



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

Title: Przemiany geosystemów zbiorników wodnych powstałych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej

Author: Robert Machowski

Citation style: Machowski Robert. (2010). Przemiany geosystemów zbiorników wodnych powstałych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej. 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



Robert Machowski

Przemiany

geosystemów zbiorników wodnych
powstałych w nieckach osiadania
na Wyżynie Katowickiej

**Przemiany
geosystemów zbiorników wodnych
powstałych w nieckach osiadania
na Wyżynie Katowickiej**



NR 2811

Robert Machowski

**Przemiany
geosystemów zbiorników wodnych
powstałych w nieckach osiadania
na Wyżynie Katowickiej**

Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego



Katowice 2010

Redaktor serii: Nauki o Ziemi
Andrzej T. Jankowski

Recenzent
Zdzisław Michalczyk

Publikacja będzie dostępna — po wyczerpaniu nakładu — w wersji internetowej:

Śląska Biblioteka Cyfrowa

www.sbc.org.pl

Spis treści

1. Wstęp	7
1.1. Zarys problemu	7
1.2. Przegląd literatury	9
1.3. Cele i metody badań, materiały źródłowe	13
2. Charakterystyka obszaru badań	17
2.1. Lokalizacja obszaru badań	17
2.2. Budowa geologiczna	20
2.3. Rzeźba terenu	24
2.4. Warunki klimatyczne	26
2.5. Wody powierzchniowe	30
2.6. Wody podziemne	33
2.7. Gleby, pokrywa roślinna i fauna	35
2.8. Zagospodarowanie terenu	37
3. Charakterystyka zbiorników wodnych	39
3.1. Geneza zbiorników wodnych	39
3.2. Czasowe zmiany zbiorników wodnych	50
3.3. Charakterystyka morfometryczna i hydrotechniczna zbiorników wodnych	61
4. Procesy brzegowe i osady dennego zbiorników wodnych	71
4.1. Uwarunkowania procesów oraz form brzegowych	71
4.2. Osady dennego jako wskaźnik zmian ekologicznych	80
5. Zmienność wybranych właściwości fizykochemicznych wody	89
5.1. Żyzność wody	90
5.1.1. Substancje biogenne	90
5.1.2. Warunki termiczno-tlenowe jako wskaźnik dynamiki i żyzności masy wodnej	106
5.2. Zasolenie wody jako funkcja obciążeń antropogenicznych	116
5.3. Metale ciężkie	124

6. Zbiorniki w nieckach osiadania jako nowe nisze ekologiczne	137
7. Podsumowanie	145
Literatura	149
Summary	173
Резюме	176

1.1. Zarys problemu

Wyżyna Śląska, a w szczególności obszar znajdujący się w jej centralnej części utożsamiany z Wyżyną Katowicką, odznacza się największymi w skali całego kraju zmianami środowiska przyrodniczego spowodowanymi gospodarczą działalnością człowieka. Decydujące znaczenie w tym względzie odegrała industrializacja (znaczna koncentracja wielu gałęzi przemysłu i górnictwa) oraz związany z nią postęp urbanizacji. Pociągnęło to za sobą napływ na te tereny dużej liczby ludności. Szeroko rozumiana antropopresja objęła wszystkie elementy środowiska naturalnego: atmosferę, litosferę, pedosferę, hydrosferę i biosferę. W konsekwencji działań gospodarczych pojawiło się w krajobrazie Wyżyny Śląskiej wiele różnego rodzaju sztucznych form terenu. Wśród nich wyróżnia się zarówno formy wypukłe (hałdy, zwałowiska, nasypy, kopce itp.), jak i wklęsłe (wyrębiska poeksploatacyjne, rowy, niecki osiadania oraz zapadliska itp.), które w znaczącym stopniu przyczyniły się do zatarcia naturalnych rysów rzeźby tego terenu (KARAS-BRZOZOWSKA, 1960; ŻMUDA, 1973; *Mapa przeobrażeń...*, 1982; JANIA, 1983; WACH, 1991; SZCZYPEK, 1995; KOZYREVA, RZĘTAŁA, 1999; PEŁKA-GOŚCINIAK, 2006; RAHMONOV i in., 2008 i in.).

Zagłębienia terenu powstałe po odkrywkowej eksploatacji surowców mineralnych odznaczają się dużymi rozmiarami. W wielu przypadkach utrzymują się w nich zbiorniki wodne. Natomiast, jak podaje M.A. RZĘTAŁA (2003), nowo powstające wyrębiska będą w przyszłości najczęściej rekultywowane właśnie w kierunku wodnym. Największe powierzchnie mają obiekty wypełniające wyrębiska związane z eksploatacją plejstocenijskich piasków podsadzkowych przeznaczonych dla kopalń węgla kamiennego. W tej grupie znajdują się takie zbiorniki, jak: Dzierżno Duże i Dzierżno Małe, Pławniowice, Dzieckowice, Rogoźnik, Sosina,

Pogoria I, Pogoria II i Pogoria III oraz zbiornik Kuźnica Warężyńska (MACHOWSKI i in., 2006a). Ponadto na omawianym obszarze wyróżnia się także kilka innych genetycznych grup antropogenicznych zbiorników wodnych (JANKOWSKI, WACH, 1980; JANKOWSKI, 1986; CZAJA, 1999; RZĘTAŁA, 2000a). Pochodzenie tych obiektów w ogromnej większości przypadków ma ścisły związek z gospodarczą działalnością człowieka. Powstają one w wyniku celowych i zaplanowanych działań, np.: zbiorniki zaporowe, przeciwpożarowe, przemysłowe, a także nie zawsze przewidywanego osiadania terenu. Często w przypadku wielu zbiorników dochodzi do nakładania się kilku czynników sprawczych, dlatego też czasami trudno jednoznacznie wskazać główny proces decydujący o ich genezie (poligeneza). Jednak najliczniejsze na obszarze Wyżyny Katowickiej są zbiorniki powstałe jedynie przy częściowym udziale czynnika antropogenicznego, jako niezamierzony efekt gospodarczej aktywizacji regionu (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 2004). Są to zbiorniki wodne w nieckach osiadania i znacznie rzadziej w zapadliskach. Zasięg ich występowania obejmuje obszary podziemnej eksploatacji surowców mineralnych (węgiel kamienny, rudy cynku i ołowiu), na których występuje zjawisko osiadania i zapadania terenu. Konsekwencje węgłnej eksploatacji kopalin widoczne na powierzchni terenu obejmują około 1 tys. km² obszaru Wyżyny Śląskiej (MACHOWSKI, RZĘTAŁA, 2006a), a ocenia się, że docelowo osiadania terenu będą dotyczyć blisko 1,5 tys. km² (DWUCET i in., 1992). Zbiorniki w nieckach osiadania już od wielu lat są powszechnym elementem krajobrazu Wyżyny Katowickiej. Bez wątplenia można stwierdzić, że nadal będą się tworzyć tego typu obiekty. Często powstanie zbiorników wodnych w nieckach osiadania powoduje wymierne szkody finansowe i utrudnienia w życiu ludzi (JANKOWSKI i in., 2001). Dotyczy to szczególnie obszarów Wyżyny Katowickiej, które zostały zagospodarowane przez człowieka. Mimo znacznej liczby zbiorników wodnych w nieckach osiadania, brak jest przykładów racjonalnego i optymalnego ich wykorzystania. Wpływa na to wiele czynników, które przyczyniają się do braku zainteresowania tymi akwenami. Pozostają bez jakiegokolwiek nadzoru i podlegają naturalnym przemianom, wynikającym jedynie z uwarunkowań panujących w ich najbliższym otoczeniu oraz w zlewni.

Na Wyżynie Katowickiej i jej obrzeżu liczba sztucznych zbiorników wodnych jest tak duża, że tereny te można porównywać z obszarami pojeziernymi w Polsce północnej (CHOIŃSKI, 2007a). Liczba kilku tysięcy obiektów spełniających funkcje retencyjne, przy znacznej powierzchni, jaką zajmują, pozwala już od dość długiego czasu mówić o tych terenach jako o swoistym „pojezierzu antropogenicznym” (JANKOWSKI, 1986; CZAJA, 2003; JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 2004; MACHOWSKI i in., 2006b; MACHOWSKI, RZĘTAŁA, 2006a; RZĘTAŁA, 2008). W podręczniku do limnologii fizycznej Polski A. CHOIŃSKI (2007b) zwraca uwagę na fakt stałego wzrostu liczby sztucznych zbiorników oraz zajmowanej przez nich powierzchni. Jednocześnie wskazuje na konieczność prowadzenia komplementarnych badań hydrologicznych tego typu obiektów.

Zbiorniki wodne zajmujące niecki powstałe w wyniku osiadania terenu spowodowanego wgłębną eksploatacją surowców mineralnych występują także w innych regionach Polski. O „pojezierzu antropogenicznym” wspomina L. KOZACKI (1980), odnosząc się do środkowego Poodrza, gdzie na terenach Łuku Mużakowskiego występuje nieco ponad 100 zbiorników. Część z nich ma genezę zapadliskową, gdyż powstały w związku z przekształceniami terenu, wywołanymi podziemnym wybieraniem węgla brunatnego (ŻABA, 1977). Najmłodsze zbiorniki na wspomnianym terenie funkcjonują w środowisku już od około 35 lat, natomiast wiek najstarszych przekracza 100 lat. Cechą wyróżniającą jest niski odczyn retencjonowanych wód, a pH dość często kształtuje się na poziomie poniżej 4. Sytuacja taka spowodowana jest utlenianiem perytów i powstawaniem kwasu siarkowego (JĘDRZAK, 1992). Zbiorniki wodne w nieckach osiadania powstały także na Lubelszczyźnie, w zasięgu oddziaływania Kopalni Węgla Kamiennego „Bogdanka”. Przekształcenia powierzchni terenu objęły swym zasięgiem tereny o powierzchni około 25 km², a stwierdzone obniżenia maksymalnie wynoszą nieco ponad 3 m. W wyniku zaistniałych przeobrażeń środowiska powstały dwa zbiorniki, przy czym każdy z nich zajmuje dosyć dużą powierzchnię. Jako pierwszy, bo w 1995 r., zaczął funkcjonować zbiornik Nadrybie, który w tym czasie zajmował powierzchnię około 5 ha. W okresie 20 lat powierzchnia tego zbiornika wzrosła czterokrotnie i w 2006 r. wynosiła nieco ponad 20 ha. Jako drugi, w latach 1995–2000, powstał zbiornik Szczecin, który w 2002 r. zajmował powierzchnię wynoszącą blisko 1 km². Według danych podawanych przez Z. MICHALCZYKA i in. (2007), zasięg tego zbiornika na wiosnę 2006 r. wynosił jedynie 35 ha. Oba wymienione zbiorniki są stosunkowo płytkie. Maksymalna głębokość w pierwszym z nich wynosi jedynie 1,2 m, natomiast w drugim najgłębsze miejsce osiąga nieco ponad 2 m. Odnaczają się także dosyć dużą zmiennością powierzchni, która w istotny sposób powiązana jest z zasobami płytkich wód podziemnych oraz z zasilaniem wodami opadowymi i roztopowymi (CHMIEL i in., 2002).

1.2. Przegląd literatury

Przeprowadzona kwerenda biblioteczna wykazała wiele krajowych publikacji, zwłaszcza w literaturze geograficznej, w których poruszana jest problematyka dotycząca zbiorników wodnych w nieckach osiadania. Jednocześnie stwierdzono brak tego typu prac w literaturze zagranicznej, co potwierdziły również poszukiwania w internetowych bazach danych o zasięgu globalnym, w których odnaleziono pojedyncze prace z tej tematyki.

Zbiorniki wodne w nieckach osiadania stanowią najczęściej obiekty badań prowadzonych w ramach rozważań hydrologicznych, geomorfologicznych, biologicz-

nych i krajobrazowych. Również w innych dziedzinach nauk można odnaleźć informacje związane ze zbiornikami antropogenicznymi. Bardzo często zbiorniki te opisywane są bez rozróżniania ich pochodzenia, pod jedną, wspólną nazwą. Zbiorniki antropogeniczne zostały wyodrębnione w czasie opracowywania *Mapy hydrograficznej GOP* z 1959 r., czego odzwierciedleniem było umieszczenie na jej arkuszach oraz w legendzie zbiorników w zapadliskach. Wśród autorów wspomnianej *Mapy...* (1959) była A. Leś-Rogoż, która w opracowaniu z 1962 r., stanowiącym pewnego rodzaju komentarz do wspomnianej *Mapy...* (1959), przedstawiła klasyfikację antropogenicznych zbiorników wodnych. Niestety, zbiornikom wodnym w nieckach osiadania autorka ta poświęciła niewiele miejsca, ograniczając się jedynie do ich skrótowego opisu. Małe zainteresowanie zbiornikami antropogenicznymi utrzymywało się dość długo. Dopiero S. ŻMUDA (1973), w monografii zawierającej szczegółowy opis ewolucji środowiska przyrodniczego konurbacji górnośląskiej pod wpływem intensywnej antropopresji, okazał im większe zainteresowanie. Jednak poza tą pozycją trudno odnaleźć informacje dotyczące rozpatrywanego zagadnienia w opublikowanej formie. W 1979 r. ukazała się praca Z. ZIEMOŃSKIEJ (1979), a rok później A.T. JANKOWSKIEGO i J. WACHA (1980), w których znajdują się opisy wszystkich genetycznych typów antropogenicznych zbiorników wodnych występujących między innymi na terenach Wyżyny Katowickiej oraz ich funkcji i sposobów wykorzystania. Dopiero w drugiej połowie lat 80. ubiegłego wieku pojawiło się większe zainteresowanie zbiornikami zajmującymi niecki osiadania, czego wyrazem są kolejne publikacje pochodzące z tamtego okresu (np.: JANKOWSKI, 1986, 1987; JANKOWSKI, ZOBEK, 1987).

Ze względu na znaczną dynamikę zmian opisywanych zbiorników opracowania przedstawiające ich ilościową charakterystykę na obszarze Wyżyny Śląskiej dosyć szybko tracą na aktualności. Podczas przeprowadzonej pod koniec lat 70. XX w. terenowej inwentaryzacji antropogenicznych zbiorników wodnych, obejmującej obszar Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego i jego obrzeżenia, wykonanej przez pracowników Instytutu Geografii Uniwersytetu Śląskiego, stwierdzono występowanie 251 zbiorników w zapadliskach po eksploatacji węgla kamiennego oraz rud, co stanowiło 14,7% ogólnej liczby wszystkich zbiorników (TREMBACZOWSKI, JANKOWSKI, 1980). Zaznaczyć należy, że uzyskana liczba jest zaniżona, gdyż nie uwzględniono zbiorników o złożonej genezie, tzn. powstałych w wyrobiskach na obszarach podlegających osiadaniom. Poza tym odosobnionym przypadkiem, w późniejszym czasie nie prowadzono szczegółowych badań terenowych polegających na inwentaryzacji tego typu akwenów. Nie oznacza to, że w literaturze nie ma żadnych informacji na temat liczebności zbiorników w nieckach osiadania. Jak podają A.T. JANKOWSKI i in. (2001), szczegółowe zestawienia tych obiektów zostały przedstawione dla wybranych jednostek administracyjnych (np. miasto) i gospodarczych (jak konurbacja katowicka), a także poszczególnych zlewni (np. Rawa). W przypadku tych ostatnich takie zestawienia zostały wykonane dla zlewni Rawy (CZAJA, 1997a) oraz Bytomki (CZAJA, 1999). Zarówno w jednym, jak i w drugim przypadku analiza zmian wystę-

powania zbiorników została oparta na mapach topograficznych z lat 1902, 1955 oraz 1994. Znacznie więcej tego typu wyliczeń wykonano dla miast wchodzących w skład Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Pierwszym miastem, w granicach którego przeanalizowano występowanie zbiorników wodnych w nieckach osiadania, był Bytom (JANKOWSKI, 1991). Następnie zestawienia przedstawiające liczebność tego typu akwenów wykonano dla Sosnowca, Katowic oraz Świętochłowic (CZAJA, 1994, 1995, 1997b). Także w przypadku Chorzowa można prześledzić zmiany występowania tych zbiorników udokumentowane przez S. CZAJĘ i M. RZĘTAŁĘ (1999). Ponadto S. CZAJA i V. DEGÓRSKA (1989) w szczegółowy sposób przedstawili czasowe zmiany występowania zbiorników wodnych na obszarze pola górniczego KWK „Powstańców Śląskich” w rejonie Radzionkowa oraz Bytomia. Natomiast największym obszarem, dla którego zestawiono liczbowe dane na temat opisywanej grupy genetycznej zbiorników wodnych, jest konurbacja katowicka. S. CZAJA (1999) podaje, że na jej terenie w 1902 r. występowało jedynie 26 zbiorników w nieckach osiadania, natomiast w 1994 r. było ich aż 369, co stanowiło nieco ponad 31% ogólnej ich liczby oraz blisko 50% zajmowanej powierzchni wszystkich sztucznych zbiorników wodnych. Ponadto, poza wymienionymi przykładami, do chwili obecnej powstało wiele opracowań, w których zawarto zestawienia liczbowe obejmujące swym zasięgiem zarówno jednostki fizycznogeograficzne, jak i sztuczne, wydzielone przez człowieka. Jednak podawane w nich wartości odnoszą się do wszystkich genetycznych typów antropogenicznych zbiorników wodnych, wśród których wymieniane są także te w nieckach osiadania (np.: JANKOWSKI, 1986; RZĘTAŁA, 1995, 1996, 1998a, 2008; JAŚKO i in., 1997; JANKOWSKI i in., 2003; RUMAN, 2004a; MACHOWSKI, RZĘTAŁA, 2006b).

Obszar silnie zurbanizowanej Wyżyny Katowickiej odznacza się koncentracją wodochłonnych gałęzi przemysłu. Na podstawie przytoczonych informacji o liczbie zbiorników na tym terenie można by sądzić, że potrzeby wodne regionu są zaspokajane. Niestety, obserwowane na przestrzeni lat zwiększenie retencji nie rozwiązywało problemu deficytu wód czystych. Pojawiające się nowe zbiorniki w nieckach osiadania nie poprawiały w znaczący sposób tej sytuacji. Jak podają A.T. JANKOWSKI i in. (2001), wykorzystanie zasobów wodnych zgromadzonych w misach tych zbiorników w większości przypadków nie jest możliwe, między innymi z uwagi na ich niewielką pojemność oraz powierzchnię, rozlewiskowy charakter i znaczne zmiany wysokości lustra wody. Ponadto zbiorniki te najczęściej występują na obszarach uznawanych za nieużytki oraz na terenach, na których nadal prowadzona jest węgłna eksploatacja surowców mineralnych, a więc tam, gdzie górotwór nadal nie jest ustabilizowany, a powierzchnia terenu podlega osiadanom. To wszystko sprawia, że jakość retencjonowanych wód w wielu przypadkach jest pozaklasowa (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 1996). Zagadnienie jakości retencjonowanych wód opisywane jest dość obszernie. Zwłaszcza w ostatnich latach obserwuje się nasilenie prowadzonych badań w tym kierunku, czego wyrazem jest duża liczba publikacji traktujących o stanie czystości wód stojących (np.: JANKOWSKI, RZĘTAŁA,

1997a, 2000; RZĘTAŁA, 1999; MACHOWSKI i in., 2000; MACHOWSKI, NITKIEWICZ-JANKOWSKA, 2003; MOLENDĄ, WACH, 2003; JANKOWSKI i in., 2004; RUMAN, 2004b; MACHOWSKI, 2005a, b). Funkcjonowanie opisywanych zbiorników w pobliżu zwałowisk, wysypisk śmieci oraz na obszarach pozbawionych kanalizacji niekorzystnie wpływa na właściwości fizykochemiczne ich wód. Zła jakość wody jest konsekwencją spływu powierzchniowego oraz wynika z odprowadzania do nich ścieków przemysłowych i gospodarczo-bytowych, a także zasolonych wód kopalnianych. W wielu zbiornikach na dużą skalę stwierdza się eutrofizację wody, przejawiającą się intensywnym jej zakwitaniem (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 1998; JANKOWSKI i in., 1999; RZĘTAŁA, WACH, 1999; MACHOWSKI, 2007). Liczne zbiorniki odznaczają się także znacznym stopniem zasolenia wód (RZĘTAŁA, WACH, 1997; JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 1999; CIEŚLIŃSKI i in., 2009), objawiającym się między innymi wysokimi zawartościami chlorków oraz siarczanów (MOLENDĄ, RZĘTAŁA, 2002). Jednym z czynników powodujących zaburzenie prawidłowego rozkładu natlenienia toni wodnej jest nieodpowiednia jakość retencjonowanych wód. Jest to przyczyną przetlenia wód epilimnionu oraz okresowych braków tlenu w hypolimnionie, zwłaszcza przy długotrwałym utrzymywaniu się pokrywy lodowej (MOLENDĄ, 1998, 1999a, 2005; MOLENDĄ, WACH, 2003). Znamienne dla obszaru Wyżyny Katowickiej jest zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi, w tym również środowiska wodnego. Jednak – jak podaje R. MACHOWSKI (2004) – w wodzie zbiorników w nieckach osiadania metale z tej grupy występowały w stosunkowo niewielkich ilościach i najczęściej ich stężenia mieściły się w granicach I klasy czystości wód powierzchniowych, w ujęciu pięciostopniowej klasyfikacji zawartej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. Natomiast znacznie większe ich ilości stwierdzono w osadach wyścielających dna wielu różnych pod względem genezy (w tym w nieckach osiadania) antropogenicznych zbiorników wodnych zlokalizowanych na opisywanym obszarze (np.: KORCZ, STRZYSZCZ, 1995; KOZŁOWSKI, KOSTECKI, 1995; MOLENDĄ, 2001; JANKOWSKI i in., 2002; RZĘTAŁA i in., 2002; RZĘTAŁA, 2003; JANKOWSKI i in., 2005a; JANKOWSKI i in., 2006). Natomiast zupełnie marginalnie traktowane są zagadnienia obejmujące procesy brzegowe w opisywanych zbiornikach. Pewne informacje na ten temat można odnaleźć w publikacji M.A. RZĘTAŁY (2003), która wskazuje główne kierunki rozwoju procesów brzegowych, stwierdzając zdecydowaną przewagę akumulacji nad abrazją. Klasyfikację brzegów tego typu zbiorników na obszarze między Sosnowcem, Katowicami a Mysłowicami zaprezentowały R. DULIAS i M. RUDNICKA (2000). Jednym z kryteriów wydzielenia, jakie wzięto pod uwagę, był rodzaj roślinności występującej na brzegach tych zbiorników; przedstawiono również klasyfikację uwzględniającą ich ukształtowanie.

