINI. Poznań–Bydgoszcz, s. 165–168.
- Zajkov B. D., 1960: *Očerki po ozieroviedieniu*. 2. Leningrad.
- Zalewski M., 1995: *Perspektywy wykorzystania biotechnologii ekosystemalnych dla poprawy jakości wód w zbiornikach zaporowych*. W: Zalewski M. (red.): *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź, s. 9–18.
- Zalewski M., Frankiewicz P., 1994: *Biomaniipulacja jako metoda poprawy jakości wody w zbiornikach zaporowych*. W: Zalewski M. (red.): *Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź, s. 103–114.
- Zarządzenie nr 72 Głównego Inspektora Ochrony Środowiska z dnia 14 sierpnia 1992 r. w sprawie wykonywania pomiarów zanieczyszczeń przenośnymi fotometrami. GIOŚ. Warszawa.
- Zemła B., Wrona A., 1972: *Dynamika sezonowych zmian w rozkładzie zanieczyszczeń powietrza na obszarze Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. Przegląd Geograficzny. T. 44, z. 2. [PAN, PWN. Warszawa], s. 247–266.
- Zieliński J. (red.), 1978: *Chemia wody i ścieków*. Politechnika Śląska. Gliwice, s. 203.
- Żmuda K., Rytelowski M., Mioduszewski W., 1997: *Wpływ małej retencji na ochronę przeciwpowodziową dolin rzecznych*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Zagrożenie powodziowe w zlewniach górskich” Bielsko-Biała 14–16 kwietnia 1997 r.* [B. w.] Bielsko Biała, s. 143–150.
- Żmuda S., 1973: *Antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego konurbacji górnośląskiej*. Śląski Instytut Naukowy. Katowice, s. 211.
- Żytkowicz R., Błędzki R., Giziński A., Kentzer A., Wiśniewski R., Żbikowski I., 1990: *Zbiornik Włocławski. Ekologiczna charakterystyka pierwszego zbiornika zaporowego planowanej kaskady dolnej Wisły*. W: *Funkcjonowanie systemów wodnych, ich ochrona i rekultywacja*. Cz. 1: *Ekologia zbiorników zaporowych i rzek*. AR, SGGW. Warszawa, s. 201–225.

Mariusz Rzętała

Water balance and dynamics of changes in selected pollutants of Dzierżno Duże water reservoir under conditions of strong human impact

Summary

Silesian Upland and its borders (Fig. 1) belongs to the most anthropogenically transformed areas in Poland and reasons of this state should be found in the exploitation of raw resources, causing not only the intensive development of industry but also massive population inflow. Owing to high degree of urbanisation and industrialisation, the natural environment of the area discussed underwent wide transformation, which spectacular example is the catchment of the Kłodnica together with Dzierżno Duże water reservoir (Fig. 2). It is located in north-eastern part of Racibórz basin and its catchment – of area amounting near to 530 km² – is located almost completely in an area of Katowice Upland, that is identified with the largest industrialisation and urbanisation within borders of Silesian Province.

Identification of research problems allows determining the range of elaboration and putting into words the purposes of work, which especially refer to: a) estimation of quantitative differentiation of reservoir water balance elements in the light of natural and anthropogenic environmental conditions; b) the importance of reservoir in the shaping of physico-chemical properties of surface- and underground waters of the neighbourhood; c) estimation of degree of pollutants cumulative effectiveness in the reservoir; d) estimation of eutrophication intensity and variability of thermal-oxygen conditions in strongly polluted limnic waters; e) determination of limnological separateness of Dzierżno Duże water reservoir against a background of lakes and other artificial water reservoirs of Poland.

The geological basal complex in the area discussed is composed of the Devonian-Carboniferous deposits, creating widespread basin, lying discordantly at the Cambrian deposits and possibly in some place at the Ordovician and Silurian ones. At partly folded and cut by numerous faults Carboniferous deposits, the Triassic formations, occurring under the cover of the Tertiary deposits, lie (Fig. 3). Varigrained fluvio-glacial sands with addition of gravels and clays (Fig. 4) as well as Holocene material, represented by deluvial, fluvial, lacustrine and peat deposits lie higher.