Zupełnie odmiennym zagadnieniem poruszonym w literaturze jest rola zbiorników w nieckach osiadania jako obiektów kształtujących warunki siedliskowe i charakter bioróżnorodności. Pojawienie się tego typu akwenów ma niebagatelny wpływ na środowisko przyrodnicze, już bowiem z chwilą zainicjowania procesu

osiadania stają się one impulsem do tworzenia nowych ekosystemów (TOKARSKA-GUZIĆ, ROSTAŃSKI, 1996). Powstanie powierzchni wodnych i związany z nimi rozwój roślinności stanowią doskonałe miejsca dla gniazdowania oraz lęgu ptaków wodno-błotnych. Tereny te uznawane są również za cenne stanowiska rozrodu licznych gatunków płazów (CEMPULIK i in., 2004; SOŁTYSIK, 2004), mięczaków (LEWIN, 2002, 2003; STRZELEC, SERAFIŃSKI, 2004), ryb (KWIATKOWSKI, POKORA, 2003) i wielu innych gatunków przedstawicieli fauny oraz flory (np. STAŃKO, STRZELEC, 1992; HOŁAK i in., 1996; STRZELEC, 1996; DERYŁO i in., 2002; KRODKIEWSKA, 2003; LEWIN, SMOLIŃSKI, 2006). W zbiornikach wodnych, w nieckach osiadania oraz na przyległych do nich terenach często występują rzadkie gatunki roślin i zwierząt. W celu ochrony unikatowych pod względem przyrodniczym obszarów – nie tylko w skali Wyżyny Katowickiej, ale i całego kraju – obejmuje się tego typu tereny prawnymi formami ochrony. Doskonałym przykładem jest tu opisywany niejednokrotnie Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy „Żabie Doły” (BETLEJA, CEMPULIK, 1992; PIONTEK, 2001; KOMPALA i in., 2004), w granicach którego występują opisywane także w niniejszej pracy zbiorniki wodne w nieckach osiadania.

Bardzo duże nagromadzenie zbiorników wodnych, nie tylko tych w nieckach osiadania, na obszarze Wyżyny Śląskiej wywiera znaczące piętno w krajobrazie tych terenów (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 2004). Od wielu lat prowadzone są badania zmierzające do określenia ekologicznej roli zbiorników w antropogenicznie przekształconym krajobrazie regionu górnośląskiego (np.: PEŁKA-GOŚCINIAK, SZCZYPEK, 1995; RZĘTAŁA, RAHMONOV, 2000; KAMIŃSKI i in., 2003; MACHOWSKI, 2003; PEŁKA-GOŚCINIAK, WAGA, 2003; JAGUŚ i in., 2004; RAHMONOV i in., 2006; RZĘTAŁA i in., 2006; MACHOWSKI, RUMAN, 2007; RZĘTAŁA, 2007; PEŁKA-GOŚCINIAK i in., 2008; RAHMONOV i in., 2008).

1.3. Cele i metody badań, materiały źródłowe

Specyfika środowiska przyrodniczego Wyżyny Katowickiej, będącej pod wpływem działalności ludzkiej, ujawnia wiele cech charakterystycznych, które bezpośrednio odnoszą się do zmian zachodzących w stosunkach wodnych. Duże znaczenie w ich kształtowaniu odgrywają licznie występujące na tych terenach antropogeniczne zbiorniki wodne w nieckach osiadania. Identyfikacja problemów badawczych, oparta na rozpoznaniu środowiskowym i studiach literaturowych, pozwoliła na określenie ram niniejszego opracowania i sformułowanie celów pracy, które w szczególności dotyczą:

- zdefiniowania środowiskowych uwarunkowań powstawania zbiorników wodnych w nieckach osiadania w nawiązaniu do podziemnej eksploatacji surowców mineralnych;

- oceny zmian geosystemów zbiorników wodnych w nieckach osiadania zachodzących pod wpływem zróżnicowanej antropopresji;
- określenia roli zbiorników wodnych w nieckach osiadania w kształtowaniu warunków siedliskowych i bioróżnorodności niecek osiadania.

Postawione cele w szeroki sposób wyznaczyły zakres prac. Realizacja zamierzenia wymagała prowadzenia w obrębie zbiorników wodnych oraz w ich najbliższym otoczeniu komplementarnych obserwacji i pomiarów. Zakres opracowania narzucał konieczność interdyscyplinarnego podejścia badawczego, poza studiami terenowymi bowiem przeprowadzono wiele analiz fizykochemicznych w laboratorium. Ważną część stanowiły także prace kameralne, polegające między innymi na analizie map topograficznych i ortofotomap. Uzyskane wyniki pozwoliły na stosunkowo pełne przedstawienie charakterystyki zbiorników wodnych wypełniających zagłębienia powstałe na skutek osiadania gruntu, spowodowanego wgłębną eksploatacją surowców mineralnych. Na podstawie istniejącego już rozpoznania terenowego wytypowano 10 zbiorników wodnych do systematycznych pomiarów i obserwacji prowadzonych w latach 2003—2005.

Wody do analiz fizykochemicznych pobierano raz w miesiącu, przez okres trzech lat hydrologicznych (2003—2005), z 10 zbiorników zlokalizowanych w obrębie Wyżyny Katowickiej, a położonych w trzech obszarach podlegających osiadaniom. Właściwości fizykochemiczne wody oznaczano na podstawie bezpośrednich pomiarów w terenie oraz w Laboratorium Naukowo-Dydaktycznym Katedr Geograficznych Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego. Natomiast zawartość wybranych metali ciężkich w wodach została określona w Pracowni Absorpcyjnej Spektrometrii Atomowej tego samego Wydziału. Aby zapewnić niezmiennosć składu chemicznego wody, próbki pobierano do biernych chemicznie, zaopatrzonych w podwójny korek, butelek z wysokociśnieniowego polietylenu o pojemności 500 ml, zalecanych przez wielu badaczy (np.: KRAWCZYK, 1992; LEŚNIOK, 1996; RZĘTAŁA, 2000b). Pojemniki napełniano przez zanurzenie po ich trzykrotnym przepłukaniu wodą pobieraną do analizy (BURCHARD i in., 1990). W ten sam sposób pobierano wodę służącą do oznaczenia podstawowych jonów oraz wskaźników BZT₅ i ChZT, przy czym te ostatnie próbki dodatkowo utrwalano kwasem siarkowym (H₂SO₄) w ilości około 0,5 cm³. Natomiast próbki wody, w których mierzono fosforany oraz wybrane metale ciężkie, pobierano do pojemników o pojemności 250 ml. Pierwsze z nich utrwalano przez dodanie chloroformu (CHCl₃) w ilości około 1 cm³ (GOŁĘBIEWSKI, 1993). Z kolei próbki na metale ciężkie, w celu ich stabilizacji, zakwaszono ultraczystym, stężonym kwasem azotowym, dzięki czemu uniknięto rozcieńczenia pobranych próbek (WOLAK i in., 1995). Po przetransportowaniu próbek do laboratorium przechowywano je w temperaturze około 4°C do czasu wykonania analiz.

Bezpośrednio w terenie w wodach zbiorników dokonywano pomiaru: temperatury, odczynu, przewodnictwa elektrycznego właściwego, a także stężenia oraz stopnia nasycenia tlenem. Skład jonowy wody oznaczano w laboratorium.

Pomiar odczynu wody wykonywano metodą elektrometryczną za pomocą wodoszczelnego pehametru mikrokomputerowego CP-401, połączonego z elektrodą zespoloną firmy „Elmetron”. Pomiar przewodności elektrolitycznej właściwej wykonywano metodą konduktometryczną z użyciem wodoszczelnego konduktometru mikrokomputerowego CC-401 z elektrodą platynową firmy „Elmetron” (KRAWCZYK, 1999). Stopień nasycenia oraz stężenie tlenu w wodach mierzono miernikiem kieszonkowym WTW Oxi 330i firmy „Elmetron”, połączonym z sondą tlenową CelloX 325. Pomiary temperatury wody wykonywano za pomocą termometrów stanowiących integralną część wymienionych mierników.

Analizy chemiczne wody przeprowadzono zgodnie z przepisami zawartymi w Polskich Normach. Niekiedy, w celu usprawnienia przebiegu procesu pomiarowego, stosowano pewne modyfikacje metod zawartych w wytycznych podawanych w normach (KRAWCZYK, 1999).

Do oznaczenia twardości ogólnej, zawartości jonów wapnia (Ca^{2+}) oraz jonów wodorowęglanowych (HCO_3^-) wykorzystano metody miareczkowe, a zawartość jonów magnezu (Mg^{2+}) obliczono, korzystając z wyników kompleksometrycznego oznaczania twardości ogólnej i zawartości wapnia (MARKOWICZ, PULINA, 1979; KRAWCZYK, 1992). Stężenie azotanów określono metodą potencjometryczną z zastosowaniem elektrody jonoselektywnej (KRAWCZYK, 1989; DOJLIDO, ZERBE, 1997). Oznaczenie zawartości chlorków wykonano metodą potencjometryczną, korzystając z jonoselektywnej elektrody chlorkowej (DOJLIDO, ZERBE, 1997; KRAWCZYK, 1999). Fosforany (PO_4^{3-}) oznaczano metodą spektrofotometryczną za pomocą spektrofotometru SPECOL o długości fali 690 nm (SOBCZYŃSKI, 1992), siarczany (SO_4^{2-}) zaś mierzono metodą turbidymetryczną przy długości fali 440 nm na wspomnianym spektrofotometrze (KRAWCZYK, OPOLKA-GĄDEK, 1993). Stężenia jonów sodu (Na^+) i potasu (K^+) oznaczano metodą fotometrii płomieniowej, używając fotometru „Flapho 4”, typu FPM-871, firmy „Remed”. Pięciodobowe biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT_5) oznaczano respirometrycznym sposobem za pomocą główek Oxi Top. Natomiast chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT) oznaczono, stosując metodę nadmanganianową. Metale ciężkie w próbkach wody oznaczono na spektrometrze absorpcji atomowej SOLAAR M6.

Ponadto w obrębie opisywanych zbiorników wodnych wykonano sondowanie głębokości z pokrywy lodowej, stwarzającej najodpowiedniejsze warunki do tego typu badań (LANGE, 1993). Na podstawie przeprowadzonych pomiarów sporządzono plany batymetryczne. Z dna zbiorników pobrano kilkanaście próbek osadów dennych wyścielających ich misy, które następnie poddano analizie laboratoryjnej. W celu oznaczenia metali ciężkich pobrane próbki osadów wysuszono w temperaturze pokojowej i rozdrobniono w agatowym moździerz (MIGASZEWSKI, 1998). Odmierzone masy próbek w obecności kwasów: HF , HNO_3 i HCl , poddano rozpuszczaniu mikrofalowemu z użyciem mineralizatora mikrofalowego firmy Milestone. W tak spreparowanych próbkach wykonano oznaczenie zawartości wybranych pierwiastków śladowych, takich jak: cynk, kadm, miedź, nikiel oraz

ołów. Pomiar przeprowadzono w Pracowni Absorpcyjnej Spektrometrii Atomowej Wydziału Nauk o Ziemi UŚ, na wspomnianym spektrometrze absorpcji atomowej SOLAAR M6 produkcji angielskiej firmy Unicam Atomic Absorption.

Terenowe badania odnosiły się również do określenia typów brzegów, a także do opisu form brzegowych i charakterystyki warunków ich kształtowania. Z uwagi na stosunkowo niewielkie rozmiary samych zbiorników, a tym samym form brzegowych występujących w ich obrębie, do pomiarów wykorzystano podstawowe narzędzia miernicze (taśmy, tyczki, kompas). Pomocne w charakterystyce morfologicznej ewolucji mis zbiornikowych okazały się archiwalne mapy topograficzne z różnych okresów, obrazujące poszczególne etapy rozwoju zbiorników, a w ostatnich latach także zdjęcia satelitarne powszechnie dostępne na stronach internetowych (np.: <http://www.zumi.pl>, <http://maps.geoportal.gov.pl>, <http://maps.google.pl>).

W trakcie obserwacji terenowych przystąpiono również do wstępnego rozpoznania florystycznego i charakterystyki świata zwierzęcego — zgodnie z wytycznymi podawanymi między innymi przez W. MATUSZKIEWICZ (1981) oraz M. GUTRY-KORYCKĄ i H. WERNER-WIĘCKOWSKĄ (1996).

Całość prowadzonych badań terenowych, laboratoryjnych i kameralnych wzbogacona została o informacje pozyskane z publikowanych oraz niepublikowanych źródeł pochodzących z różnych instytucji. Zebrany materiał oraz wyniki analiz laboratoryjnych, a także dane liczbowe pochodzące z materiałów archiwalnych poddane zostały podstawowej obróbce statystycznej (GREGORY, 1976; RUNGE, 2006) z zastosowaniem programu komputerowego Excel.

2

Charakterystyka obszaru badań

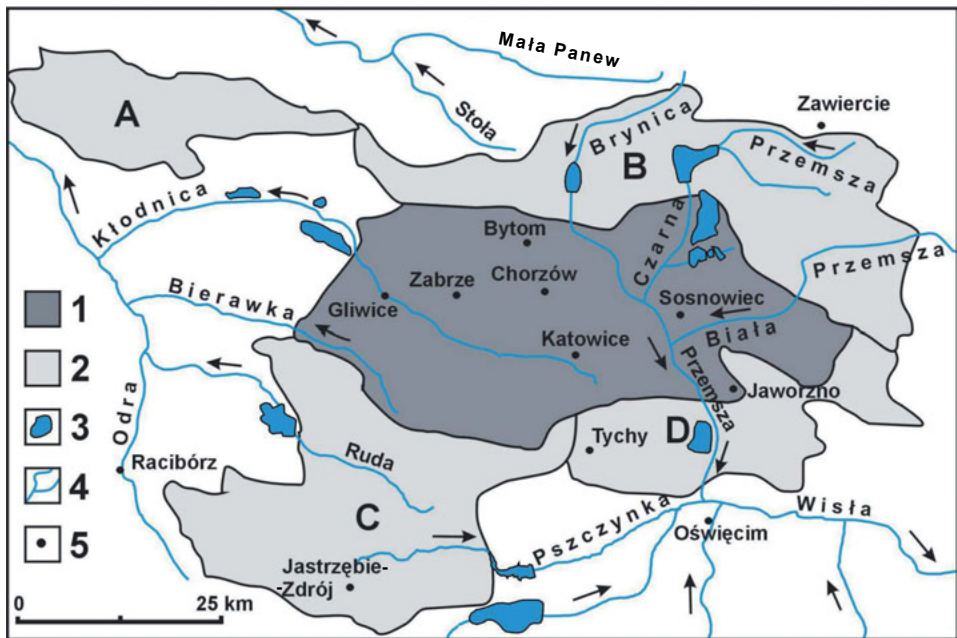
2.1. Lokalizacja obszaru badań

Badaniami objęto antropogeniczne zbiorniki wodne powstałe w nieckach osiadania, położone w centralnej części Wyżyny Śląskiej (KONDRACKI, 2002), w mezoregionie Wyżyna Katowicka (tabela 1, rys. 1). Obszar ten, o powierzchni 1311,3 km², wraz z pozostałymi czterema mezoregionami (Chełm, Garb Tarnogórski, Pagóry Jaworznickie, Płaskowyż Rybnicki), stanowi makroregion nazywany Wyżyną Śląską (341.1). Od południowego zachodu Wyżyna Katowicka (341.13) graniczy z Płaskowyżem Rybnickim (341.15), natomiast po południowo-wschodniej stronie jednostką sąsia-

Tabela 1. Współrzędne geograficzne zbiorników wodnych w nieckach osiadania położonych na Wyżynie Katowickiej (numeracja jak na rys. 2)

Table 1. Geographical coordinates of water reservoirs in subsidence depressions located in the Katowice Upland (numbers as in fig. 2)

Numer zbiornika	Lokalizacja	Szerokość geograficzna	Długość geograficzna
1	Sosnowiec-Kazimierz	50°16'56.40" N	19°13'29.61" E
2	Sosnowiec-Kazimierz	50°16'56.22" N	19°13'39.52" E
3	Sosnowiec-Kazimierz	50°17'02.25" N	19°14'05.38" E
4	Sosnowiec-Kazimierz	50°16'50.45" N	19°14'12.34" E
5	„Żabie Doły”	50°19'54.50" N	18°57'13.79" E
6	„Żabie Doły”	50°19'48.41" N	18°57'25.69" E
7	„Żabie Doły”	50°19'44.78" N	18°57'14.76" E
8	Zabrze-Makoszowy	50°15'25.12" N	18°46'08.64" E
9	Zabrze-Makoszowy	50°15'30.58" N	18°46'35.49" E
10	Zabrze-Makoszowy	50°15'41.04" N	18°46'34.58" E



Rys. 1. Położenie obszaru badań:

1 — Wyżyna Katowicka; 2 — pozostałe mezoregiony Wyżyny Śląskiej: A — Chełm, B — Garb Tarnogórski, C — Płaskowyż Rybnicki, D — Pagóry Jaworznickie; 3 — ważniejsze zbiorniki wodne; 4 — sieć rzeczna; 5 — ważniejsze miasta

Fig. 1. Location of the study area:

1 — Katowice Upland; 2 — remaining mesoregions of the Silesian Upland: A — Chełm, B — Hummock of Tarnowskie Góry, C — Rybnik Plateau, D — Jaworzno Hills; 3 — more important water reservoirs; 4 — river network; 5 — more important towns

dującą są Pagóry Jaworznickie (341.14). Po wschodniej i północnej stronie obszaru badań rozciąga się Garb Tarnogórski (341.12), a na zachód od Wyżyny Katowickiej leży Kotlina Raciborska (318.59), wchodząca w skład Niziny Śląskiej (318.5).

Pierwsza grupa zbiorników wodnych zlokalizowana jest we wschodniej części Wyżyny Katowickiej, w dolinie Bobrka, dopływu Białej Przemszy, między 7,0 km a 9,0 km biegu rzeki. Obszar ten leży w granicach pola górniczego Kopalni Węgla Kamiennego „Kazimierz-Juliusz”. Pod względem administracyjnym ta grupa zbiorników znajduje się w Sosnowcu, w dzielnicy Kazimierz (rys. 2). Obszar osiadań, w obrębie którego powstały zbiorniki tworzące kolejny kompleks sztucznych jezior, położony jest w centralnej części Wyżyny Katowickiej, na pograniczu Chorzowa i Bytomia, w granicach Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego „Żabie Doły” (rys. 2). Na obszarze tym do pierwszej połowy lat 90. minionego wieku działalność górnictwą prowadził Kombinat Górniczo-Hutniczy „Orzeł Biały” (ROGOŹ, POSYŁEK, 1999). Ostatnia grupa zbiorników (rys. 2) znajduje się w zachodniej części Wyżyny Katowickiej, w dolinie Potoku Bielszowickiego (Kochłówka), prawego dopływu Kłodnicy. Z uwagi na osiadanie terenu konieczne było całkowite przełożenie ujściowego odcinka koryta potoku (JANKOWSKI i in., 2007), w wyniku czego rzeka uchodzi do Kłodnicy w zupełnie innym miejscu. Administracyjnie tereny te



Rys. 2. Lokalizacja zbiorników wodnych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej:

1 — ciek i zbiorniki wodne, 2 — obszary podmokłe, 3 — granica Wyżyny Katowickiej, 4 — ważniejsze miasta, 5 — drogi, 6 — linie kolejowe, 7 — linia tramwajowa, 8 — hałdy, 9 — większe budynki, 10 — zwarta zabudowa jednorodzinna, 11 — cmentarz, 12 — numery opisywanych zbiorników jak w tabeli 1

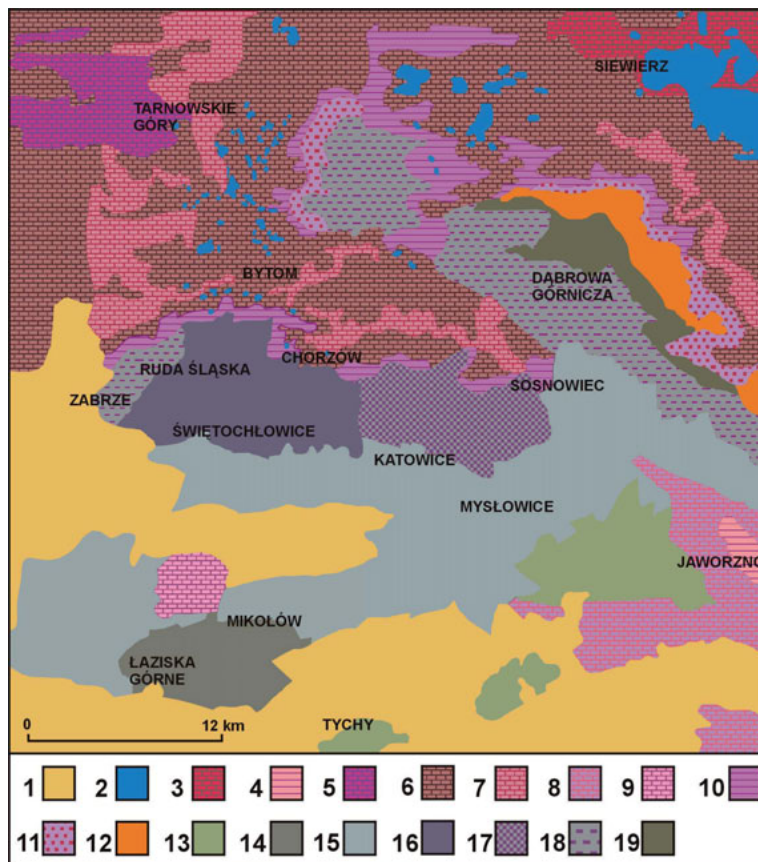
Fig. 2. Location of water reservoirs in subsidence depressions in the Katowice Upland:

1 — streams and water reservoirs, 2 — water-logged areas, 3 — boundary of the Katowice Upland, 4 — more important towns, 5 — roads, 6 — railway lines, 7 — tramway line, 8 — spoil tips, 9 — larger buildings, 10 — dense single-family housing, 11 — cemetery, 12 — numbers of described reservoirs as in table 1

należą do południowej części Zabrze, dzielnicy Makoszowy. Na obszarze tym działalność górnictwa prowadziła KWK „Makoszowy”, a obecnie — w wyniku połączenia z KWK „Sośnica” — dwuruchowy zakład KWK „Sośnica-Makoszowy”.

2.2. Budowa geologiczna

Wyżyna Katowicka rozpościera się na obszarze nieckowatego zapadliska górnośląskiego, które jak podają A. KOTAS (1982) i S. BUKOWY (1974) zostało uformowane podczas orogenezy waryscyjskiej. Początkowo było to zapadlisko przedgórskie, które w późniejszym okresie zostało przekształcone w zapadlisko międzygórskie. W wyniku procesów geologicznych uległo ono podziałowi na kilka mniejszych bloków. W północno-zachodniej części Wyżyny Katowickiej rozciąga się niecka bytomska, a właściwą część opisywanego obszaru stanowi karbońskie siodło główne



(KARAŚ-BRZOZOWSKA, 1960). Blok zapadliska górnośląskiego zasadniczo zbudowany jest z utworów z okresu waryscyjskiego, pewne znaczenie miała tu również alpejska epoka tektoniczna (KOTAS, 1982). Jak podaje A. RÓZKOWSKI (2003a), starsze podłoże zaliczane do kaledońsko-waryscyjskiego piętra strukturalnego nie zostało dostatecznie rozpoznane. Powyżej niego wydzielono waryscyjsko-górnokarbońskie piętro molasowe, w obrębie którego występują bogate złoża węgla kamiennego (rys. 3), przy czym o wiele większe miąższości osadów produktywnych są charakterystyczne dla zachodniej części Wyżyny Katowickiej (WILK i in., 1990). Utwory karbonu przykrywają skały pochodzące z różnych okresów geologicznych, a najstarsze są lądowe osady permu z wulkanitami. Na terenie Wyżyny Katowickiej stwierdzono także obszary, na których formacje karbonu występują stosunkowo blisko powierzchni terenu, jedynie pod przykryciem cienkiej warstwy osadów plejstocenijskich. Między Zabrzem, Chorzowem, Mysłowicami i Mikołowem występują także obszary bezpośrednich wychodni utworów karbonu (SOKOŁOWSKI, 1990), które na północ od Sosnowca i Siemianowic przykryte są osadami triasowymi (KARAŚ-BRZOZOWSKA, 1960).

Rys. 3. Budowa geologiczna głębszego podłoża Wyżyny Katowickiej oraz terenów przyległych (opracowanie własne na podstawie *Mapy geologicznej Polski. B — Mapa bez utworów czwartorzędowych*, 1977, 1978):

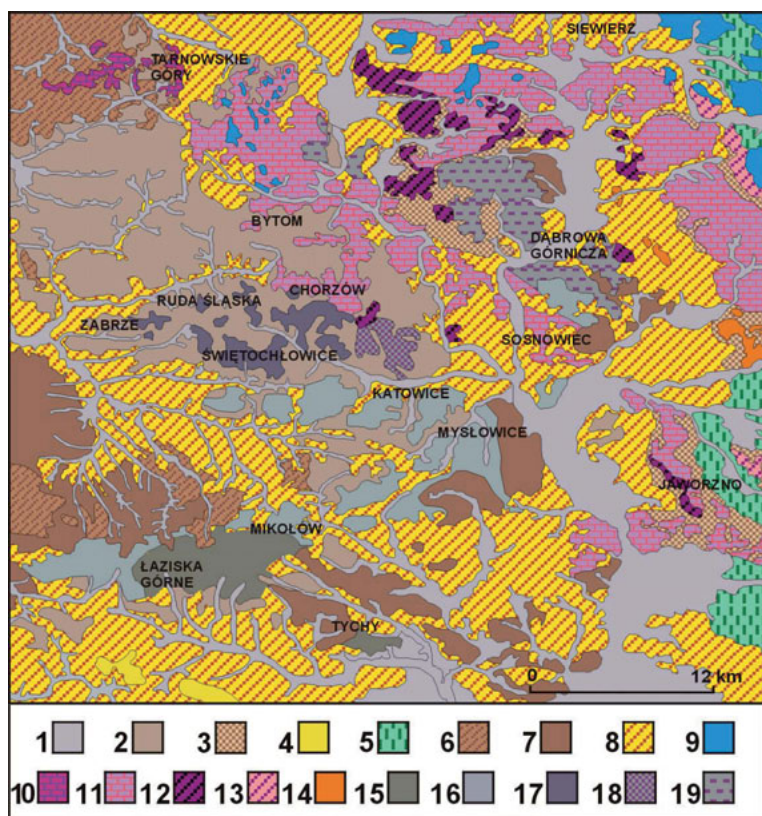
Neogen: 1 — ility piaszczyste i margliste, piaski, żwiry i łupki ilaste z gipsem i anhydrytem oraz sole kamienne warstw skawieńskich, wielickich i grabowieckich; **Jura:** 2 — żwiry, zlepienie, piaski, ility i glinki ogniotrwale; **Trias:** 3 — iłowce pstre z wapieniami woźnickimi, piaskowce i mułowce, 4 — iłowce z brekcją lisowską, 5 — łupki, dolomity, wapienie i piaskowce warstw rybniańskich, boruszowickich i miedarskich, 6 — wapienie i margle warstw gorządzańskich, terebratulowych i karchowickich, 7 — dolomity epigenetyczne — kruszonośne, 8 — dolomity warstw jemielnickich oraz dolomity margliste, miejscami z ewaporitami warstw tarnowickich, 9 — wapienie, margle oraz dolomity warstw błotnickich i gogolińskich, 10 — dolomity, margle i wapienie w części północno-zachodniej z ewaporitami (ret), 11 — piaskowce, mułowce i iłowce czerwono-brunatne warstw świerklanieckich; **Perm:** 12 — zlepienie myślachowickie, piaskowce, mułowce, iłowce, arkozy i martwica karniowicka; **Karbon:** 13 — piaskowce, zlepienie, iłowce, mułowce i węgiel kamienny (warstwy łaziskie i libiąskie) oraz piaskowce i piaski arkozowe — krakowska seria piaskowcowa, 14 — zlepienie, piaskowce, mułowce i węgiel kamienny warstw łaziskich, 15 — iłowce, mułowce i węgiel kamienny warstw załęskich i orzeskich (seria mułowcowa), 16 — piaskowce, mułowce i węgiel kamienny warstw rudzkich, 17 — piaskowce, mułowce, zlepienie i węgiel kamienny (warstwy rudzkie i siodłowe — górnośląska seria piaskowcowa), 18 — iłowce, mułowce, piaskowce i węgiel kamienny warstw pietrkowickich, gruszowskich, jakłowickich i porębskich, 19 — wapienie przewarstwione marglami i wapienie krystaliczne w facji wapienia węglowego oraz iłowce, mułowce i piaskowce w facji kulmowej

Fig. 3. Geological structure of deeper substratum of the Katowice Upland and adjacent terrains (made by the author on the base of *Geological map of Poland. B — Maps without Quaternary deposits*, 1977, 1978):

Neogene: 1 — sandy and marly clays, sands, gravels and shales with gypsum and anhydrite and rock-salts of Skawa, Wieliczka and Grabowiec Beds; **Jurassic:** 2 — gravels, conglomerates, sands, clays and fire-clays; **Triassic:** 3 — variegated claystones with Woźniki limestones, sandstones and mudstones, 4 — claystones with Lisów breccia, 5 — shales, dolomites, limestones and sandstones of Wilkowice, Boruszowice and Miedary Beds, 6 — limestone and marls of Gorządze, Terebratula and Karchowice Beds, 7 — epigenetic dolomites — ore-bearing, 8 — dolomites of Jemielnica Beds and marly dolomites, in places — with evaporites of Tarnowice Beds, 9 — limestones, marls and dolomites of Błotnica and Gogolin Beds, 10 — dolomites, marls and limestones in north-western part with evaporites (Roethian), 11 — sandstones, mudstones and red-brown claystones of Świerklaniec Beds; **Permian:** 12 — Myślachowice conglomerates, sandstones, mudstones, claystones, arkoses and Karniowice travertine; **Carboniferous:** 13 — sandstones, conglomerates, claystones, mudstones and black coal (Łaziska and Libiąż Beds) and sandstones and arkose sands — the Cracow Sandstone Series, 14 — conglomerates, sandstones, mudstones and black coal of Łaziska Beds, 15 — claystones, mudstones and black coal of Załęże and Orzesze Beds (the Mudstone Series), 16 — sandstones, claystones and black coal of Ruda Beds, 17 — sandstones, claystones, conglomerates and black coal (Ruda and Saddle beds) — the Upper Silesian Sandstone Series, 18 — claystones, mudstones, sandstones and black coal of Pietrkowice, Gruszów, Jakłowice and Poręba Beds, 19 — limestones interbedded with marls and crystalline limestones in the Lower Carboniferous Limestone facies and claystones, mudstones and sandstones in Culm facies

Ponadto w budowie tego potrzaskanego i sfałdowanego zapadliska biorą także udział utwory triasu występujące między innymi w zasięgu niecki bytomskiej, wykształcone w epikontynentalnej facji środkowoeuropejskiej (*Szczegółowa mapa...*, 1954; KOTAS, 1982). Na terenach Wyżyny Katowickiej zalegają skały neogenu, reprezentowane przez utwory miocenu oraz na niewielkich fragmentach pliocenu. Formacje tych skał występują w dnie Rowu Kłodnicy oraz w postaci niewielkich płątów na wschód od Bytomia (KARAŚ-BRZOZOWSKA, 1960). Powierzchnia Wyżyny Katowickiej w największym stopniu przykryta jest plejstoceniowymi osadami o zróżnicowanej miąższości (rys. 4). Skały te reprezentowane są przez lodowcowe gliny zwałowe z soczewkami piasków, wodnolodowcowe i rzeczne piaski oraz żwiry z wkładkami glin, a lokalnie także lessy i piaski pochodzenia eolicznego (*Szczegółowa mapa...*, 1956, 1957). Gliny morenowe, ropy zastoiskowe oraz piaski swym zasięgiem obejmują wszystkie kotliny i stare przedplejstoceniowe doliny, a miejscami zalegają również na stokach garbów i wzniesień (KARAŚ-BRZOZOWSKA, 1960).

Największą rolę w funkcjonowaniu zbiorników wodnych w nieckach osiadania odgrywa przepuszczalność osadów neogenu. Akwenty te powstają tylko na



obszarach, na których na powierzchni terenu lub na niewielkiej głębokości zalegają osady słabo, bardzo słabo lub praktycznie nieprzepuszczalne, mogące zahamować infiltrację wód w głąb górotworu. W warunkach Wyżyny Katowickiej najczęściej są to formacje reprezentowane przez gliny, gliny pylaste, gliny piaszczyste, pyły, mulki, ily oraz mady rzeczne. Występowanie kompleksu skał nieprzepuszczalnych decyduje o pojawieniu się zbiorników wodnych w nieckach osiadania. Z uwagi na obecność tej bariery funkcjonujące na powierzchni terenu zbiorniki zaliczane są do pierwszego stopnia zagrożenia wodnego. Prowadzenie wglębnej eksploatacji surowców mineralnych na takich obszarach jest dozwolone i nie wymaga stosowania dodatkowych rygorów, poza monitorowaniem zjawisk hydrogeologicznych (POSZYŁEK, ROGOŹ, 2003). Jednocześnie obecność warstwy utworów nieprzepuszczalnych praktycznie całkowicie ogranicza drenaż górniczy, który prowadzony jest w zasadzie na całym opisywanym obszarze. Nawet w zlikwidowanych kopalniach nadal prowadzony jest drenaż, a zatapianie nieczynnych zrobów górniczych i tworzenie podziemnych zbiorników możliwe jest wyłącznie do wysokości zapewniających bezpieczną pracę w nadal czynnych zakładach górniczych (SZCZEPAŃSKI, 2005).

Z gospodarczego punktu widzenia największe znaczenie mają utwory karbonu górnego wykształcone w postaci piaskowców, mułowców, łupków ilastych oraz pokładów węgla (WILK i in., 1990). Na obszarze całego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego występuje około 400 pokładów i wkładek węgla kamiennego, zlo-

←

Rys. 4. Utwory powierzchniowe na obszarze Wyżyny Katowickiej i terenach przyległych (opracowanie własne na podstawie *Mapy geologicznej Polski. A — Mapa utworów powierzchniowych*, 1977, 1978):

Neogen: 1 — holocenijskie namuly oraz plejstocenijskie mady, mulki, piaski i żwirny rzeczne, 2 — eluvia glin zwałowych (i innych osadów czwartorzędowych), 3 — piaski i gliny deluwialne, 4 — lessy, 5 — mady, piaski i żwirny stożków napływowych, 6 — piaski, żwirny, gliny i glazy lodowcowe, 7 — glina zwałowa, 8 — piaski i żwirny wodnolodowcowe (dolne i górne); **Jura:** 9 — piaski, piaskowce, żwirny, ily i glinki ogniotrwałe; **Trias:** 10 — łupki, dolomity, wapień i piaskowce warstw rybniańskich, boruszowickich i miedarskich, 11 — dolomity margliste (warstwy tarnowickie) i dolomity dipoporowe, wapień, margle i dolomity (warstwy błotnickie i gogolińskie), 12 — dolomity i margle, piaskowce, mułowce i iłowce (warstwy świerkklanieckie), 13 — iłowce z brekiją lisowska; **Perm:** 14 — zlepieńce myślachowickie, piaskowce, mułowce, iłowce, arkozy i martwica karniowicka; **Karbon:** 15 — zlepieńce, piaskowce, mułowce i węgiel kamienny warstw łaziskich, 16 — iłowce, mułowce i węgiel kamienny warstw załęskich i orzeskich (seria mułowcowa), 17 — piaskowce, mułowce i węgiel kamienny warstw rudzkich, 18 — piaskowce, mułowce, zlepieńce i węgiel kamienny (warstwy rudzkie i siodłowe — górnośląska seria piaskowcowa), 19 — iłowce, mułowce, piaskowce i węgiel kamienny (warstwy malinowieckie, sarnowskie, florowskie i grodzieckie)

Fig. 4. Surficial deposits in the area of the Katowice Upland and adjacent terrains (made by the author on the base of *Geological map of Poland. A — Map of surficial deposits*, 1977, 1978):

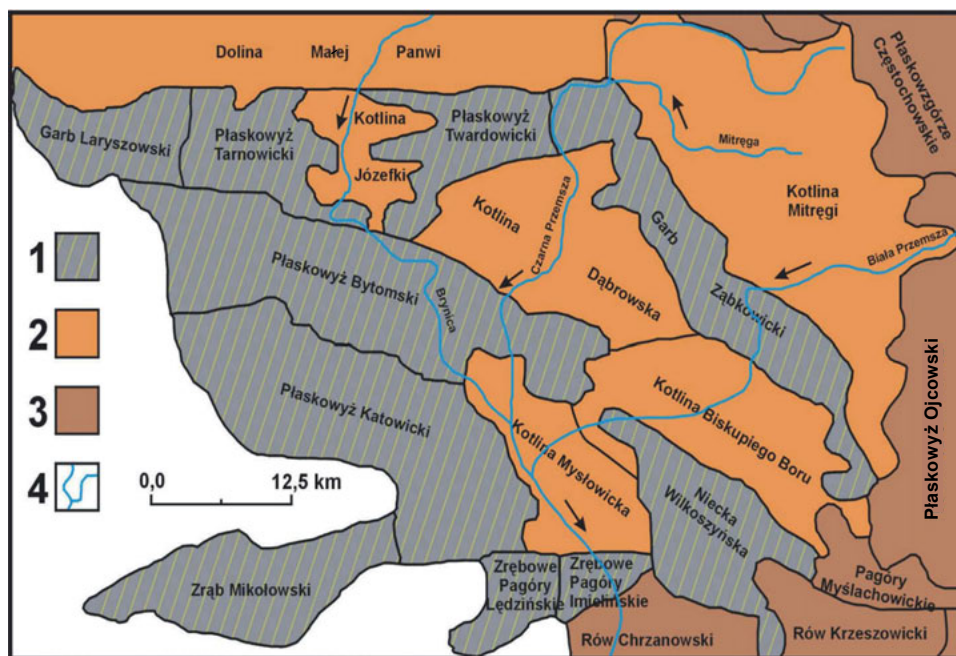
Neogene: 1 — Holocene alluvia and Pleistocene alluvial soils, loams, fluvial sands and gravels, 2 — eluvia of glacial tills (and other Quaternary deposits), 3 — deluvial sands and clays, 4 — loess, 5 — alluvial soils, sands and gravels of alluvial fans, 6 — sands, gravels, loams and glacial boulders, 7 — glacial till, 8 — fluvioglacial sands and gravels (lower and upper); **Jurassic:** 9 — sands, sandstones, gravels, fire-clays and loams; **Triassic:** 10 — shales, dolomites, limestones and sandstones of Wilkowice, Boruszowice and Miedary Beds, 11 — marly dolomites (Tarnowice Beds) and dipopore dolomites, limestones, marls and dolomites (Błotnica and Gogolin Beds), 12 — dolomites and marls, sandstones, mudstones and claystones (Świerkklaniec Beds), 13 — claystones with Lisów breccia; **Permian:** 14 — Myślachowice conglomerates, sandstones, mudstones, claystones, arkoses and Karniowice travertine; **Carboniferous:** 15 — conglomerates, sandstones, mudstones and black coal of Łaziska Beds, 16 — claystones, mudstones and black coal of Załęże and Orzesze Beds (the Mudstone Series), 17 — sandstones, mudstones and black coal of Ruda Beds, 18 — sandstones, mudstones, conglomerates and black coal (Ruda and Saddle Beds — the Upper Silesian Sandstone Series), 19 — claystones, mudstones and black coal (Malinowice, Sarnów, Flora, Grodziec Beds)

kalizowanych począwszy od warstw brzeźnych po warstwy libiąskie. Miąższość poszczególnych pokładów jest bardzo zróżnicowana i zmienia się w granicach od 0,4 m aż do 24 m (KOTAS, 1987). Około 260 warstw węgla kamiennego odznacza się wartością przemysłową. Maksymalna sumaryczna grubość bilansowych pokładów węgla kamiennego do głębokości 1000 m wynosi około 65 m, natomiast średnia wartość dla całego Zagłębia kształtuje się w granicach od 20 m do 30 m (KONSTANTYNOWICZ, 1994).