In the area discussed the Kłodnica valley reaches the width of about 400 m up to 1.5 km. Many lateral valleys of basin shape divide it. The relief of valley was considerably transformed owing to human activity what the occurrence of numerous anthropogenic relief forms betokens (Fig. 5).

In the neighbourhood of Dzierżno Duże water reservoir the mean annual air temperatures and precipitation sums were characterised by the wide range of fluctuations (Fig. 6). The most frequent winds blew from SW, NW, W and S directions (Fig. 7). Wind of velocity up to 2 m/s and from 2.0 to 5.0 m/s predominated, whereas calms made 16.3% of observation.

Surface waters in an area discussed (Fig. 8) are an evident example of human activity influence on the water environment, which is revealed among others by the anthropogenisation of runoff (Fig. 9), changes in surface hydrographic net arrangement (Tab. 1) and degradation of surface waters quality (Tab. 2). Post-exploitation-dam water reservoir of Dzierżno Duże (Fig. 10), which was functioning in the middle part of the Kłodnica catchment since 1964 year is characterised by the total capacity amounting to 93,5 hm³, maximal depth reaching over 20 m and area exceeding 6 km² – at maximal level of damming (203,5 m. a.s.l.). This reservoir is used to improve conditions of inland navigation at Gliwice canal and the Oder, purification of strongly polluted Kłodnica river waters and the prevention against flood. It is characterised by significant and unusually dynamic fluctuations of water states (Fig. 11), rarely met in other objects of this type. They stimulate the development of littoral processes and considerably are the implicators of filtration processes, which occur in the reservoir neighbourhood, conditioning frequent changes in character of connection of surface waters with water-bearing horizon.

The occurrence of underground waters in the area discussed is mostly connected with deposits as follows: the Quaternary, Tertiary, Triassic (Fig. 12) and Carboniferous. The existing reservoirs of underground waters (Tab. 3) are characterised by the varied yield and quality of exploited waters, to a varied degree undergoing the process of drainage by coal mining.

Balance calculations were carried out for hydrological period 1975–1996 (Tab. 4; Fig. 13–17, 22 and 23). In total sum of both surface alimentation and alimentation of reservoir by waters originating from atmospheric precipitation, 98.2% falls for surface inflow but atmospheric precipitation makes only 1.8%. The dominating position in water balance at the side of losses is surface runoff; evaporation from the reservoir area is of marginal importance. The difference balance, which can be identified with the balance of water interchange with subsurface catchment (Fig. 17), shows water escapes from reservoir, making almost 30% of surface inflow. It is confirmed by existence of many hydrophysical and hydrochemical premises, e.g. a) slope of underground waters table in the direct neighbourhood of reservoir, estimated on the base of piezometric and well measurements (Fig. 18; Tab. 5); b) neighbourhood of hydrogeological window (Fig. 3 and 4); c) location of basin of limited possibilities of silting in the permeable Quaternary deposits, filling the fossil valley of the Kłodnica; d) physicochemical properties of underground waters in reservoir neighbourhood (Fig. 19 and 20); e) water balance for difference catchment of Kłodnica limited by profiles Gliwice and Łany Małe, prepared with regard to the quantity of water, drained by Gliwice Canal (Fig. 21).

Water quality in the neighbourhood of Dzierżno Duże water reservoir is mostly determined by the occurrence of allochthonous pollutants, delivered from above-located strongly urbanised and industrialised parts of catchment (Fig. 24–31). In relation to the hydrochemical composition of autochthonous waters in reservoir neighbourhood, waters delivered from western part of Katowice Upland are characterised by total mineralisation, which is even above ten times higher. Formation of Dzierżno Duże reservoir in post-sand excavation and directing to it waters originating from the drainage of western part of

Katowice Upland – despite the significant improvement of quality in some parameters of potamic waters (Fig. 24–31) – does not solve problem of pollution at below-located parts of the Kłodnica catchment and the Oder, fed by it. It is connected with the problem of so-called chemical retention in lakes and water reservoirs, which importance is possible to estimate in the context of contamination (Fig. 24–31; Tab. 6) and substances loads (Fig. 32–36; Tab. 7), analysed in system of inflow-outflow. On this base it was ascertained, that Dzierżno Duże water reservoir, not causing essential changes in surface waters purity classes, plays a role of contamination reductor and loads cumulator (e.g. suspensions or substances, which cause salinity). But there are cases (biogenic substances) when it is the source of secondary water pollution. One should acknowledge it for the especially harmful process in relation to the present alimentation of underground waters – the Triassic and Quaternary water-bearing deposits – by limnic waters of low quality.

Rubble material accumulated in the reservoir is significantly polluted, what is confirmed e.g. by the content of heavy metals, corresponding with quantities determined for differently anthropogenically transformed areas and – in many cases – exceeding the levels, which are typical for natural, i.e. geochemical background. Hydrochemical researches, applying the existing poor network of working piezometers and wells (Fig. 18) confirm the infiltration of water from the reservoir and facilitate the determination of some directions of polluted limnic waters migration as well as the supposed ranges of negative influence of their retention. The reservoir surface influence on the changes in physico-chemical properties of waters of the first water-bearing horizon – automatically connected with the lowering in their usable values – is clearly visible in the distance of 1 km to the west from reservoir (Tab. 8). One should suppose that the zone of Dzierżno Duże water reservoir influences on the shaping of physico-chemical properties of the first water – bearing horizon reaches slightly far to the west. Premises of these supposes are results of research on Pławniowice water reservoir (Fig. 19 and 20). Many research-workers connect successively decreasing quality of water resources of the Triassic underground waters reservoir with inflow of pollutants, originating from potamic and limnic waters. Spectacular differences in underground waters quality occur in relation to some from tens intakes (Tab. 9). Especially low usable values and disadvantageous physico-chemical properties have underground waters in this part of the Triassic underground water reservoir, which is located in direct neighbourhood of hydrogeological window, prepared in the Tertiary deposits (Tab. 9).

The sign of high degree of water pollution in Dzierżno Duże water reservoir is eutrophication. The deciding role in the process of reservoir waters alimentation by biogenic substances plays the catchment and the delivery of nutrients from bottom deposits. The loading of reservoirs by phosphorous and nitrogen loads is an indicator of this object high trophy (Tab. 10; Fig. 37–39). Owing to large quantity of substances, being stimulators of biogenic life, in the summer half-year the massive development of phytoplankton occurs in the reservoir (so-called “water-blooms”), which consequence is the increased outflow of suspensions in the summer-autumn period. Bioindicator of high nitrophilinity is also vegetation, covering the littoral zone, although its development is importantly limited (phytotoxic properties of substratum, fluctuation of water state, littoral processes). Processes of eutrophication additionally modify the distribution of oxygen content in water mass and they are reflected in 24 hours’ fluctuations of oxygenation in epilimnion waters. Therefore, the eutrophication makes the important exploitation, reclamation and protection problem, all the more so as the inflow of allochthonous pollutants essentially influences the shaping of thermal-oxygen conditions as well as lightness of water mass.

The occurrence of two periods of water circulation have been stated in the reservoir, i.e. the period of spring homothermy and longer-lasting autumn homothermy. In the summer period the shaping of normal water stratification in the reservoir (anothermy) takes place, whereas in winter the opposite stratification circuit (kathermy) occurs. Very important is the fact of limnic waters loading by thermal pollutants (Fig. 40–42). It is documented by mean annual temperature of waters alimentating Dzierżno Duże water reservoir, which exceeds of about 3°C the mean annual temperature of atmospheric air and about 1.6°C the mean annual temperature of waters in streams inflowing to other water reservoirs (Przeczycze, Kozłowa Góra, Pogoria III, Pławniowice), being to decidedly smaller degree under the human impact. One should pay attention to the separate thermal regime of the eastern and western parts of the reservoir (Fig. 40–42; Tab. 11), which is documented by the occurrence of horizontal thermal gradients, typical for reolimnic objects and conditioned – to a small degree – by inflow to reservoir of waters of anthropogenically increased temperature.