2.3. Rzeźba terenu

Na obszarze Wyżyny Katowickiej występują zrębowe płaskowyże, garby i pagóry rozdzielone obniżeniami zapadliskowymi. S. GILEWSKA (1972) w południowej części Wyżyny Śląskiej wydzieliła kilka jednostek geomorfologicznych (rys. 5). W granicach opisywanego obszaru znajduje się Płaskowyż Bytomsko-Katowicki, odpowiadający generalnie swym zasięgiem Wyżynie Katowickiej, a we wschodniej części, na niewielkim fragmencie, rozciąga się inwersyjna Kotlina Mysłowicka (GILEWSKA, 1972). Powierzchnia Płaskowyżu jest dosyć urozmaicona. Z uwagi na znaczne odrębności w rzeźbie terenu w północnej części tego obszaru wydzielono zwarty Płaskowyż Bytomski o falistej powierzchni (rys. 5). Występują tu szerokie i płaskie garby oraz kopulaste wzniesienia (KARAŚ-BRZOZOWSKA, 1960), odznaczające się słabym rozcięciem erozyjnym. Maksymalne wysokości wzniesień osiągają 320 m n.p.m. Poszczególne wyniosłości terenu rozdzielone są głęboko wciętymi dolinami rzecznyymi, które w części zachodniej mają przebieg równoleżnikowy, natomiast na wschodzie są ukierunkowane z północy na południe. W południowej części tych terenów znajduje się rozczłonkowany Płaskowyż Katowicki, składający się z garbów, rowów i kotlin (rys. 5). Występujące tu wzniesienia uległy zaokrągleniu, a ich wierzchołki są lekko spłaszczone, łagodnie przechodząc w zbocza (SZAFLARSKI, 1955). Powierzchnia tych terenów uległa tektonicznemu potrząskaniu, a następnie została przeobrażona denudacyjnie. Maksymalne wysokości wzniesień w tej części opisywanego obszaru są nieco wyższe niż na terenie Płaskowyżu Bytomskiego i osiągają 360 m n.p.m., a deniwelacje dochodzą do 100 m. Zachodnia część Płaskowyżu jest zwarta, rozdziela ją jedynie Rów Kłodnicy. Natomiast po wschodniej stronie znajdują się kotliny i zręby, powstałe w wyniku tektonicznego rozbicia oraz ich późniejszego denudacyjnego przeobrażenia (KARAŚ-BRZOZOWSKA, 1960).

Pod kierunkiem M. Klimaszewskiego w latach 1955 i 1956 przeprowadzono szczegółowe badania geomorfologiczne na obszarze Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, których efektem było opracowanie *Mapy geomorfologicznej GOP-u* (1959). C. KARAŚ-BRZOZOWSKA (1960) na obszarze Płaskowyżu Bytomskiego wydzieliła kilkanaście mniejszych jednostek morfologicznych.



Rys. 5. Jednostki geomorfologiczne południowej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (wg S. GILEWSKA, 1972):

1 — wzniesienia Wyżyny Śląskiej, 2 — obniżenia Wyżyny Śląskiej, 3 — jednostki geomorfologiczne Wyżyny Krakowskiej, 4 — sieć rzeczna

Fig. 5. Geomorphological units of southern part of the Silesian-Cracow Upland (after S. GILEWSKA, 1972):

1 — elevations of the Silesian Upland, 2 — depressions of the Silesian Upland, 3 — geomorphological units of the Cracow Upland, 4 — river network

Spośród nich w całości lub tylko we fragmencie na terenie Wyżyny Katowickiej znajdują się: Wyżyna Miechowicka, Wyżyna Siemianowicka, Obniżenie Szarleja-Brynicy, Garb koło Wojkowic Komornych, południowy odcinek Doliny Brynicy, Wyżyna Czeladzi, Dolina Czarnej Przemszy, Płaskowzgorza Dańdówki, Dolina Górnej Bytomki, Wzgórza Chorzowskie oraz Obniżenie Kochłówek — Rawy. Natomiast na Płaskowyżu Katowickim wydzielonych jest nieco mniej, a spośród nich w granicach tego obszaru występują: Wzgórza Kochłowickie, Płaskowyż Murceki, Obniżenie Górnej Mlecznej, Garb Mikołowski, Rów Kłodnicy oraz na wschodzie Kotlina Mysłowicka (KARAŚ-BRZOZOWSKA, 1960).

Pierwotna rzeźba powierzchni terenu na obszarze Wyżyny Katowickiej w znaczący sposób została przeobrażona przez gospodarczą działalność człowieka. Bogate złoża surowców mineralnych (węgiel kamienny, rudy cynku i ołowiu) pociągnęły za sobą rozwój przemysłu wydobywczego, a także przetwórczego. Zarówno te czynniki, jak i rozbudowa sieci osadniczej oraz komunikacyjnej przyczyniły się do wyraźnej antropogenizacji rzeźby tych terenów. Jak podaje T. SZCZYPEK (1997), w krajobrazie

Wyżyny Katowickiej występują formy terenu, które powstały w wyniku świadomych poczynań człowieka. W tej grupie znajdują się zarówno wypukłe, jak i wklęsłe formy terenu. Pierwsze z nich najczęściej reprezentowane są przez różnego rodzaju zwały, hałdy powstałe z odpadów poprodukcyjnych oraz groble i nasypy komunikacyjne, natomiast w grupie drugiej znajdują się: wyrobiska, rowy, wkopy itp. (ŻMUDA, 1973). Na Wyżynie Katowickiej występują także formy terenu powstałe w wyniku procesów jedynie zainicjowanych przez człowieka. Doskonałym przykładem są tu niecki osiadania i zapadliska (RZĘTAŁA, RZĘTAŁA, 2001), które w wielu przypadkach wypełnione wodą tworzą antropogeniczne zbiorniki wodne.

2.4. Warunki klimatyczne

W większości podziałów klimatologicznych obszaru Polski teren Wyżyny Śląskiej, a więc i Wyżyny Katowickiej, zalicza się do jednego regionu, który wprawdzie bywa różnie nazywany, ale jego zasięg w przybliżeniu jest podobny (np.: OKOŁOWICZ, 1978; CHEŁCHOWSKI, WISZNIEWSKI, 1987; Woś, 1999). Według A. WOSIA (1999), cechą wyróżniającą obszar Wyżyny Katowickiej jest stosunkowo największa liczba dni z pogodą bardzo ciepłą i opadem oraz pogodą umiarkowanie ciepłą z dużym zachmurzeniem i opadem (tabela 2). Natomiast w *Charakterystyce*

Tabela 2. Częstość występowania określonych typów pogody na Wyżynie Katowickiej (wg Woś, 1999)

Table 2. Frequency of definite weather type occurrence in the Katowice Upland (after Woś, 1999)

Typ pogody		Liczba dni w roku
Ciepła	gorąca	0,6
	bardzo ciepła	87,6
	umiarkowanie ciepła	129,9
	chłodna	33,7
Przymrozkowa	umiarkowanie chłodna	7,6
	bardzo chłodna	39,6
	umiarkowanie zimna	30,1
	bardzo zimna	1,0
Mroźna	umiarkowanie mroźna	12,9
	dość mroźna	20,9
	bardzo mroźna	1,1

klimatologicznej... (1992) przedstawiono podział Wyżyny Śląskiej na mniejsze jednostki. Ta klasyfikacja w głównej mierze oparta jest na fizycznogeograficznym podziale Polski opracowanym przez J. KONDRACKIEGO (1978). W tym opracowaniu Wyżyna Katowicka określana jest jeszcze mianem Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, który jednocześnie stanowi odrębny region klimatologiczny. Obszar ten został wyróżniony z uwagi na próbę wykazania specyficznych cech klimatu, a poza nim wydzielono także 4 inne regiony klimatyczne.

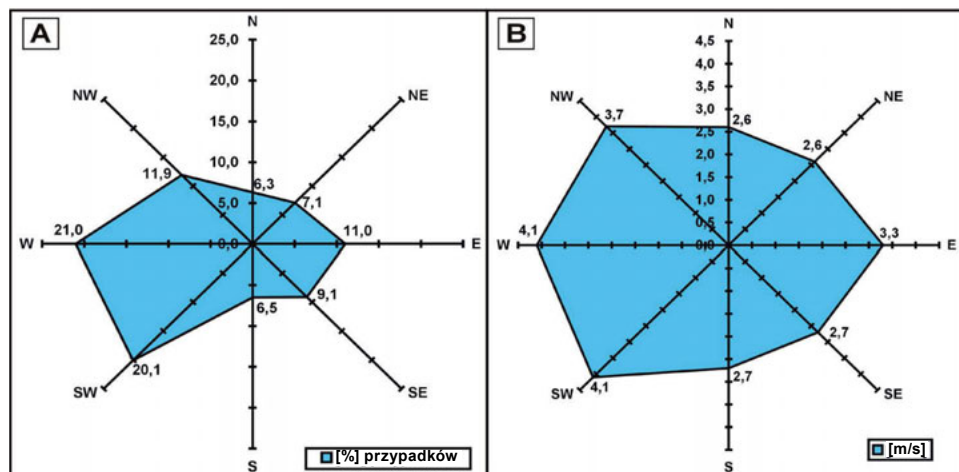
Klimat Wyżyny Śląskiej, której centralnym mezoregionem jest Wyżyna Katowicka, w głównej mierze determinowany jest cyrkulacją atmosfery (NIEDŹWIEDŹ, 1998). Jednak znaczny udział w kształtowaniu warunków klimatycznych tych terenów przypisuje się składowej antropogenicznej (KAMIŃSKI, 1987; LEŚNIOK, 1996). Kierunki i siła wiatrów, wielkość i częstość opadów atmosferycznych, a także stosunki termiczne w istotny sposób oddziałują na rozkład zanieczyszczeń atmosferycznych na tych terenach. Zanieczyszczenia antropogeniczne w połączeniu z napływem mas powietrza z różnych kierunków oraz aktywnym przemieszczaniem się układów ciśnienia wpływają na stosunkowo dużą zmienność warunków pogodowych (NIEDŹWIEDŹ, 1998).

Na obszarze Wyżyny Katowickiej funkcjonuje stacja synoptyczna IMGW w Katowicach (50°14' N i 19°02' E), której wskazania w przybliżeniu odzwierciedlają rozkład poszczególnych czynników klimatycznych na opisywanym obszarze. Średnia roczna temperatura powietrza dla stacji w Katowicach z okresu 1961—1990 kształtowała się na poziomie 7,9°C, przy czym w kolejnych latach tego wielolecia wartości te zmieniały się od 6,7°C w 1980 r. do 9,3°C w 1989 r. Średnia temperatura najchłodniejszego miesiąca, którym był styczeń, wynosiła -2,7°C, natomiast w najcieplejszym miesiącu (lipiec) osiągała 17,4°C. We wspomnianym okresie, 7 sierpnia 1963 r., pomierzono maksymalną temperaturę powietrza, która wynosiła 34,6°C, absolutne minimum zaś wystąpiło 8 stycznia 1987 r. i wynosiło -27,4°C. Początek jesiennych przymrozków zazwyczaj przypada około 16 października, z kolei zakończenie wiosennych — przeciętnie około 29 kwietnia. Najwcześniejszy przymrozek w wieloleciu 1961—1990 wystąpił 14 września 1973 r., natomiast najpóźniejszy wiosenny miał miejsce 23 maja 1980 r. (*Charakterystyka klimatologiczna...*, 1992). Stosunki termiczne panujące na Wyżynie Katowickiej, jak podają E. OSTROWSKA i L. OŚRÓDKA (1987), kształtowane są w głównej mierze napływem określonych mas powietrza, a także wynikają z ukształtowania terenu. Wysoki stopień industrializacji i urbanizacji doprowadził do utrzymywania się tzw. miejskiej wyspy ciepła, która w istotny sposób wywiera wpływ na panujące stosunki termiczne (OŚRÓDKA, WOJTYŁAK, 1987; OŚRÓDKA, ŚWIECH-SKIBA, 1989).

Średnie roczne wartości wilgotności względnej powietrza w wieloleciu 1961—1990 zmieniały się w przedziale od 72% w 1976 r. do 79% w 1965 r., średnia roczna zaś dla tego okresu kształtowała się na poziomie 75%. Wartość ta dla półroczna letniego (IV—IX) wynosi 70%, a dla zimowego (X—III) — 80%. Największa wilgotność względna charakterystyczna jest dla miesięcy zimowych, z maksimum

przypadającym na grudzień (średnio 85%), w miesiącach wiosennych i letnich mają miejsce najniższe wartości, z minimum występującym w maju (67%). Absolutne minimum wilgotności względnej zanotowano 13 marca 1972 r.; wynosiło ono 15%. Zachmurzenie ogólne, mierzone w skali od 0 do 8, średnio wynosi 5,4, zmieniając się w poszczególnych miesiącach od 4,9 w sierpniu i październiku do 6,0 w listopadzie i grudniu (*Charakterystyka klimatologiczna...*, 1992). Z uwagi na występowanie w powietrzu zmgłnień i zanieczyszczeń (SZTYLER, 1987) średnie roczne sumy usłonecznienia są niższe od średnich wartości podawanych dla obszaru Polski i zmieniają się w przedziale od 1270 godz. do 1370 godz. (OSTROWSKA, OŚRÓDKA, 1987).

Nad obszarem Wyżyny Katowickiej dominują wiatry z sektora zachodniego, stanowiąc 53% wszystkich przypadków. Także z tego sektora wieją wiatry o największych średnich prędkościach, wynoszących odpowiednio: SW — 4,1 m/s, W — 4,1 m/s i NW — 3,7 m/s (rys. 6). Wiatry z pozostałych kierunków odznaczają się znacznie mniejszymi prędkościami, stanowiąc jednocześnie 40% wszystkich przypadków, gdyż cisze na tym obszarze występują przez 7% wszystkich przypadków (rys. 6).



Rys. 6. Kierunkowa (A) i prędkościowa (B) róża wiatrów dla stacji meteorologicznej w Katowicach z lat 1961—1990 (wg *Charakterystyka klimatologiczna...*, 1992)

Fig. 6. Direction (A) and velocity (B) wind rose for meteorological station in Katowice from the years (after *Climatologic characteristics...*, 1992)

Średnie roczne sumy opadów atmosferycznych na posterunkach opadowych Wyżyny Katowickiej w okresie 1961—1990 zmieniały się od 655 mm w Gliwicach do 835 mm w Murckach (*Charakterystyka klimatologiczna...*, 1992). Ponad 60% opadów na wszystkich posterunkach występuje w okresie od kwietnia do września, a największe ich sumy mają miejsce od maja do sierpnia. Natomiast w przestrzennym rozkładzie opadów następuje ich stopniowy wzrost z zachodu i północnego

zachodu na południowy wschód (RZĘTAŁA, 2003). Terytorialny rozkład opadów bezpośrednio wynika z ekspozycji terenu oraz wysokości bezwzględnych, a także obecności w atmosferze jąder kondensacji pochodzenia antropogenicznego. Emisja znacznej ilości pary wodnej oraz energii cieplnej dodatkowo generuje pojawianie się opadów atmosferycznych. Sytuacja ta szczególnie dobrze widoczna jest w przypadku opadów śladowych, których częstość występowania jest znacznie większa w centralnej części Wyżyny Śląskiej, obejmującej swym zasięgiem właśnie obszar zurbanizowanej Wyżyny Katowickiej (CZAJA, RADOSZ, 1993).

Istotne znaczenie w przypadku zasilania zbiorników wodnych w nieckach osiadania odgrywa dostawa wody pochodząca z opadów atmosferycznych. Na Wyżynie Katowickiej w okresie badań (lata hydrologiczne 2003—2005) generalnie przeważały opady w półroczu letnim. Jednak odnosząc sumy miesięcznych opadów do norm podawanych dla okresu 1971—2000, stwierdzono wyższe opady w półroczu zimowym. Absolutne maksimum wystąpiło w grudniu 2005 r. (155,3 mm), gdy norma dla tego miesiąca została ponad 3-krotnie przekroczona. Również w latach 2003 i 2004, w poszczególnych zimowych miesiącach, w istotny sposób zostały przekroczone opady zazwyczaj notowane w tym czasie. W lutym 2003 r. wystąpiły opady o wysokości 86,9 mm, co stanowiło niemal 240% normy charakterystycznej dla lat 1971—2000. Również w styczniu 2004 r. miały miejsce ponadprzeciętne opady na poziomie 89,8 mm, co stanowiło 231% normy dla wspomnianego wielolecia. Natomiast półrocza letnie w okresie badań generalnie odznaczały się opadami na niższym niż na ogół poziomie. Opady wynoszące zaledwie 12% miesięcznej normy wystąpiły w lipcu 2005 r., kiedy to w ciągu 6 dni spadło jedynie 12,2 mm. Także w kilku innych letnich miesiącach okresu badań sumy opadów nie osiągały wartości charakterystycznych dla wielolecia 1971—2000. Należy dodać, że od zauważonej reguły pojawiały się odstępstwa. W sierpniu 2005 r. przez 18 dni zanotowano 132,2 mm opadu, co stanowiło 168% normy. Między poszczególnymi półroczami rozpatrywanego okresu (2003—2005) występowały zauważalne dysproporcje pod względem opadów. Jednak biorąc pod uwagę roczne sumy opadów, należy stwierdzić, że wielkość dostawy wody z atmosfery była na poziomie podobnym do poziomu przeciętnych opadów rocznych wielolecia 1971—2000. Jedynie w 2005 r. na terenie Wyżyny Katowickiej zanotowano o 20% intensywniejsze opady niż zazwyczaj („Biuletyn Państwowej Służby Meteorologicznej”, 2003—2005).

Funkcjonowanie opisywanych zbiorników zapewniają także wody pochodzące z topnienia pokrywy śnieżnej. Szczególny pod tym względem był 2003 r., gdy w półroczu zimowym opady śniegu były niewielkie. Sytuacja ta była podyktowana wysokimi temperaturami powietrza, które także ograniczały utrzymywanie się zwartej pokrywy śnieżnej. W 2004 r. intensywne opady śniegu objęły Wyżynę Katowicką, pokrywając opisywany teren warstwą śniegu, która z przerwami utrzymywała się przez 80 dni — od grudnia do marca. Maksymalna jej grubość zmieniała się w przedziale od 15 cm do 36 cm, a średnia maksymalna miąższość wynosiła 23 cm. W okresie badań zwarta pokrywa śnieżna najwcześniej pojawiła się

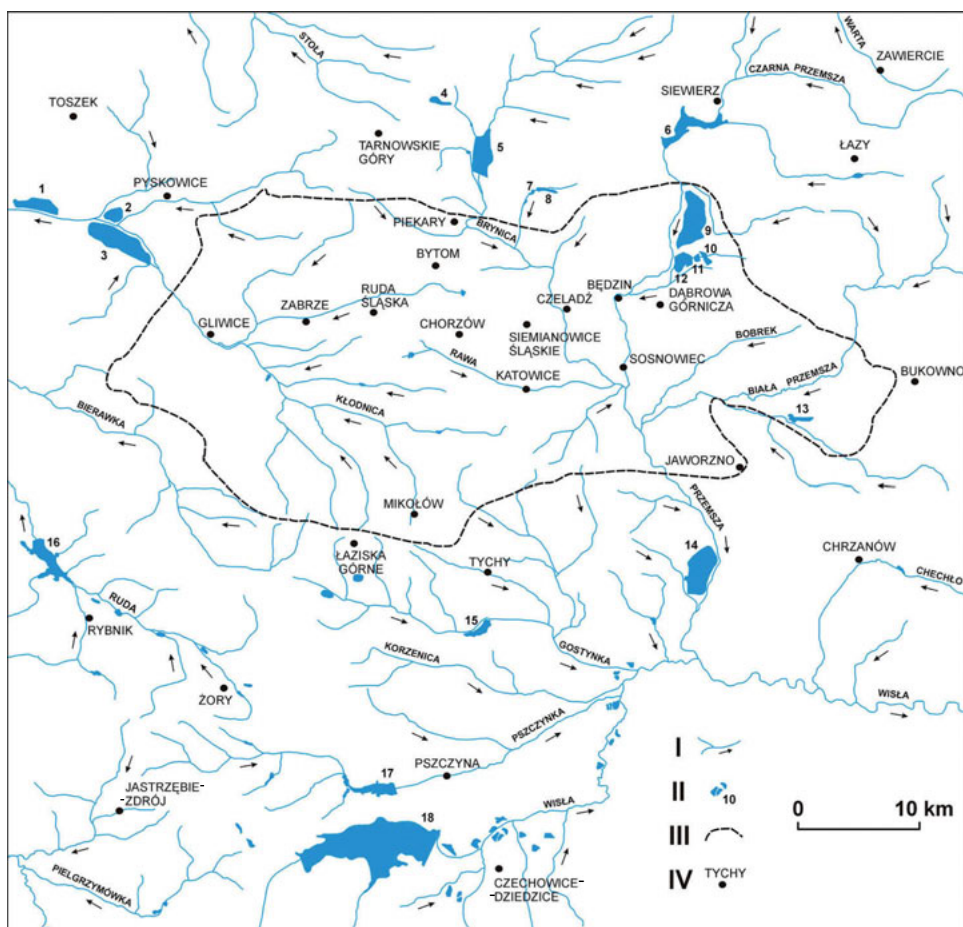
w listopadzie 2005 r., jednak w grudniu tego roku notowana była już tylko przez 4 dni. Zdecydowanie więcej śnieżnych dni miało miejsce w styczniu, lutym i marcu 2005 r. Łącznie w zimowym półroczu 2005 r. zwarta pokrywa śnieżna na Wyżynie Katowickiej zalegała przez 60 dni, a jej maksymalna miąższość zmieniała się w przedziale od 4 cm w grudniu do 29 cm w lutym.