Strong pollution of limnic waters is the determinant of their oxygenation (Fig. 43 and 44), which rarely has the features of supersaturation or the full saturation, most often shaping itself at the borderland of normal and deficit saturation. Especially during summer stratification the oxygen conditions should be acknowledged as exceptionally disadvantageous (e.g. even tens days-lasting lack of oxygen in hypolimnion, leading to the exhaustion of sulphur hydrogen, superoxygenation of waters of strongly eutrophiced epilimnion). High load of reservoir by allochthonous pollutants essentially influence the shaping of oxygen conditions – profiles located in the eastern part of basin are characterised by decidedly more disadvantageous oxygenation and the improvement of oxygen condition goes to the west direction. Nevertheless, even there they are far from state typical for objects devoid of pollutants. Despite the disadvantageous oxygen conditions in reservoir the surface runoff waters contain decidedly more oxygen (on average 3.3 mg O₂/dm³) than waters of its tributaries. Only alarming is the fact that the increase of oxygenation in potamic waters below the reservoir results mostly from the development of limnic eutrophication processes. Reservoir waters transparency (Fig. 45) is also important for eutrophic lakes and it is located within the ranges of transparency, which is most often met in waters of lowland lakes.

Wide range of this elaboration is specified in the widespread synthesis, containing the estimation of area investigated state, referring to more important limnological typologies as well as to published and unpublished results of research on natural and artificial water reservoirs (Fig. 46–48; Tab. 12–20). The separateness of Dzierżno Duże water reservoir against a background of lakes and other artificial water reservoirs is appeared by the largest degree of anthropogenisation of particular elements of water balance and extremely rarely met level of pollution. It creates the possibility to predict the course of degradation processes in limnic waters quality in objects functioning now under conditions of incomparable lower environment transformation.

Мариуш Жентала

Водный баланс и динамика содержания загрязняющих веществ
в водохранилище Дзержно Дуже в условиях интенсивного
антропогенного воздействия

Резюме

Силезская возвышенность и ее периферийные части принадлежат к наиболее антропогенно преобразованным регионам Польши, что связано с добычей и переработкой здесь минерального сырья, интенсивным развитием промышленности и, в связи с этим, притоком населения. Вследствие индустриализации и урбанизации естественная среда описываемого региона подверглась существенной трансформации. Ярким примером изменения природной среды может служить водосборный бассейн р. Клодницы с искусственным водоемом-накопителем Дзержно Дуже (рис. 2). Водоем расположен в северо-восточной части Рачиборской Котловины, а его водосбор, площадью около 530 км², почти целиком располагается в пределах Катовицкой возвышенности, соотносимой с ареалом наибольшей в границах Силезского воеводства концентрации промышленного производства и населения.

В рамках проведенного исследования решались следующие основные задачи: 1) количественная оценка составляющих водного баланса в зависимости от природных и антропогенных условий, 2) оценка влияния водоема на формирование физико-химических свойств вод его окружения (поверхностных и подземных), 3) выяснение эффективности самоочищения вод в водоеме посредством аккумуляции загрязнений, 4) оценка возрастания эвтрофикации, а также изменения кислородно-термических условий в лимнической зоне, 5) определение лимниотипа водоема Дзержно Дуже на фоне озер и других искусственных водоемов Польши.

Геологическое основание описываемой территории образуют девонские и каменноугольные образования с обширными впадинами, залегающие несогласно на кембрийских, в некоторых местах, возможно, на ордовиских и силурийских отложениях. На смятых в складки и разбитых разломами кембрийских образованиях залегают триасовые формации, перекрытые третичными осадками (рис. 3). Выше лежат разнородные флювиогляциальные пески с примесями ила и гравия (рис. 4), а также голоценовые образования, представленные делювиальными, флювиальными и озерными отложениями, а также торфами.