2.5. Wody powierzchniowe

Przez obszar Wyżyny Katowickiej przebiega południkowo strefa wododziałowa dorzecza Odry i Wisły. Z uwagi na znaczne zaburzenia pierwotnego ukształtowania terenu oraz wysoki stopień zabudowy obszaru dział wodny ma charakter niepewny i linia ta jest trudna do wyznaczenia, a na niektórych odcinkach praktycznie niemożliwa (*Podział hydrograficzny...*, 1980). W wyniku osiadania terenu oraz rozbudowy sieci kanalizacyjnej nastąpiły wyraźne zmiany przebiegu działu wodnego (CZAJA, 1988). Niemniej jednak można stwierdzić, że na obszarze Wyżyny Katowickiej od północy strefa wododziałowa przebiega przez Wyżynę Miechowicką i Siemianowicką, następnie wkracza na Wzgórza Chorzowskie oraz Obniżenie Kochłówek — Rawy, następnie przebiega po kulminacjach Wzgórz Kochłowickich, a dalej kieruje się na obszar Rowu Kłodnicy (KARAŚ-BRZOZOWSKA, 1960).

Wgłębna eksploatacja surowców mineralnych na Wyżynie Katowickiej doprowadziła do znacznych przekształceń rzeźby powierzchni terenu oraz obniżenia zwierciadła wód podziemnych w postaci leja depresyjnego. W efekcie zaistniałych zmian liczba źródeł jest stosunkowo niewielka (MATYSIK, MOLENDĄ, 1999). Dostyc często wypływy wody pojawiają się w miejscach osiadania terenu na skutek przerwania warstw wodonośnych, przyczyniając się do powstania w takich miejscach podmokłości, zabagnień oraz zbiorników wodnych.

Dzisiejszy układ sieci rzecznej jest konsekwencją kierunków odpływu wód proglacialnych z okresu zlodowacenia środkowopolskiego (LEWANDOWSKI, 1987). Natomiast w wyniku prac regulacyjnych doszło do znacznych zmian przebiegu rzek. Odzwierciedleniem tych zabiegów jest chociażby przełożenie cieków oraz uszczelnienie i kanalizacja koryt rzecznych, które wyraźnie skróciły sieć rzeczną (CZAJA, 1999). Większymi rzekami z dorzecza Wisły, odwadniającymi wschodnią część Wyżyny Katowickiej, są: Brynica, Rawa, Czarna Przemsza oraz Biała Przemsza (rys. 7). Przebieg wymienionych rzek jest dość zróżnicowany, a ich długość zmienia się w przedziale od kilku do kilkudziesięciu kilometrów. Z rzek dorzecza Odry należy wymienić: Kłodnicę, Kochłówkę (Potok Bielszowicki) oraz Bytomkę, które odwadniają zachodnią część obszaru. Przebieg tych rzek generalnie nawiązuje do kierunku wschód — zachód, a ich długość w granicach Wyżyny Katowickiej wynosi kilkadziesiąt kilometrów (GŁOC, 1980).



Rys. 7. Sieć hydrograficzna obszaru badań (opracowanie własne wg R. GŁOC, 1980, uzupełnione):

I — ciekii powierzchniowe; II — zbiorniki wodne (1 — Pławniowice, 2 — Dzierżno Małe, 3 — Dzierżno Duże, 4 — Chechło, 5 — Kozłowa Góra, 6 — Przeczyce, 7 — Rogoźnik Mały, 8 — Rogoźnik Duży, 9 — Kuźnica Wąreżyńska, 10 — Pogoria I, 11 — Pogoria II, 12 — Pogoria III, 13 — Sosina, 14 — Dzieńkowice, 15 — Paprocany, 16 — Rybnicki, 17 — Łąka, 18 — Goczałkowice); III — granice Wyżyny Katowickiej; IV — ważniejsze miasta

Fig. 7. Hydrographic network of study area (made by the author after R. GŁOC, 1980, completed):

I — surface streams; II — water reservoirs (1 — Pławniowice, 2 — Dzierżno Małe, 3 — Dzierżno Duże, 4 — Chechło, 5 — Kozłowa Góra, 6 — Przeczyce, 7 — Rogoźnik Mały, 8 — Rogoźnik Duży, 9 — Kuźnica Wąreżyńska, 10 — Pogoria I, 11 — Pogoria II, 12 — Pogoria III, 13 — Sosina, 14 — Dzieńkowice, 15 — Paprocany, 16 — Rybnicki, 17 — Łąka, 18 — Goczałkowice); III — boundaries of the Katowice Upland, IV — more important towns

Na obszarze Wyżyny Katowickiej struktura oraz reżim odpływu rzecznego uległy dość wyraźnym zaburzeniom, a naturalne warunki odpływu zostały przekształcone (RZĘTAŁA, RZĘTAŁA, 2001). S. CZAJA (1999) na tych terenach wydzielił swoisty typ ustroju rzecznego, który określił jako reżim wybitnie wyrównany z antropogeniczno-deszczowo-śnieżnym zasilaniem.

Wpływ człowieka na wody powierzchniowe nie ogranicza się tylko do technicznych zabiegów w kształtowaniu sieci rzecznej. Znaczemu pogorszeniu uległa także jakość wód w granicach omawianego terenu (MACHOWSKI, RZĘTAŁA, 2002). Według badań przeprowadzonych przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach, stan czystości wody we wszystkich punktach pomiarowych zlokalizowanych na Wyżynie Katowickiej odpowiadał najgorszej, piątej klasie (*Stan środowiska...*, 2006). W związku z budową nowych oczyszczalni ścieków i rozbudową sieci kanalizacyjnej jakość wód Czarnej Przemszy na odcinku między Będzinem a Sosnowcem uległa poprawie na tyle, że ponownie pojawiły się w niej ryby (MOLENDĄ, 2004). Przebudowa koryta Rawy w centrum Katowic, w ramach programu rewitalizacji, w przyszłości doprowadzić ma do poprawy stanu ekologicznego tej rzeki (PSIUK, 2006). Także antropogeniczne zbiorniki wodne poddaje się rekultywacji (JANKOWSKI i in., 2005b). W zbiorniku Pławniowice w 2003 r. zainstalowano urządzenia hydrotechniczne, które mają zatrzymać degradację ekosystemu. Proces poprawy przebiega powoli, a jego pierwsze pozytywne efekty są już widoczne (KOSTECKI, 2008).

Na Wyżynie Katowickiej występują antropogeniczne zbiorniki wodne (TREMBACZOWSKI, JANKOWSKI, 1980; MACHOWSKI i in., 2003), których liczbę M. RZĘTAŁA (1998a) określił na 1482. Łącznie zajmują powierzchnię niemal 16,5 km², retencjonując 35,58 mln m³ wody. Zbiorniki wodne klasyfikowane są do kilku charakterystycznych grup genetycznych. Większe pod względem powierzchni są zbiorniki zaporowe, które występują jedynie na obrzeżach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (ZIEMOŃSKA, 1979). Na Wyżynie Katowickiej są to nieliczne i niewielkie obiekty w stadium zaniku bądź likwidacji (RZĘTAŁA, 1998a). S. CZAJA (1999) twierdzi, że zbiorniki zaporowe dominowały na tym terenie jeszcze do końca XIX w., stanowiąc tylko w zlewni Rawy i Bytomki odpowiednio 45% i 21% ogólnej ich liczby, zajmując przy tym od 50% do 62,5% powierzchni wszystkich zbiorników. Spiętrzone wody napędzały urządzenia w tartakach i młynach, a także znajdowały zastosowanie w hodowli zwierząt (JANKOWSKI, 1995). Aktualnie zbiorniki zaporowe budowane są w ściśle określonym celu, wykorzystane są wielozadaniowo (RZĘTAŁA, 2000a).

Inną grupę genetyczną antropogenicznych zbiorników wodnych na obszarze Wyżyny Katowickiej stanowią zbiorniki poeksploatacyjne. Powstały w wyniku zalania wodą powierzchniowych wyrobisk, najczęściej po eksploatacji piasków podsadzkowych, materiałów ilastych, węgla kamiennego, a w okolicy Bytomia także rud cynkowo-ołowiowych (JANKOWSKI, WACH, 1980). Cechuje je duża różnorodność zarówno pod względem powierzchni, jak i głębokości, a tym samym i pojemności. Jak podaje S. CZAJA (1999), na obszarach zlewni Bytomki i Rawy występuje kilkadziesiąt zbiorników poeksploatacyjnych. Większe akwenu są charakterystyczne dla wschodnich obrzeży Wyżyny Katowickiej, na tych terenach bowiem prowadzona była i nadal jest eksploatacja piasków plejstoceńskich (JANKOWSKI, 1999).

Na omawianym obszarze występuje ogromna liczba antropogenicznych zbiorników wodnych wybudowanych w ściśle określonym celu. W tej grupie genetycznej mieszczą się: baseny przeciwpożarowe i kąpielowe, osadniki różnego rodzaju wód, zbiorniki przy oczyszczalniach ścieków, zbiorniki wody do celów przemysłowych i komunalnych itp. (JANKOWSKI, 1995; RZĘTAŁA, 2000a, 2008). Z uwagi na funkcje, jakie spełniają, są to zbiorniki o bardzo zróżnicowanych parametrach morfometrycznych, jednak najczęściej charakteryzują się niewielkimi powierzchniami (JANKOWSKI, WACH, 1980; CZAJA, 1999).

2.6. Wody podziemne

W regionalizacji hydrogeologicznej zwykłych wód podziemnych zaproponowanej przez B. PACZYŃSKIEGO (1995) obszar Wyżyny Katowickiej znajduje się w obrębie XII regionu śląsko-krakowskiego, w którym wydzielono subregion górnośląski XII₂ oraz rejon bytomski XII_{1c}. Jak podaje A. RÓŻKOWSKI (2003a), cechą charakterystyczną regionu górnośląskiego jest piętrowość wód podziemnych. Poszczególne piętra wodonośne rozdzielone są izolującymi jednostkami hydrostratygraficznymi. W hydrogeologicznym profilu tego obszaru występują piętra wodonośne utożsamiane z utworami plejstocеными, triasowymi oraz karbońskimi (RÓŻKOWSKI, 2005).

Zalegające na całym omawianym obszarze wodonośne utwory plejstocеныские odznaczają się zróżnicowanymi właściwościami hydrogeologicznymi. W ich obrębie funkcjonuje od jednego do trzech poziomów wodonośnych (RÓŻKOWSKI i in., 1997). Na nieprzepuszczalnych utworach lokalnie mogą występować także zawieszony poziomy wodonośny niepodlegający drenującą wpływom wyrobisk górniczych (WILK i in., 1990). Jednak największą wodonośnością odznaczają się osady o miąższości od kilku metrów do 30 m, zalegające w dolinach współczesnych i kopalnych rzek: Kłodnicy, Brynicy i Przemszy (KOTLIĆKA, 1964). Zasilane są opadami atmosferycznymi. Natomiast, jak podaje A. KROPKA (1986), w obszarach intensywnego drenażu górniczego może mieć miejsce ucieczka wód z rzek Czarnej Przemszy, Białej Przemszy i Jaworzніка do pierwszego poziomu wodonośnego.

Triasowe piętro wodonośne w obrębie Wyżyny Katowickiej reprezentowane jest przez 3 niezależne poziomy: wapienia muszłowego, retu oraz środkowego i dolnego pstręgo piaskowca (RÓŻKOWSKI, 2003a). Najwyżej występuje poziom wapienia muszłowego, wykształcony w postaci spękanych oraz skrasowiałych dolomitów diploporowych i kruszczońskich. W głównej mierze zasilany jest przez opady atmosferyczne (RÓŻKOWSKI, 2006). Niżej znajduje się poziom retu, reprezentowany przez szczelinowate dolomity oraz kawerniaste wapienie. Zasilanie tego poziomu odbywa się w miejscach jego wychodni (WILK i in., 1990). Warstwa izo-

lująca te dwa poziomy wodonośne wykształcona jest w postaci marglistych warstw gogolińskich, które w związku z ich zdyslokowaniem, redukcją oraz dolomityzacją utraciły właściwości izolujące (RÓZKOWSKI i in., 1997). Oba poziomy łączone są w jeden kompleks wodonośny, zwany kompleksem wodonośnym serii węglanowej triasu (RÓZKOWSKI, 2003a). Najniżej znajduje się wodonośny poziom środkowego i dolnego pstręgo piaskowca, wykształcony w postaci piasków i słabo zwięzłych piaskowców. Jego miąższość jest zróżnicowana i zmienia się w szerokim zakresie od dziesiętnych części metra aż do kilkudziesięciu metrów. Z uwagi na porowy charakter oraz ograniczone rozprzestrzenienie, a także intensywny drenaż górniczy odgrywa on drugorzędne znaczenie (WILK i in., 1990; RÓZKOWSKI, 2003a).

W wodonośnych utworach karbonu występuje kilka oddzielnych poziomów funkcjonujących w piaskowcach i mułowcach rozdzielonych wkładkami nieprzepuszczalnych iłowców. Poszczególne poziomy odznaczają się miąższością liczącą od kilku do kilkudziesięciu metrów. Obecność stref uskokowych oraz sedimentacyjnych wyklinowań warstw izolujących, a także eksploatacja górnicza doprowadziły do hydraulicznej łączności poszczególnych karbońskich poziomów wodonośnych (RÓZKOWSKI, WILK, 1982; RÓZKOWSKI, 2003b), przy czym nadal odznaczają się one zróżnicowanymi właściwościami i parametrami hydrogeologicznymi (RÓZKOWSKI, 2004). Zasilanie poziomów następuje na drodze infiltracji opadów atmosferycznych w strefach wychodni, głównie w rejonie hydrogeologicznie odkrytego siodła głównego (WILK i in., 1990; RÓZKOWSKI, 2003b), lub też przez leżące wyżej przepuszczalne utwory neogenu. Intensywne zasilanie ma także miejsce w obrębie kopalnych oraz współczesnych dolin rzecznych wypełnionych wodonośnymi utworami neogenu (RÓZKOWSKI, CHMURA, 1996; RÓZKOWSKI i in., 1997). Natomiast w rejonie niecki bytomskiej utwory triasu w znacznym stopniu ograniczają infiltrację wód do poziomów wodonośnych karbonu (WILK i in., 1990), jednak rozwój górnictwa węgla kamiennego na tych terenach uaktywnił pionowy przepływ wód podziemnych przez triasowe formacje geologiczne w niżej leżące poziomy karbonu (KROPKA, 1996).

Z uwagi na znaczne zasoby wodne oraz odpowiednie parametry hydrogeologiczne, zgodnie z kryteriami podziału zawartymi w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 27 czerwca 2006 r. w sprawie przebiegu granic obszarów dorzeczy i regionów wodnych, na obszarze Wyżyny Katowickiej wydzielono kilka Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP). W utworach plejstoceniowych, w dolinach i dolinach kopalnych, wyodrębniono zbiornik Dąbrowa Górnicza (455). Natomiast zbiornik o nazwie Dolina Kopalna rzeki Górna Kłodnica (331) występuje w utworach neogenu wypełniających dolinę kopalną. Największą zasobnością w wody odznacza się triasowy zbiornik Bytom (329), którego zasięg w przybliżeniu pokrywa się z granicami triasowej niecki bytomskiej (KOWALCZYK, 2003). Do niedawna w granicach Wyżyny Katowickiej wydzielane były także GZWP w utworach karbonu. Były to: zbiornik Czeladź (456) oraz — w południowej części Wyżyny, na niewielkim fragmencie — zbiornik Tychy — Jaworzno (457). Jednak

nieodpowiednie parametry jakościowe i ilościowe wód nie pozwoliły na dalsze traktowanie tych zbiorników w sposób szczególny.

2.7. Gleby, pokrywa roślinna i fauna

Zróznicowanie typologiczne, rodzajowe i gatunkowe gleb oraz ich terytorialne rozprzestrzenienie na obszarze Wyżyny Katowickiej w głównej mierze zależą od właściwości litologicznych osadów jako skały macierzystej, rzeźby terenu, stosunków wodnych, pokrywy roślinnej oraz gospodarczej działalności człowieka (LANGHAMER, 1990). Z tego też względu, jak podaje T. SZCZYPEK (1997), występujące na tych terenach gleby cechuje wyraźna różnorodność. W granicach Wyżyny Katowickiej J. LAZAR (1962) stwierdził występowanie kilku typów gleb. Największą powierzchnię zajmują gleby biellicowe (SZCZYPEK, 1997), a na znacznie mniejszych obszarach występują: gleby brunatne, rędziny, mady, gleby hydrogeniczne, czarne ziemie, gleby początkowego stadium rozwojowego o niewykształconym profilu glebowym oraz gleby pseudobiellicowe (LAZAR, 1962). Gleby brunatne zalegają na terenach odznaczających się znacznym urzeźbieniem. Czarne ziemie oraz gleby organiczne występują w obniżeniach terenu o ograniczonym odpływie wód. Zasięg mad sprowadza się do dolin rzek oraz mniejszych cieków powierzchniowych. Gleby pseudobiellicowe zajmują płaskie powierzchnie terenu oraz słabo nachylone stoki. Na obszarach wyżynnych wychodni skał wapiennych występują rędziny. L. LANGHAMER (1990) wydziela jeszcze gleby przemysłoziemne, charakterystyczne dla strefy oddziaływania zakładów przemysłowych, a także obszarów podlegających deformacjom górniczym. Gleby uległy znacznemu przekształceniu z uwagi na wysoki stopień industrializacji i urbanizacji powierzchni terenu. Poza mechanicznymi zmianami samej struktury gleb, doszło do ich znacznego zanieczyszczenia, między innymi metalami ciężkimi, które odznaczają się najbardziej fitotoksycznymi właściwościami (CELIŃSKI i in., 1991; ABSALON i in., 1995a—f; BUCZKOWSKI i in., 2002). Ponadnormatywna ich zawartość wyklucza gleby tych terenów z rolniczego użytkowania (MARCHWIŃSKA i in., 1988; KUCHARSKI, 1993).

Szata roślinna Wyżyny Katowickiej w wyniku oddziaływania antropopresji w znacznym stopniu została przeobrażona (ABSALON i in., 2001). Jak podaje S. CABALA (1990), jeszcze do końca XVII w. na tych terenach występowały naturalne zbiorowiska leśne. Obecnie rosnące tu lasy mają pochodzenie wtórne, a ich współczesny zasięg jest konsekwencją nasadzeń prowadzonych przez służby leśne (CABALA, 1990). Jednak przeważająca część omawianego obszaru uległa całkowitemu wylesieniu. Drewno pozyskiwano w głównej mierze na potrzeby górnictwa i hutnictwa (TROC, 1975). Stosowano je głównie jako materiał budowlany w sztolniach, a w późniejszych okresach — w przemyśle wydobywczym oraz hutnictwie

(RAHMONOV, 1999). Na szczególną uwagę zasługuje występujący w południowej części Katowic fragment lasu mieszanego o cechach naturalnych, który w 1953 r. został uznany za rezerwat „Las Murckowski”. Obejmuje on 150—220-letnie drzewostany bukowe oraz liczne pomnikowe dęby (TOKARSKA-GUZIŁ, 1997; CABALA i in., 1999). Ponadto w północnej części Wyżyny Katowickiej, w okolicy Bytomia, zachował się równie cenny z przyrodniczego punktu widzenia kompleks leśny określany mianem „las bytomski” (KŁOS, WIECZOREK, 2002). Poza wymienionymi skupiskami drzew, na obszarze Wyżyny Katowickiej w głównej mierze występują monokultury sosnowe oraz sztuczne kultury leśne związane z pracami rekultywacyjnymi (CELIŃSKI i in., 1991). Na omawianym obszarze dominują zbiorowiska nieleśne. W wyniku intensywnego i wieloletniego oddziaływania człowieka na naturalne ekosystemy na terenach tych doszło do ukształtowania się tzw. flory i roślinności synantropijnej (JĘDRZEJKO, 1987). Są to zbiorowiska segetalne i ruderalne powstałe w wyniku spontanicznego pojawienia się roślinności bądź też zostały świadomie ukształtowane przez człowieka jako parki, skwery i ogródki działkowe. Jak podaje T. KIMSĄ (1993), tego typu siedliska, dominując na tych terenach, stanowią główne miejsce osiedlania się nowych, obcych gatunków roślin. Stosunkowo duże powierzchnie zajmują także zespoły roślinności wodnej, błotnej i szuwarowej, na terenie Wyżyny Katowickiej bowiem występuje znaczna liczba zbiorników wodnych, a także duże powierzchnie podmokłe, powstałe w wyniku oddziaływania antropopresji (RZĘTAŁA, 2003).

Zróżnicowanie typów siedliskowych obszaru Wyżyny Katowickiej wpływa również na różnorodność składu gatunkowego tutejszej fauny. W kompleksach leśnych występuje stosunkowo dużo gatunków zwierząt z przedstawicielami tzw. zwierzyny grubej, reprezentowanej przez: dziki, sarny i jelenie (DULIAS, HIBSZER, 2004). Duże powierzchnie zajmują także tereny miejskie i przemysłowe, na których występująca fauna odznacza się dosyć dużym zróżnicowaniem. Jak podają A. HERCZEK i J. GORCZYCA (1997), można tu spotkać gatunki rzadkie w skali kraju. Jednak należy zaznaczyć, że występujące tu zwierzęta przystosowały się do nowych warunków środowiskowych. Dosyć bogata jest awifauna, reprezentowana między innymi przez pustułki gniazdujące na szczytach wieżowców i wież kościelnych. Spotkać można również jeżyki, dymówki i oknówki oraz pospolite wróble, które do tego stopnia przystosowały się do nowych warunków, że praktycznie poza obszarami zabudowanymi już nie występują. W miejskich parkach gniazdują gołębie grzywacze, występujące do tej pory jedynie na terenach leśnych, a także różne gatunki dzięciołów, sikor oraz takie ptaki, jak: kukułka, kwiczoł, kowalik i dudek. Bogata jest też grupa ptaków związana ze środowiskiem wodnym. Na terenach tych żyją również liczne gatunki płazów z najliczniejszymi: ropuchą szarą i zieloną, żabą trawną oraz traszką zwyczajną (HERCZEK, GORCZYCA, 1997).

2.8. Zagospodarowanie terenu

Aktualny obraz zagospodarowania Wyżyny Katowickiej wynika z wielowiekowej i wielokierunkowej działalności człowieka, dlatego też na opisywanym obszarze dominują tereny przekształcone antropogenicznie. Struktura użytkowania terenu w największym stopniu została ukształtowana przez przemysł, który rozwijał się dzięki bogatym złożom węgla kamiennego (TKOCZ, 2008a). Górnictwo objęło również eksploatację innych użytecznych kopalin, wśród których największe rozmiary osiągnęło wydobycie piasków na cele podsadzkowe. Pozyskiwanie węgla kamiennego przyczyniło się do rozwoju hutnictwa, metalurgii oraz innych gałęzi przemysłu ciężkiego (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2008). Od początku regularnej eksploatacji, który datuje się na połowę XVIII w., wydobycie węgla stale rosło, osiągając maksimum na poziomie 201 mln t w 1979 r. Na skutek urynkowania polskiej gospodarki po 1989 r. nastąpiło ograniczenie popytu na węgiel, co początkowo objawiało się stopniowym, a później gwałtownym spadkiem produkcji. Konieczne okazały się działania mające na celu przystosowanie górnictwa węgla kamiennego do gospodarki rynkowej, co wiązało się z zamykaniem nierentownych zakładów. Jak podaje M. TKOCZ (2007), w okresie od 1989 r. do 2006 r. zlikwidowano 38 kopalń, które zlokalizowane były zwłaszcza w północnej i wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Obecnie na opisywanym obszarze wgłębnym wydobycie węgla kamiennego prowadzone jest w 23 kopalniach, których pola górnicze w całości lub tylko w fragmencie znajdują się w granicach Wyżyny Katowickiej. Z rozwojem przemysłu oraz górnictwem wiążą się także tereny zdegradowane, reprezentowane przez różnego rodzaju hałdy, zwałowiska oraz składowiska skały płonnej, które zazwyczaj występują w najbliższym sąsiedztwie miejsca wydobycia (PELKA-GOŚCINIAK, WAGA, 2003). Największe powierzchnie nieużytków występują zwłaszcza w centralnej części Wyżyny Katowickiej, która jednocześnie odznacza się najstarszymi tradycjami górniczymi. W 2006 r. na opisywanym obszarze zgromadzono nieco ponad 191 mln t odpadów pochodzenia przemysłowego i górniczego (MACHOWSKI, RUMAN, 2008).

W strukturze zagospodarowania obszaru dominują tereny zwartej zabudowy oraz tereny przemysłowe, zlokalizowane w rdzeniowej strefie konurbacji katowickiej obejmującej 16 miast (KRZYSZTOFIK, 2008). Na obszarze tym współczynnik intensywności zabudowy przekracza 50%, a maksymalne wartości przekraczające 75% występują wokół Świętochłowic, w centralnej części Wyżyny Katowickiej (RUNGE, ZADROŻNY, 1989). Odzwierciedleniem koncentracji zabudowy jest bardzo wysoki stopień skupienia ludności, który w Świętochłowicach wynosił 4,1 tys. mieszkańców na kilometr kwadratowy, a w Chorzowie gęstość zaludnienia kształtowała się na poziomie 3,4 tys. mieszkańców na kilometr kwadratowy. Najmniej osób zamieszkuje peryferyjne tereny Wyżyny Katowickiej, zwłaszcza w północnej

i wschodniej części. Natomiast średni wskaźnik gęstości zaludnienia kształtuje się na poziomie wynoszącym około 510 osób na kilometr kwadratowy (Tkocz, 2008b).

Na opisywanym obszarze występują również użytki rolne, których udział zazwyczaj nie przekracza 20%. Nieco wyższe wskaźniki charakteryzują tereny w zachodniej i południowo-zachodniej części Wyżyny Katowickiej. W strukturze rolniczego wykorzystania ziemi dominują odłogi i ugory, na które przypada ponad 55% udział, a w centralnej części Wyżyny Katowickiej wskaźnik ten przekracza nawet 70%. Dość znaczącą pozycję w zagospodarowaniu mają lasy, których rozprzestrzenienie jest bardzo nierównomierne i rozczłonkowane. Obecność lasów na zurbanizowanym i uprzemysłowionym obszarze Wyżyny Katowickiej pozwala na wydzielenie *quasi*-naturalnych krajobrazów. Brak jest jednak większych skupisk naturalnych drzewostanów, które generalnie mają charakter wtórnych nasadzeń. Są to głównie siedliska lasu mieszanego oraz lasy świeże i wilgotne. Nieco większe zwarte kompleksy występują na południe od Katowic, w południowej części Rudy Śląskiej oraz w okolicach Bytomia. W składzie gatunkowym dominuje sosna, a nieco mniejszy udział mają dęby i brzozy (Duś, 2008a, b).

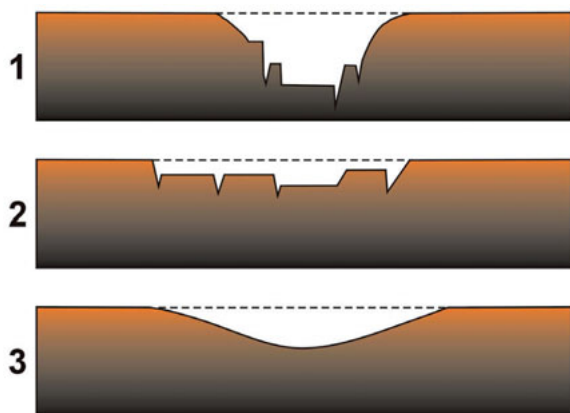
3

Charakterystyka zbiorników wodnych

3.1. Geneza zbiorników wodnych

Geneza zbiorników wodnych w nieckach osiadania na obszarze Wyżyny Katowickiej związana jest z podziemną eksploatacją węgla kamiennego, a w mniejszym stopniu także rud cynku i ołowiu. W wyniku wybierania wspomnianych złóż surowców mineralnych pod powierzchnią terenu powstają puste przestrzenie. Masy skalne, w związku z rozwojem ruchów pionowych, powoli przemieszczają się w kierunku powstałych pustek. Konsekwencją tego typu przemieszczeń są morfologiczne zmiany, objawiające się na powierzchni terenu w postaci ugięcia warstw, osiadania i zapadania gruntu (ŻMUDA, 1973). W kwestii powstawania niecek osiadania lub zapadlisk decydujące znaczenie ma głębokość, na jakiej odbywają się roboty górnicze. Gdy eksploatacja prowadzona jest na nieznacznych głębokościach, dochodzi do gwałtownego ruchu mas skalnych, w efekcie powstają deformacje nieciągłe, jak: progi, leje, szczeliny, rowy (rys. 8). Natomiast niecki osiadania tworzące się w wyniku deformacji ciągłych związane są z eksploatacją prowadzoną na znacznych głębokościach, na ogół przekraczających 100 m (rys. 8). W innych przypadkach skały znajdujące się nad wyrobiskiem muszą odznaczać się dużą plastycznością. Sam proces osiadania następuje w wyniku zawału, spękań i ugięć w płaszczyznach pionowej i poziomej (rys. 9). Najczęściej niecka osiadania przyjmuje kształt zbliżony do koła lub elipsy, a jej wielkość, zasięg oraz przebieg procesu powstawania uzależnione są od czynników górniczo-geologicznych. Dominującą rolę w tej kwestii odgrywa grubość eksploatowanego pokładu oraz sposób likwidacji powstałych pustek. Największe osiadania terenu są wynikiem eksploatacji pełnej z zawałem stropu, kiedy to współczynnik osiadania wynosi 0,7 na każdy metr wybranego pokładu. Natomiast najmniejsze odkształcenia powierzchni terenu mają związek z eksploatacją częściową, prowadzoną pasami z podsadzką hydrauliczną, i kształtują się na poziomach od 0,02 do 0,03, przy gru-

bości pokładu wynoszącej 1 m (SZPETKOWSKI, 1980). Procesy osiadania terenu na Wyżynie Śląskiej są powszechnym zjawiskiem występującym przede wszystkim na obszarze Wyżyny Katowickiej, ale także na terenach Płaskowyżu Rybnickiego. Powodują konkretne straty ekonomiczne, określane mianem szkód górniczych. Od wielu lat prowadzone są szczegółowe badania w tym zakresie. Najpełniejsza ich charakterystyka została zawarta w pracy zbiorowej zatytułowanej *Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi* (1980). Do chwili obecnej opracowano wiele metod obliczania wielkości deformacji terenu związanych z wglębną eksploatacją surowców mineralnych (np.: KOWALCZYK, 1972; SZPETKOWSKI, 1978; RYNCARZ, 1992; PIWOWARSKI i in., 1995), dlatego też nie będą one szerzej opisywane.

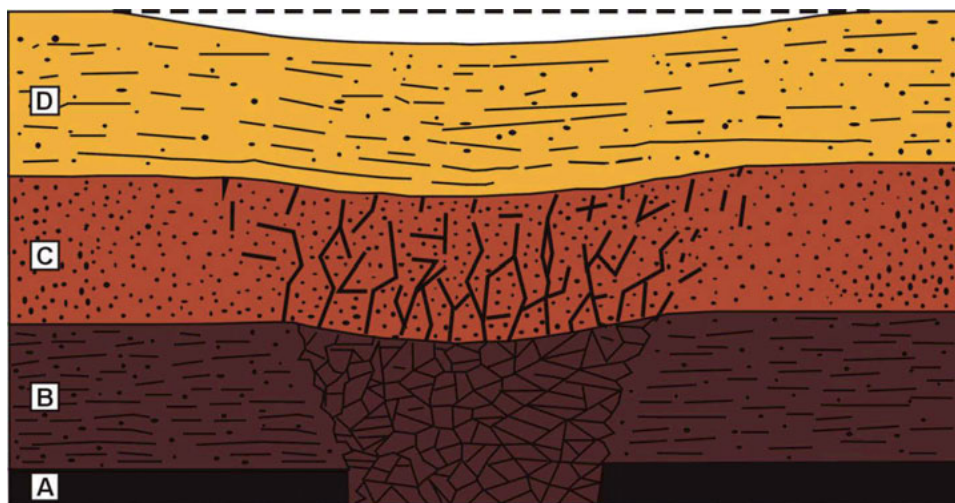


Rys. 8. Przejawy przemieszczeń górotworu na powierzchni ziemi (wg T. RYNCARZ, 1992, uproszczone):

1 — zapadliska, 2 — spękania i szczeliny, 3 — niecka osiadania

Fig. 8. Signs of rock mass translocation at the earth surface (after T. RYNCARZ, 1992, simplified):

1 — collapses, 2 — cracks and fissures, 3 — subsidence depressions



Rys. 9. Schemat niecki osiadania (wg S. ŻMUDA, 1973):

A — eksploatowany pokład, B — strefa zawalowa, C — strefa spękań, D — strefa ugięcia

Fig. 9. Scheme of subsidence depressions (after S. ŻMUDA, 1973):

A — bed exploited, B — zone of failure, C — zone of fissures, D — zone of deflection

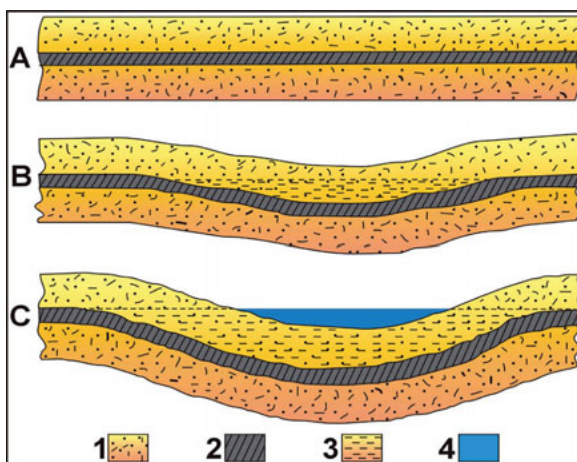
Proces osiadania inicjuje jedynie powstanie na powierzchni terenu zagłębień. Często zdarza się tak, że eksploatacja górnicza powoduje ucieczkę wód w głębsze podłoże oraz osuszenie górotworu, w konsekwencji na powierzchni terenu obserwuje się wysychanie źródeł oraz zanik małych cieków i stawów. Aby w miejscach, w których doszło do obniżenia terenu, powstały zbiorniki wodne, muszą być spełnione pewne warunki. W osiadającym górotworze, na stosunkowo niewielkiej głębokości, muszą zalegać warstwy utworów nieprzepuszczalnych, które skutecznie zatrzymają infiltrującą w podłoże wodę (rys. 10). Powstająca niecka osiadania wymusza spływ wód podziemnych w kierunku jej centralnej części, co prowadzi do podnoszenia poziomu lustra wody względem powierzchni terenu. Ciągłość procesu osiadania, a także napływ wód podziemnych oraz powierzchniowy spływ wód opadowych i roztopowych w początkowym stadium rozwoju niecki powodują powstawanie podmokłości. Ostatecznie gromadzące się wody osiągają powierzchnię terenu i wypełniają nieckę osiadania, w efekcie czego powstaje zbiornik (rys. 10).

Rys. 10. Proces powstawania zbiornika w niecce osiadania (wg S. ŻMUDA, 1973):

A, B, C — kolejne etapy procesu powstawania zbiornika; 1 — warstwa przepuszczalna, 2 — warstwa nieprzepuszczalna, 3 — strefa saturacji, 4 — wody powierzchniowe

Fig. 10. Process of reservoir formation in subsidence depressions (after S. ŻMUDA, 1973):

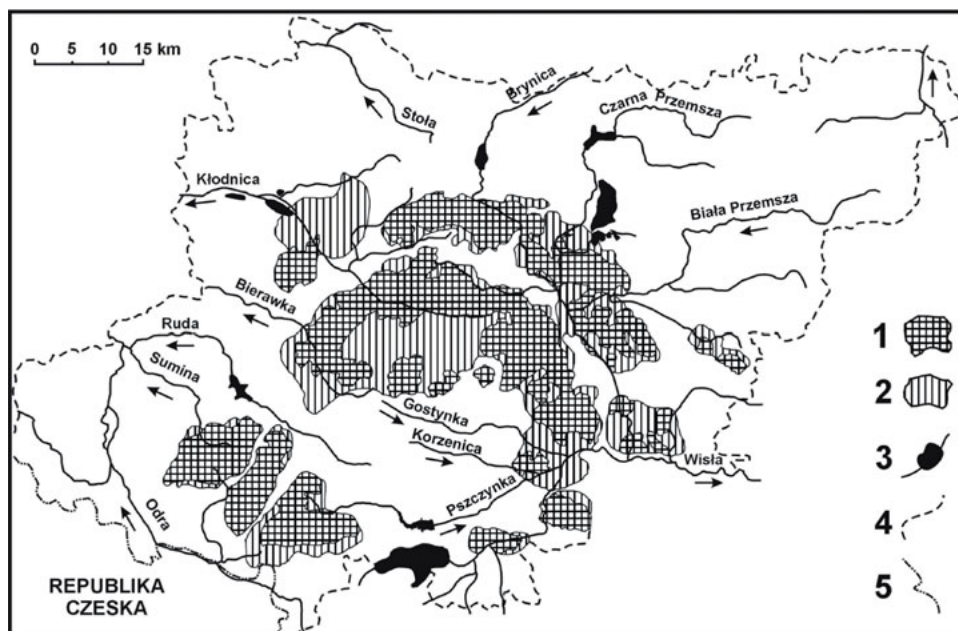
A, B, C — following stages of process of reservoir formation; 1 — permeable bed, 2 — impermeable bed, 3 — zone of saturation, 4 — surface waters



Przestrzenna i czasowa zmienność występowania zbiorników w nieckach osiadania oraz zapadliskach związana jest z intensywnością procesu osiadania. Deformacje powierzchni mogą mieć miejsce już w trakcie eksploatacji lub też po jej zaprzestaniu. Czas od rozpoczęcia robót górniczych, po jakim pojawiają się pierwsze deformacje, a także okres, w jakim zachodzą przemieszczenia w obrębie górotworu, są bardzo zróżnicowane i zależą od wielu czynników. Do najważniejszych z nich zalicza się: właściwości mechaniczne skał nadkładu, głębokość, na jakiej prowadzona jest eksploatacja, wielkość powierzchni objętej pracami oraz intensywność przemieszczania się robót górniczych. Najczęściej odkształcenia terenu powstają w kilka lat po rozpoczęciu intensywnej eksploatacji, mogą jednak ujawnić się o wiele później (SZPETKOWSKI, 1980). Obserwowana obecnie tendencja do zamykania kopalń nie wpłynie na zahamowanie tempa powstawania zbiorników, osiadania mogą się bowiem ujawnić nawet po kilku-

dziesięciu latach od zaprzestania wydobywania. Dopiero po całkowitym ustabilizowaniu górotworu proces osiadania, a tym samym powstawanie zbiorników w nieckach osiadania, zostaje zakończony. Występujące na obszarze Wyżyny Katowickiej różnej genezy zbiorniki wodne są elementem krajobrazu, charakteryzującym się dużą zmiennością zarówno pod względem liczebności, jak i powierzchni wodnych. Największą dynamikę wykazują zaś zbiorniki tworzące się właśnie w nieckach osiadania (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 1997a). Antropogeniczne zbiorniki wodne już od XVII w. były bardzo charakterystycznym elementem krajobrazu konurbacji katowickiej. Pierwsze zbiorniki w zagłębieniach związanych z osiadaniami terenu pojawiły się dopiero na przełomie XIX i XX w. W 1902 r. na obszarze konurbacji katowickiej było jedynie 26 zbiorników zajmujących obniżenia powstałe w wyniku osiadania i zapadania terenu. Do 1955 r. ich liczba wzrosła do 286, a w 1994 r. tego typu zbiorników było już 369. Tak więc na przestrzeni niespełna wieku ich liczba zwiększyła się ponad 14-krotnie (CZAJA, 1999). W ostatnich latach liczba zbiorników w nieckach osiadania się zmniejsza. Do likwidacji poszczególnych obiektów najczęściej dochodzi w wyniku wypełniania powstałych zagłębień odpadami powstałymi podczas wydobywania węgla kamiennego. Jak podają S. CZAJA i V. DEGÓRSKA (1989), w rejonie Radzionkowa i Bytomia w latach 1960—1981 liczba tych zbiorników zmniejszyła się z 97 do 37. Mimo tak znacznego spadku, właśnie ta grupa genetyczna stanowiła nieco ponad połowę wszystkich antropogenicznych zbiorników występujących na tym obszarze. Podobną tendencję spadkową zaobserwował A.T. JANKOWSKI (1991) na obszarze samego Bytomia. O ile od rozpoczęcia w tym mieście wglębnej eksploatacji surowców mineralnych do 1960 r. ich liczba znacznie wzrosła, o tyle w późniejszym czasie następował systematyczny jej spadek. W 1989 r. na terenie Bytomia stanowiły one już tylko 23,4% całkowitej liczby antropogenicznych zbiorników wodnych.