Долина р. Клодницы в пределах описываемой территории колеблется в ширину от 0,4 до 1,5 км и усложнена серией боковых впадных долин. Рельеф долины в значительной степени преобразован деятельностью человека, на что указывает обилие антропогенных форм (рис. 5).

Окружение водоема Дзержно Дуже отличалось существенным разбросом среднегодовых температур и количеств осадков (рис. 6). Преобладающими направлениями ветров являлись здесь ЮЗ, СЗ, З и Ю (рис. 7). Господствовали ветры со скоростью до 2 м/с, а также от 2 до 5 м/с, 16,3% от времени наблюдений приходилось на безветренные периоды.

Весьма показательным примером (рис. 8) воздействия человека на водную среду является ситуация с поверхностными водами, отличающаяся антропогенизацией стока (рис. 9), изменением рисунка гидрографической сети (табл. 1), а также деградацией качества вод (табл. 2). Функционирующий с 1964 года водоем, оборудованный на месте крупного песчаного карьера (рис. 10) на уровне максимального водоподъема (203,5 м) характеризуется общим объемом 93,5 км³, максимальной глубиной более 20 м и площадью, превышающей 6 км². Водоем используется для улучшения условий плавания на Гливицком канале и р. Одре для очищения сильно загрязненных вод р. Клодницы, а также в противопаводковых (водорегулирующих) целях. Водоем отличается значительными и необычайно динамичными колебаниями уровня воды (рис. 11), редкими для водных объектов данного типа. Колебания уровня активизируют развитие береговых процессов и, в значительной мере, имплицитно фильтрационные процессы, происходящие в окружении водоема, определяя частые изменения характера связи поверхностных вод с водоносным горизонтом.

Подземные воды на описываемой территории приурочены, прежде всего, к четвертичным, третичным, триасовым (рис. 12) и каменноугольным отложениям. Существующие накопители подземных вод (табл. 3) отличаются различной водовместимостью и качеством используемых вод, дренируются угольными шахтами и выработками.

Балансовые исследования были осуществлены для территории за гидрологический период 1975–1996 гг. (табл. 4, рис. 13–17, 22 и 23). В приходной части баланса, образуемой поверхностным питанием и атмосферными осадками, на поверхностный приток приходится 98,2%, а на метеорные воды только 1,8%. В расходной части баланса главное значение принадлежит поверхностному стоку, в то время как испарение с поверхности водоема имеет несущественное значение. Выявленная балансовая разница, вытекающая, по всей видимости, из подземного водообмена в пределах водосбора и водоема (рис. 17), указывает на утечки воды из водоема, достигающие 30% от объема поверхностного притока, подтверждаемые целым рядом гидрографических и гидрохимических обстоятельств. Среди прочих к ним можно отнести: 1) наклон зеркала подземных вод в непосредственной близости от водоема, определяемый посредством пьезометрических исследований и наблюдений в колодцах (рис. 18; табл. 5); 2) соседство гидрогеологического окна (рис. 3 и 4); 3) формирование впадины в проницаемых четвертичных образованиях, выполняющих ископаемую долину Клодницы; 4) физико-химические свойства подземных вод в окружении водоема (рис. 19 и 20); 5) данные воднобалансовых расчетов для участка водосборного бассейна р. Клодницы, ограниченного

профилями Гливице и Ланы Мале, проведенные с учетом количества вод, отводимых Гливицким каналом (рис. 21).