Największe nagromadzenie omawianych zbiorników ma miejsce w tych częściach regionu górnośląskiego, w których obserwowane są największe osiadanania (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 1997b). Zbiorniki w nieckach osiadania (rzadziej zapadliskach) na ogół tworzą większe skupiska, a wyjątkowo występują pojedynczo (LEŚ-ROGOŹ, 1962). Niecki osiadania koncentrują się przede wszystkim na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, gdzie najczęściej występują obniżenia terenu wynoszące 5 m głębokości, oraz w granicach Rybnickiego Okręgu Węglowego, w obrębie którego perspektywiczne osiadanania mogą osiągnąć nawet od 30 m do 35 m (DWUCET i in., 1992). W związku z powszechnością występowania na tym terenie szkód górniczych opisywane zbiorniki są bardzo powszechne. Ma to swe bezpośrednie przełożenie na wiele problemów w sferze życia i działalności człowieka. Ich dominującą rolę w tym względzie podkreślają ustalenia K. DWUCET i J. WACHA (1994), mówiące o perspektywnym zasięgu osiadań, stanowiącym 23% powierzchni dawnego województwa katowickiego, tj. niemal 1,5 tys. km² (rys. 11).



Rys. 11. Zasięg osiadań górniczych na Wyżynie Śląskiej (wg K. DWUCET i in., 1992, uzupełnione): 1 — osiadania do 1990 r., 2 — docelowe osiadania, 3 — zbiorniki wodne i sieć rzeczna, 4 — granice dawnego woj. katowickiego, 5 — granica państwa

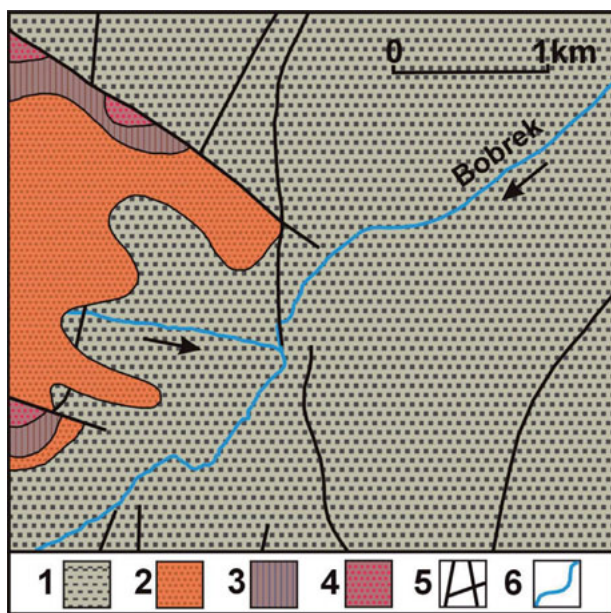
Fig. 11. Range of mining subsidences in the Silesian Upland (after K. DWUCET et al., 1992, completed):

1 — subsidences till 1990 year, 2 — forecasted subsidences, 3 — water reservoirs and river network, 4 — boundaries of former Katowice Province, 5 — State boundary

W granicach obszaru górniczego KWK „Kazimierz-Juliusz” występuje (stale lub okresowo) około 30 antropogenicznych zbiorników wodnych. Część z nich powstała w wyniku celowych zabiegów człowieka; są to osadniki wód dołowych, zbiorniki wody podsadzkowej, a także zbiorniki przeciwpożarowe. Największym z nich jest zbiornik Balaton, zaadaptowany do celów rekreacyjno-wypoczynkowych, powstały w zagłębieniu po wybraniu materiału gliniastego. Jednak największą liczbę stanowią zbiorniki powstałe jako niezamierzony efekt wgłębnej eksploatacji węgla kamiennego prowadzonej na tych terenach. Kilka akwenów występowało we wschodniej części opisywanego obszaru. Ich geneza związana była z odkrywkowym wybieraniem węgla kamiennego z pokładu 510, a także z jego płytką eksploatacją, prowadzoną przez ówczesną kopalnię „Feliks II”. Jednak w związku z drenażem wyrobisk doszło do obniżenia poziomu wód gruntowych, w efekcie zaś w 1996 r. nastąpił całkowity zanik tych zbiorników.

Jak podaje J. JAROS (1975), w obecnych granicach obszaru górniczego KWK „Kazimierz-Juliusz” eksploatacja węgla kamiennego rozpoczęła się już w I połowie XIX w., a prowadzona była przez ówczesną kopalnię „Feliks” w Ostrowach. W późniejszych latach na opisywanym terenie funkcjonowało kolejno kilka innych

zakładów prowadzących w głąbne wydobycie węgla. Dopiero w 1938 r. pojawiła się współczesna nazwa kopalni, która powstała z połączenia w tym właśnie roku dwu odrębnych zakładów — „Kazimierz” oraz „Juliusz” (BUGAJ, 1997). Jednak podziemna eksploatacja w bezpośrednim sąsiedztwie opisywanych zbiorników prowadzona była w znacznie późniejszym czasie. Na terenach tych wybierano węgiel kamienny warstw orzeskich oraz towarzyszące mu karbońskie łupki i piaskowce, stanowiące główny składnik usypywanych hałd (rys. 12). Zbiorniki powstałe w dolinie Bobrka oraz w jej najbliższym sąsiedztwie znajdują się w granicach parceli nr 2 i 3, gdzie roboty górnicze prowadzono w obrębie pokładu 409 — systemem ścianowym z zawałem stropu, natomiast w pokładach 418 i 510 — częściowo z zawałem stropu, a częściowo na podsadzkę hydrauliczną. Łączna miąższość wybranych skał zmienia się na tych terenach w przedziale od 16 m do 28 m. Ponieważ znaczna część powstałych pustek została wypełniona podsadzką (ORZEL, 1986), formujące się obniżenia mają o wiele mniejsze rozmiary. Rezultatem pro-

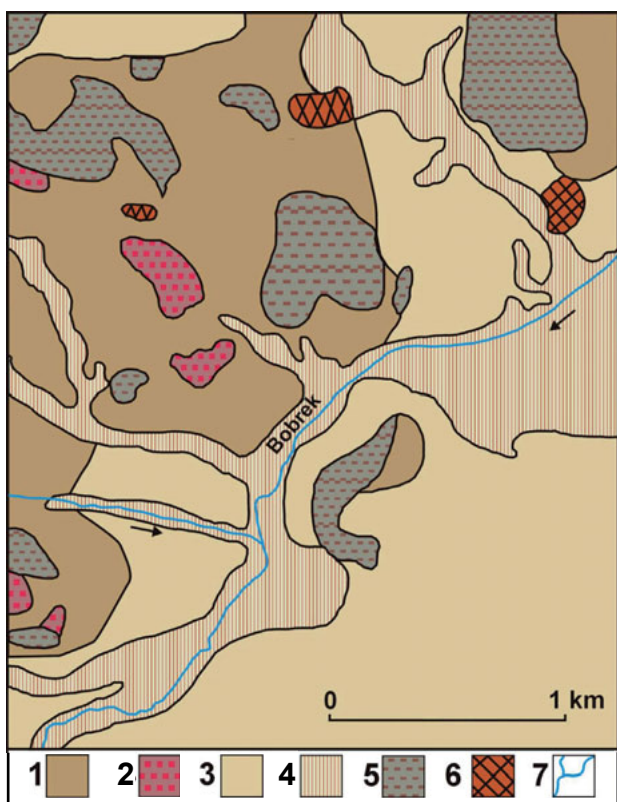


Rys. 12. Budowa geologiczna starszego podłoża na obszarze występowania zbiorników położonych w dolinie Bobrka (opracowanie własne na podstawie *Mapa geologiczna...*, 1954a):

Karbon: 1 — łupki, piaskowce i węgiel warstw orzeskich (westwal B); **Trias:** 2 — ility i piaski pstry, podrzędnie piaskowce (pstry piaskowiec dolny i środkowy), 3 — wapienie, miejscami „wapienie jamiste”, margle dolomityczne i dolomity (ret), 4 — wapienie zbite, faliste, trochitowe, zlepieńcowe lub „komórkowe” oraz margle warstw gogolińskich (wapienie muszlowy dolny — część dolna), 5 — uskoki, 6 — sieć rzeczna

Fig. 12. Geological structure of older substratum in the area of occurrence of reservoirs located in the Bobrek valley (made by the author on the base of *Geological map...*, 1954a):

Carboniferous: 1 — shales, sandstones and black coal of Orzesze (Westfalian B); **Triassic:** 2 — variegated clays and sands, secondarily sandstones (lower and middle Bunter Sandstone), 3 — limestones, in places — „cavernous limestones”, dolomitic marls and dolomites (Roethian), 4 — compact limestones, wavy-bedded, columnalium, conglomerate or „cellular” and marls of Gogolin Beds (lower Muschelkalk — lower part), 5 — faults, 6 — river network



Rys. 13. Utwory powierzchniowe na obszarze występowania zbiorników w dolinie Bobrka (opracowanie własne na podstawie *Szczegółowa mapa...*, 1956):

Karbon: 1 — warstwy orzeskie (łupki szare, piaskowce i węgiel); **Trias:** 2 — piaski i ropy czerwone lub pstre; **Neogen:** 3 — gliny zwałowe, 4 — osady rzeczne ogółem, 5 — piaski i żwiry lodowcowe i wodnolodowcowe (nierozdzielone), 6 — hałdy, 7 — sieć rzeczna

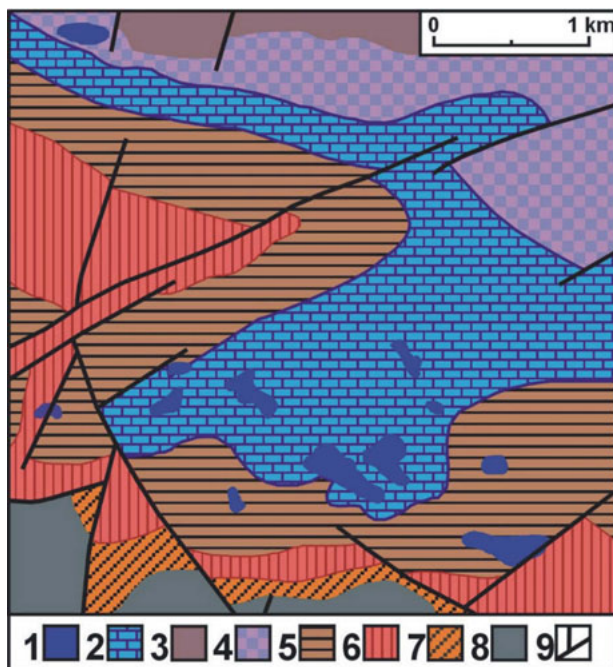
Fig. 13. Surficial deposits in the area of occurrence of reservoirs in the Bobrek Valley (made by the author on the base of *Detailed map...*, 1956):

Carboniferous: 1 — Orzesze Beds (grey shales, sandstones and coal); **Triassic:** 2 — sands and red or variegated clays; **Neogene:** 3 — glacial tills, 4 — fluvial deposits in general, 5 — glacial and fluvio-glacial sands and gravels (inseparate), 6 — spoil tips, 7 — river network

wadzonej na tym obszarze eksploatacji są osiadania terenu, które w 1985 r. kształtowały się na poziomie od 1,5 m do 2,0 m. Natomiast obecnie największe obniżenia terenu w najdalej na południe wysuniętej części osiągnęły rozmiary dochodzące do 6,0 m głębokości. Na opisywanym obszarze, na powierzchni terenu, zalegają utwory plejstoceńskie, reprezentowane przez gliny zwałowe, osady rzeczne oraz piaski i żwiry lodowcowe i wodnolodowcowe (rys. 13). Występujące płytko warstwy nieprzepuszczalne uniemożliwiają infiltrację płytko zalegających wód podziemnych w głąb podłoża, zatrzymując je na powierzchni. Najprawdopodobniej warstwę tę stanowią gliny zwałowe, a możliwe że wśród osadów rzecznych występują również ropy, które mogły uformować się na dnie szerokiej i płaskiej w tym

miejscu doliny. Także tego typu osady stanowią warstwę izolującą dla wód powierzchniowych.

Zbiorniki położone w centralnej części Wyżyny Katowickiej, w granicznej strefie między Bytomiem a Chorzowem, znajdują się na obszarze, na którym działalność prowadziły Zakłady Górniczo-Hutnicze „Orzeł Biały”. Kopalnia ta, która zajmowała się wydobywaniem rud cynku i ołowiu, powstała na tym terenie około 1860 r.; wówczas nosiła nazwę „Biały Szarlej”. Jednak dopiero w pierwszych latach XX w. nastąpił jej intensywny rozwój, który przyczynił się do większej eksploatacji złóż surowców mineralnych. Podstawę wydobywania stanowiły zasobne w metale dolomity kruszczońskie występujące na stosunkowo dużym obszarze (rys. 14). W tym czasie kopalnia przyjęła nazwę „Orzeł Biały”. Podczas



Rys. 14. Budowa geologiczna starszego podłoża na obszarze występowania zbiorników na granicy Bytomia i Chorzowa (opracowanie własne na podstawie *Mapa geologiczna...*, 1954b):

Jura: 1 — iły różnobarwne, piaski, glinki ogniotwale i limonity (pochodzenia krasowego); **Trias:** 2 — dolomity kruszczońskie (zdolomityzowane wapienie), 3 — dolomity margliste warstw z Tarnowic, 4 — dolomity dipoporowe, miejscami wapienie, 5 — wapienie zbite, faliste, trochitowe, zlepieńcowe lub „komórkowe” oraz margle warstw gogolińskich, 6 — wapienie, miejscami „wapienie jamiste”, margle dolomityczne i dolomity, 7 — iły i piaski pstre, podrzędnie piaskowce; **Karbon:** 8 — węgiel, piaskowce i łupki warstw siódłowych, 9 — uskoki

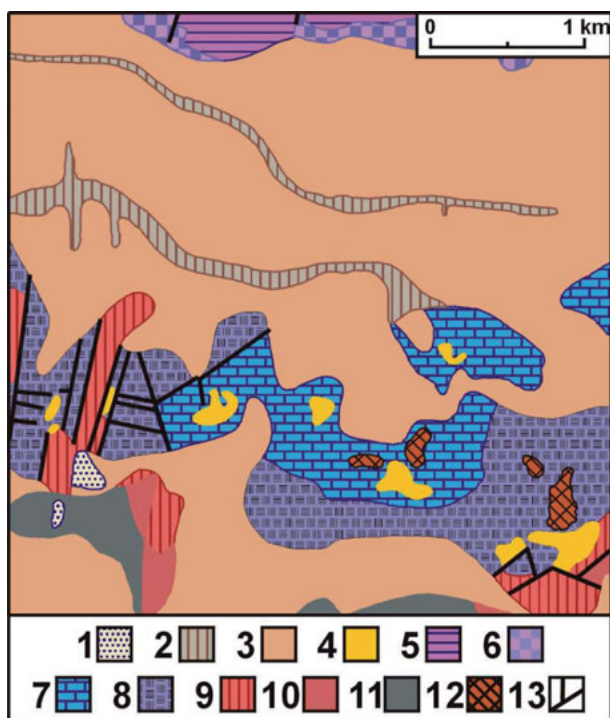
Fig. 14. Geological structure of older substratum in the area of reservoir occurrence at the borderland of Bytom and Chorzów (made by the author on the base of *Geological map...*, 1954b):

Jurassic: 1 — variegated clays, sands, fire-clays and limonites (of karst origin); **Triassic:** 2 — ore-bearing dolomites (dolomitic limestones), 3 — marly dolomites of Tarnowice Beds, 4 — dipopore dolomites, in places — limestones, 5 — compact limestones, wavy-bedded, columnar, conglomerate or „cellular” and marls of Gogolin Beds, 6 — limestones, in places — „cavernous limestones”, dolomitic marls and dolomites, 7 — variegated clays and sands, secondarily sandstones; **Carboniferous:** 8 — coal, sandstones and shales of Saddle Beds, 9 — faults

drugiej wojny światowej Niemcy prowadzili na tych terenach rabunkową eksploatację. Zaraz po zakończeniu działań wojennych uruchomiono zakład i rozpoczęto ponowne wydobycie złóż. Na początku lat 60. XX w. połączono Zakład „Orzeł Biały” z Kopalnią im. J. Marchlewskiego. Mimo to, z uwagi na wyczerpujące się zasoby złóż, stopniowo następował spadek wydobycia rud cynku i ołowiu. Kolejne działania administracyjne przyczyniły się do połączenia w 1967 r. Zakładu „Orzeł Biały” oraz Zakładów Górniczo-Hutniczych „Waryński” w Kombinat Górniczo-Hutniczy „Orzeł Biały”. Było to głównie podyktowane względami ekonomicznymi. Systematycznie zamykano poszczególne zakłady, w których prowadzona eksploatacja nie była zyskowna. Całkowite zaprzestanie podziemnej eksploatacji rud cynkowo-ołowiowych nastąpiło w 1989 r. Obecnie w nieczynnych wyrobiskach rudnych utrzymywane jest jedynie odwadnianie. Konieczność pompowania wód wynika z realnego zagrożenia zalania niżej zalegających wyrobisk górniczych węgla kamiennego, które w dalszym ciągu są wydobywane przez okoliczne kopalnie.

Pierwsze zbiorniki na tym terenie powstały już w latach 20. XX w., jednak były budowane w ściśle określonych celach. Retencjonowane wody znajdowały zastosowanie w procesie flotacji wydobytych rud, a następnie ze skałą płonną wylewano je w osadnikach. Natomiast pozostałe zbiorniki, jak podają J. BETLEJA i P. CEMPULIK (1992), utworzono w latach 50. XX w. Osiedlenia terenu na tym obszarze były konsekwencją wybierania złóż rud cynkowo-ołowiowych systemem zabierkowym z zawałem stropu. Eksploatację prowadzono na głębokości maksymalnie dochodzącej do 100 m, przy czym grubość poszczególnych pokładów zmieniała się w przedziale od 2,0 m do 6,5 m. Roboty górnicze odbywały się na jednym bądź dwóch poziomach, a strefa występowania okruszcowanego dolomitu wynosiła około 15,0 m (*Opinia dotycząca...*, 1999). Dodatkowo na wielkość osiadań na tym obszarze nakłada się także oddziaływanie górnictwa węgla kamiennego, które rozwinęło się z uwagi na złoża tego surowca zalegające w warstwach siodłowych (rys. 14). Na powierzchni terenu występują bezpośrednio wychodnie utworów triasowych, jednak w znacznym procencie są one przykryte osadami neogenu. Zalegające tu gliny zwałowe oraz ich zwietrzeliny stanowią warstwę nieprzepuszczalną dla infiltrujących w podłoże wód powierzchniowych. Podobną rolę odgrywały iły, które na tym terenie występują w postaci rozproszonych soczewek (rys. 15).