Качество вод в районе водоема Дзержно Дуже определяется, прежде всего, присутствием аллохтонных загрязнений, поступающих из выше расположенных сильно урбанизированных и индустриализированных участков водосбора (рис. 24–31). По сравнению с водами автохтонными окружения водоема, воды, поступающие из западной части Катовицкой возвышенности, характеризуются более высокой минерализацией, превышающей минерализацию местных вод даже в 10 раз. Оборудование в крупной песчаной выработке водоема Дзержно Дуже и направление к нему загрязненных вод, формирующихся в западной части Катовицкой возвышенности, несмотря на существенное улучшение некоторых качественных параметров вытекающих из водоема вод (рис. 24–31) не решает проблемы загрязнения ниже расположенных участков водосбора р. Клодницы, питающей р. Одру. Связано это с вопросами т.н. химической аккумуляции в озерах и водоемах, которую можно оценить, анализируя концентрации (рис. 24–31; табл. 6) и содержание субстанций (рис. 32–36); табл. 7) в водах приходной и расходной частей баланса. Таким образом установлено, что водоем Дзержно Дуже, не меняя существенно качества поверхностных вод, тем не менее, снижает концентрации загрязнений, а также играет роль их накопителя (например, взвесей и засоляющих веществ). В некоторых случаях (органические вещества) однако, водоем сам является источником загрязнения вод. Следует признать, что процесс этот представляет серьезную опасность для подземных вод – их загрязнения (в четвертичных и триасовых отложениях) низкокачественными озерными водами.

Аккумулирующийся в водоеме обломочный материал также является, в значительной степени, загрязненным, что подтверждается хотя бы содержанием в нем тяжелых металлов, сопоставимым с их концентрациями, установленными для антропогенно-преобразованных районов и превышающими естественные геохимические уровни.

Гидрохимические исследования, использующие существующую убогую сеть исправных пьезометров, а также колодцев (рис. 18) подтверждают факт инфильтрации вод, дают возможность определения направлений миграции загрязненных озерными водами вод первого от поверхности водоносного горизонта, а также ареалов их негативного влияния.

Территориальное влияние водоема на изменение физико-химических свойств подземных вод (первого горизонта) и соответственно их потребительского качества, хорошо видно на расстоянии километра к западу от водоема (табл. 8). Есть основания считать, что зона влияния водоема на формирование физико-химических свойств подземных вод простирается еще далее к западу. Предпосылкой подобного допущения являются результаты исследования водоема Плавневице (рис. 19 и 20). С поступлением загрязнений из водоема многие исследователи связывают прогрессирующее снижение качества подземных вод в триасовых отложениях. Вариации качества вод хорошо заметны на примере некоторых (из нескольких десятков) водозаборов (табл. 9). Особенно низкой потребительской ценностью и вредными физико-химическими свойствами отличаются подземные воды той части триасового накопителя, которая располагается в непосредственной близости от гидрогеологического окна над ним – в третичных отложениях (табл. 9).

Одним из проявлений существенного загрязнения водоема Дзержно Дуже является эвтрофикация вод. Главное значение в поступлении биогенных (органических) загрязнений имеет сам водосбор, а также приповерхностные отложения. Обогащенность водоема фосфором и азотом указывает на высокую его степень эвтрофикации (табл. 10, рис. 37–39). Вследствия обилия элементов, стимулирующих органическую жизнь в водоеме, в теплое время года в водоеме происходит массовое размножение фитопланктона (т.н. „цветение” воды) и, соответственно, в летне-осенний период увеличивается сток взвешенных веществ. Биоиндикатором высокой нитрофильности воды является также растительность, произрастающая в литоральной зоне несмотря на фитотоксические свойства прибрежного грунта, колебания уровней воды, береговые процессы. Процессы эвтрофикации дополнительно влияют на распределение в воде кислородной массы, что отражается в суточных колебаниях содержания кислорода в водах эпилимниона. Эвтрофикация, следовательно, представляет собой серьезную эксплуатационную, рекультивационную и природоохранную проблему, учитывая к тому же, что поступающие в водоем аллохтонные загрязнения оказывают существенное влияние на формирование термо-кислородных условий и освещенности водной массы.

В водоеме установлено два периода водообмена: весенней гомотермии и более продолжительного периода – гомотермии осенней. В теплый период в водоеме формируется нормальная слоистость (анотермия), в холодном же периоде возникает обратная стратификация (катотермия). Следует подчеркнуть, что воды водоема испытывают также тепловое загрязнение (рис. 40–42). Средняя годовая температура вод, питающих водоем Дзержно Дуже, примерно на 3°C превышает среднегодовую температуру воздуха в районе и на 1,6°C среднегодовую температуру стоковых вод, направляющихся к другим водоемам (Пшечице, Козлова Гура, Погория III, Плавневице), подверженных антропогенному воздействию в меньшей степени.

Заслуживает внимания факт термических различий восточной и западной частей водоема (рис. 40–42; табл. 11), фиксируемых наличием горизонтальных термических градиентов, характерных для водных объектов реолимнического типа и обусловленный, в меньшей степени, притоком в водоем вод с антропогенно повышенной температурой.

Сильное загрязнение озерных вод определяет во многом их кислородный режим (рис. 43 и 44), редко характеризующийся пересыщением или полным насыщением озерных вод кислородом и отличающийся, чаще всего, уровнем насыщения, пограничным между нормальным и недонасыщением. Особо неблагоприятными следует считать условия насыщения вод кислородом в период летней стратификации. В это время отмечаются периоды (длящиеся по нескольку десятков дней) отсутствия кислорода в гипolimнионе, приводящего к выделению сероводорода и переокислению сильно эвтрофицированных эпилимнических вод.

Высокая степень загрязненности водоема аллохтонными загрязнениями оказывает существенное влияние на формирование кислородных условий: профили в восточной части чаши водоема отличаются существенно меньшим насыщением вод кислородом. В западном направлении происходит постепенное улучшение кислородных условий. Тем не менее, даже в западной части водоема,

они далеки от состояния водных объектов, лишенных антропогенных загрязнений. Несмотря на неблагоприятные кислородные условия в водоеме в целом, его сточные воды содержат намного больше кислорода (в среднем на $3,3 \text{ мг } \text{O}_2/\text{дм}^3$), чем поверхностные воды, поступающие в водоем. Беспокойство вызывает при этом тот факт, что возрастание содержания кислорода в водах ниже водоема обусловлено, прежде всего, эвтрофикационными процессами, протекающими в водоеме и поглощающими кислород. Прозрачность вод водоема (рис. 45) типична для эвтрофных озер и укладывается в пределы наиболее часто встречаемых показателей, характерных для низинных озер.

Широкая проблематика работы конкретизирована в синтетическом обобщении, содержащем оценку состояния исследуемого объекта в сравнении с главными лимнологическими типологиями, а также с учетом опубликованных и неопубликованных результатов изучения естественных и искусственных водоемов (рис. 46–48; табл. 12–20). Особенности водоема Держно Дуже проявляются, на фоне других озер и искусственных водоемов, в наиболее высокой степени антропогенизации составляющих водного баланса, а также в весьма редко встречающемся уровне загрязнения. Проведенное изучение водоема создает предпосылки для прогнозирования механизма протекания процессов деградации качества озерных вод на объектах, функционирующих в настоящее время в условиях несравненно меньшего преобразования среды.

Na pierwszej stronie okładki
Zbiornik Dzierżno Duże
Na czwartej stronie okładki
u góry: *Kłodnica powyżej zbiornika Dzierżno Duże;*
u dołu: *Kanał Gliwicki powyżej śluzy Dzierżno*

Fotografie
Mariusz Rzętała

Redaktor
Grażyna Wojdała

Redaktor techniczny
Barbara Arenhövel

Korektor
Mirosława Żłobińska

Copyright © 2000
by Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 0208-6336
ISBN 83-226-1024-6

Wydawca
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice

Wydanie I. Nakład: 220 + 50 egz. Ark. druk. 11.0. Ark. wyd.
16,0. Przekazano do składu w październiku 2000 r. Podpisano do
druku w grudniu 2000 r. Papier offset. III kl. 80 g. Cena 20 zł

Drukarnia „Goldpress” Adam i Izabela Kramarz,
ul. Płonów 24, 41-200 Sosnowiec



PN 1913

nr inw.: BG - 298839



BG 298839



ISSN 0208-6336

ISBN 83-226-1024-6