Ostatni kompleks zbiorników, które zostały poddane szczegółowym badaniom, zlokalizowany jest w zachodniej części Wyżyny Katowickiej. Znajdują się one na południu Zabrze, w dzielnicy Makoszowy. Aktualnie działalność górnictwa na tych terenach prowadzona jest przez Ruch „Makoszowy”, który od 1 lipca 2005 r. wchodzi w skład dwuruchowego zakładu górniczego — Kopalni Węgla Kamiennego „Sośnica — Makoszowy”. Początki kopalni „Makoszowy” przypadają na pierwsze lata XX w., kiedy to w 1906 r. na terenach tych uruchomiono szyb „Zero”. Dwa lata później połączono szyb z koksownią i nadano im wspólną nazwę „Delbrück”. W początkowym okresie eksploatacja odbywała się mało wydajnym systemem zabierkowym. Dopiero na przełomie lat 1925/1926 stopniowo zaczęto



Rys. 15. Utwory powierzchniowe na obszarze występowania zbiorników na granicy Bytomia i Chorzowa (opracowanie własne na podstawie *Szczegółowa mapa...*, 1954, 1957):

Neogen: 1 — piaski jeziorne w stropie, zwykle humusowe, 2 — osady rzeczne ogółem, 3 — gliny zwałowe lub zwierzelina gliny zwałowej, 4 — ły i piaski słodkowodne; **Trias:** 5 — dolomity margliste warstw z Tarnowic, 6 — dolomity diploporowe, miejscami wapienie, 7 — dolomity kruszczońskie (zdolomityzowane wapienie), 8 — wapienie zbite, faliste, trochitowe, zlepieńcowe lub „komórkowe” oraz margle warstw gogolińskich, 9 — wapienie, miejscami „wapienie jamiste”, margle dolomityczne i dolomity, 10 — ły i piaski pstre, podrzędnie piaskowce; **Karbon:** 11 — węgiel, piaskowce i łupki warstw siodłowych, 12 — hałdy, 13 — uskoki

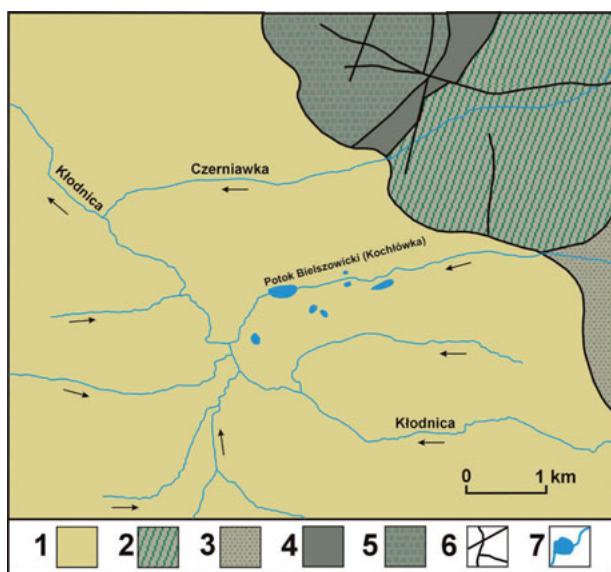
Fig. 15. Surficial deposits in the area of reservoir occurrence at the borderland of Bytom and Chorzów (made by the author on the base of *Detailed map...*, 1954, 1957):

Neogene: 1 — lacustrine sands — at the top — common humus sands, 2 — fluvial deposits in general, 3 — glacial tills or waste-mantle of glacial till, 4 — fresh-water clays and sands; **Triassic:** 5 — marly dolomites of Tarnowice Beds, 6 — diplopor dolomites, in places — limestones, 7 — ore-bearing dolomites (dolomitic limestone), 8 — compact limestones, wavy-bedded, columnar, conglomerate or „cellular” and marls of Gogolin Beds, 9 — limestones, in places — „cavernous limestones”, dolomitic marls and dolomites, 10 — variegated clays and sands, secondarily sandstones; **Carboniferous:** 11 — coal, sandstones and shales of Saddle Beds; 12 — spoil tips, 13 — faults

wprowadzać urabianie pokładów systemem ścianowym, dzięki czemu znacząco wzrosła eksploatacja węgla. Także okres drugiej wojny światowej to zwiększenie wydobycia, które w tym czasie przekroczyło 2 mln t. Po zakończeniu działań wojennych, gdy kopalnia znalazła się na ziemiach polskich, nadano jej współczesną nazwę „Makoszowy”. Powojenna intensyfikacja prac w kopalni w głównej mierze opierała się na zasobach położonych w południowej części obszaru górniczego. Dlatego też w tym kierunku przesunięto chodniki górnicze, w obrębie których prowadzono eksploatację. W 1955 r. zakończono działalność na poziomie 230 m,

a w latach 60. XX w. sięgnięto po niżej zalegające złoża w obrębie poziomu 660 m. Rozwój oraz stosowanie nowych technik prac podziemnych przyczyniały się do ciągłego zwiększania wydobycia oraz schodzenia na coraz większe głębokości. W 1981 r. uruchomiono wielofunkcyjny szyb o głębokości 944 m, natomiast w 1988 r. kopalnia osiągnęła najwyższe w historii wydobycie, wynoszące nieco ponad 5 mln t. Pierwsza połowa lat 90. ubiegłego wieku to okres restrukturyzacji oraz spadek wydobycia węgla kamiennego (HEBLIŃSKI, BUDNY, 2006).

Główną przyczyną powstania zbiorników w południowej części Zabrza była eksploatacja pokładów węgla kamiennego warstw grupy rudzkiej, które znajdują się pod przykryciem osadów morskich z neogenu (rys. 16). Wybieranie urobku z zawałem stropu rozpoczęto na tym terenie na początku lat 50. XX w. Proces osiadania przebiegał tu nierównomiernie zarówno w czasie, jak i w przestrzeni. Do końca lat 70. XX w. osiadania terenu w Makoszowach pod zabudowaniami dochodziły do 1,0 m, natomiast na pozostałym obszarze były większe, ale nieprzekraczały 3,5 m, przy czym proces ten postępował i nadal postępuje w czasie.



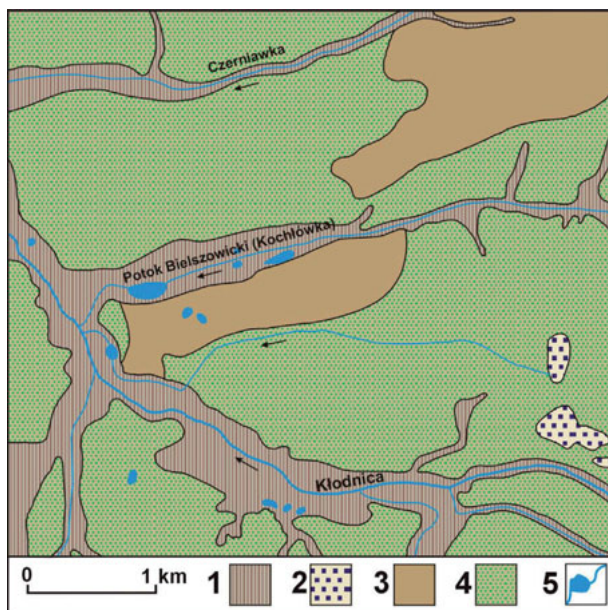
Rys. 16. Budowa geologiczna starszego podłoża na obszarze występowania zbiorników w Zabrze-Makoszowicach (opracowanie własne na podstawie *Mapa geologiczna...*, 1954c):

Neogen: 1 — iły margliste i piaski warstw grabowieckich oraz iły, piaski, piaskowce, wapienie, gipsy i tufty warstw opolskich; **Karbon:** 2 — piaskowce, łupki i węgiel warstw rudzkich, 3 — łupki, piaskowce i węgiel warstw orzeskich, 4 — węgiel, piaskowce i łupki warstw siodłowych, 5 — łupki, piaskowce i węgiel warstw porębskich i grodzieckich, 6 — uskoki i nasunięcia, 7 — sieć rzeczna i zbiorniki wodne.

Fig. 16. Geological structure of older substratum in the area of reservoir occurrence in Zabrze-Makoszowice (made by the author on the base of: *Geological map...*, 1954c):

Neogene: 1 — marly clays and sands of Grabowiec Beds and clays, sands, sandstones, limestones, gypsums and tuffites of Opole Beds; **Carboniferous:** 2 — sandstones, shales and coal of Ruda Beds, 3 — shales, sandstones and coal of Orzesze Beds, 4 — coal, sandstones and shales of Saddle Beds, 5 — shales, sandstones and coal of Poręba and Grodziec Beds, 6 — faults and overthrusts, 7 — river network and water reservoirs

W innych rejonach dzielnicy obniżenia terenu osiągnęły wartości na poziomie 5,0 m, a w dolinie Potoku Bielszowickiego osiadania przybrały dużo większe rozmiary, dochodząc do 12,0 m (Nawrat, 1990). Zalegające na powierzchni osady plejstocenijskie wykształcone w postaci glin zwałowych (rys. 17) oraz występujące pod nimi mioceńskie ropy stanowią warstwę nieprzepuszczalną; zatrzymując wody na powierzchni, przyczyniają się do powstawania podmokłości, a także zbiorników wodnych.



Rys. 17. Formacja osadów powierzchniowych na obszarze występowania zbiorników w Zabrze-Makoszowicach (opracowanie własne na podstawie *Szczegółowa mapa...*, 1957):

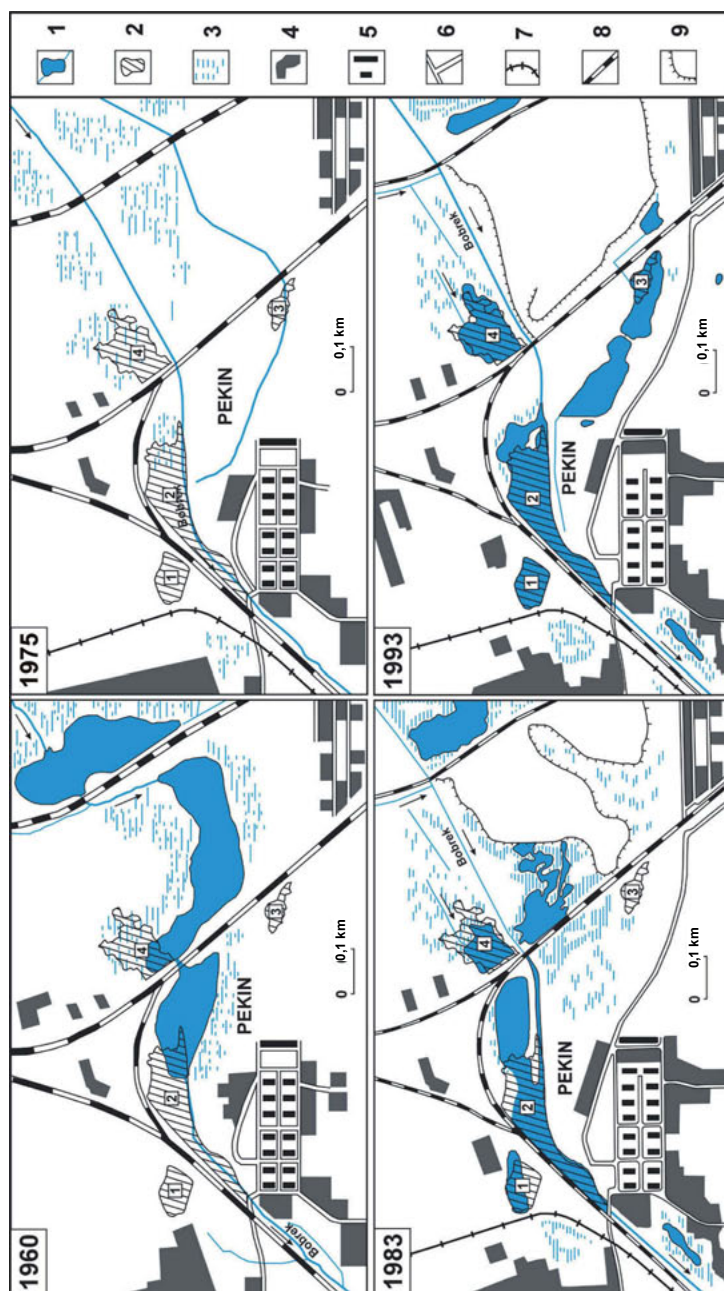
Neogen: 1 — osady rzeczne ogółem, 2 — piaski jeziorne w stropie zwykle humusowe, 3 — gliny zwałowe lub zwierzelina gliny zwałowej, 4 — piaski wodnolodowcowe, 5 — sieć rzeczna i zbiorniki wodne

Fig. 17. Formation of surficial deposits in the area of reservoir occurrence in Zabrze-Makoszowice (made by the author on the base of *Detailed geological...*, 1957):

Neogene: 1 — alluvial deposits in general, 2 — lacustrine sands at the top — common humus sands, 3 — glacial tills or waste-mantle of glacial till, 4 — fluvioglacial deposits, 5 — river network and water reservoirs

3.2. Czasowe zmiany zbiorników wodnych

Czas powstania poszczególnych zbiorników położonych we wschodniej części Wyżyny Katowickiej jest różny. Na mapie z 1960 r. występuje jedynie rozlewisko rzeki Bobrek — zbiornik nr 2, a także zbiornik nr 4 oraz inny akwen niebędący przedmiotem badań (rys. 18). Sądzić można, że osiadania gruntu objęły swym



Rys. 18. Zmiany zbiorników wodnych w nieckach osiadania w dolinie Bobrka w latach 1960—1993 (opracowanie własne na podstawie *Mapa topograficzna...*, 1960; 1975a, b; 1983a; 1993a):

1 — ciek i zbiorniki wodne w wydzielonych okresach, 2 — zasięgi opisywanych zbiorników w 2006 r., 3 — obszary podmokłe, 4 — zabudowa jednorodzinna, 5 — większe budynki, 6 — drogi, 7 — linia tramwajowa, 8 — linie kolejowe, 9 — hałdy

Fig. 18. Changes in water reservoirs located in subsidence depressions in the Bobrek Valley in the years 1960—1993 (made by the author on the base of *Topographic map*, 1960; 1975a, b; 1983a; 1993a):

1 — streams and water reservoirs in the separated periods, 2 — ranges of the described reservoirs in 2006 year, 3 — water-logged areas, 4 — single-family housing, 5 — larger buildings, 6 — roads, 7 — tramway line, 8 — railway lines, 9 — spoil tips

zasięgiem jedynie rejon wymienionych obiektów, gdyż tereny współcześnie zajęte przez pozostałe zbiorniki w owym czasie nie były nawet podmokłe. Funkcjonujące w latach 60. XX w. zbiorniki miały zupełnie inną powierzchnię i kształt niż w chwili obecnej (rys. 18). Zasięg rozlewiska Bobrka przesunięty był dosyć znacznie w górę biegu rzeki i ze współczesnym zbiornikiem pokrywał się jedynie na niewielkim odcinku, a jego powierzchnia w 1960 r. wynosiła 2,63 ha. W przypadku drugiego zbiornika różnice są jeszcze większe, wspólny zasięg powierzchni wodnej bowiem był jeszcze mniejszy. W porównaniu z aktualnym stanem zbiornik ten znajdował się nieco dalej na południe, a jego powierzchnia wynosiła wtedy 5,00 ha. Zbiornik miał charakter wybitnie przepływowy i powstał w wyniku rozlania się wód Bobrka; jego powierzchnia, podobnie jak w przypadku zbiornika nr 2, w głównej mierze była uzależniona od stanów wody w tej rzece.

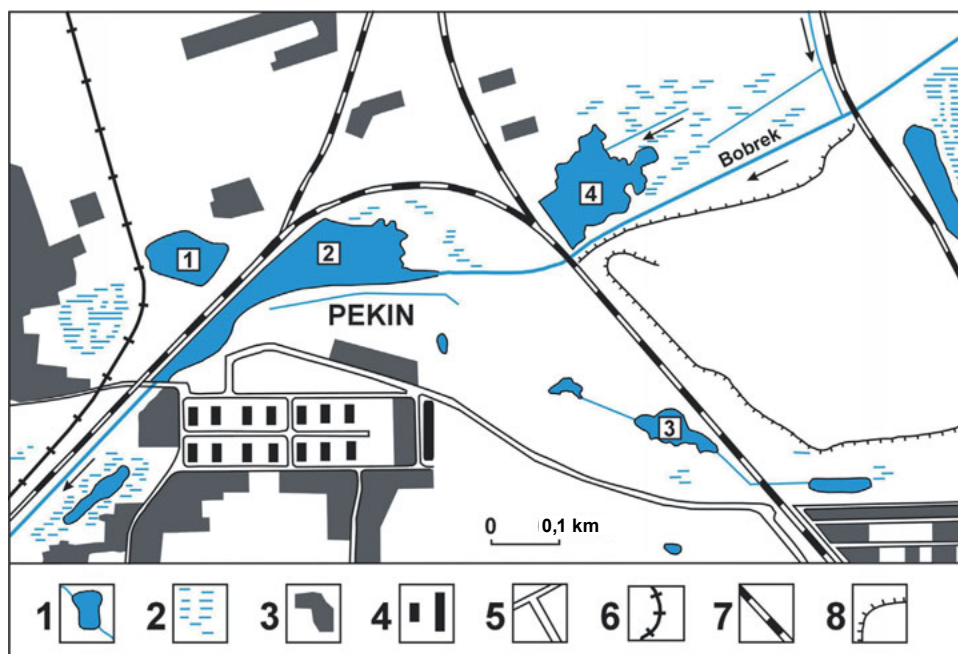
W późniejszym okresie na obszarze tym przeprowadzono prace regulacyjne, polegające między innymi na ograniczeniu rozlewisk rzeki Bobrek, a także na uporządkowaniu stosunków wodnych na terenach zawala. W tym celu korytu rzeki nadano kształt trapezowy, a skarpy zostały pokryte darnią, natomiast na pozostałym obszarze wykonano sieć rowów melioracyjnych oraz syfonów, którymi grawitacyjnie odprowadzano nadmiar wód do koryta rzeki. W miejscu tym dodatkowo wybudowano stację pomp dla wydajniejszego odwodnienia tych terenów (*Regulacja...*, 1969). Na mapie przedstawiającej stan z 1975 r. nie ma żadnego z opisywanych zbiorników, a ich przypuszczalne zasięgi wyznaczają jedynie tereny podmokłe (rys. 18). Niestety, na skutek postępującego procesu osiadania doszło do ponownego podtopienia tego obszaru, a urządzenia melioracyjne oraz syfony zostały uszkodzone. W związku z zaistniałą sytuacją funkcjonująca stacja pomp odznaczała się niewystarczającą wydajnością, co uniemożliwiało skuteczne odpompowanie nadmiaru gromadzących się wód. Konieczne były dalsze prace regulacyjne, w wyniku których ponownie ujęto koryto rzeki wałami ochronnymi. Dzięki tym zabiegom ukształtowany został brzeg południowy oraz na pewnym odcinku brzeg zachodni zbiornika nr 4, które do chwili obecnej wyznaczają jego zasięgi w tych kierunkach. Mimo że na mapie z 1983 r. zbiornik ten zajmował powierzchnię 0,67 ha, co stanowiło zaledwie połowę jego aktualnej powierzchni, w znacznej mierze jego kształt odpowiadał dzisiejszemu (rys. 18). Budowa obwałowań rzeki na tym odcinku uchroniła tereny przyległe przed zalaniem, ale zabiegi te nie wpłynęły na ograniczenie powstałego między nimi rozlewiska.

Osiadania terenu, jakie miały miejsce w latach 1975—1983, w głównej mierze były odpowiedzialne za wzrost powierzchni zbiornika nr 2 (rys. 18). Pogłębiająca się niecka osiadań przyczyniła się także do powstania kolejnych zbiorników wodnych. Na mapie z 1983 r. widoczny jest zbiornik nr 1, który charakteryzował się wydłużonym kształtem o przebiegu południkowym; jego powierzchnia nie była zbyt wielka, w 1983 r. wynosiła 0,44 ha (rys. 18).

Powstałe podmokłe obniżenia terenu oraz zbiorniki wodne stały się uciążliwym elementem planów zagospodarowania terenu. W celu ich ograniczenia we wschod-

niej części rozpoczęto składowanie odpadów po wydobyciu węgla w kopalni (rys. 18). Analogiczne rozwiązania często stosuje się w podobnych przypadkach na pozostałych terenach Wyżyny Katowickiej. W pierwszej połowie lat 90. XX w. całkowicie zasypany został jeden ze zbiorników, jednak na pozostałym obszarze nastąpił przyrost powierzchni zajętej przez wody (rys. 18). Zbiornik nr 4 w odniesieniu do 1983 r. nieco ponad 2-krotnie zwiększył swój zasięg kosztem terenów po północnej stronie, jednak jego głębokość w tym miejscu nie przekraczała 1 m. Znaczne zmiany zanotowano także w przypadku zbiornika nr 1. W okresie 10 lat nastąpił wzrost jego powierzchni o 0,2 ha, co stanowiło nieco ponad 45% jego aktualnej powierzchni. Jednocześnie obiekt ten przyjął zupełnie nowy kształt. Dostyc istotne zmiany zaszły także w fizjonomii zbiornika nr 2; jego powierzchnia zmniejszyła się o 0,36 ha, co stanowiło 15% jego współczesnej powierzchni. Natomiast w południowej części tego terenu powstały dwa nowe zbiorniki, a w zasadzie jeden, rozdzielony nasypem, po którym można się bezpiecznie poruszać. Do szczegółowych badań wybrano południową część tego kompleksu — zbiornik nr 3 (rys. 18).

Przeprowadzone w latach 2003—2006 badania terenowe pozwoliły na uaktualnienie informacji zawartych na mapie topograficznej z 1993 r. W okresie 13 lat jedynie w przypadku zbiornika nr 1 nie odnotowano większych zmian (rys. 19). Na skutek naturalnych przemian oraz pod wpływem antropogenicznych czynników pozostałe zbiorniki w dosyc wyraźny sposób się zmieniły. Procesy zarastania uwi-doczniły się zwłaszcza w przypadku zbiornika nr 4, wpływając na znaczne uroz-maicenie jego linii brzegowej, a w strefie litoralnej pojawiły się duże powierzch-niowo płyty roślinności szuwarowej. W wyniku zarastania powierzchnia zbiorn-ika zmniejszyła się o 0,12 ha. Sedymentacja materiału niesionego przez rzekę w obrębie zbiornika nr 2 przyczyniła się do jego znacznego spłylenia, zwłaszcza w strefie kontaktu. Akumulacja materiału była tak duża, że w czasie niskich stanów wody w zbiorniku odsłaniane były, i nadal są, znaczne powierzchnie osadów, na które w trwały sposób wkracza roślinność. Dostyc dynamiczne zmiany stanów wody nie pozwalają na precyzyjne określenie powierzchni w przypadku tego zbiorn-ika. Należy jednak stwierdzić, że jego zasięg wyraźnie się zmniejszył zwłaszcza o strefę akumulacji (rys. 19), a przybliżona powierzchnia zbiornika wynosi około 2,3 ha. Wahania stanów wody warunkowane były przede wszystkim sezonowymi różnicami w opadach. W okresie badań zdecydowanie przeważały opady półtro-cza zimowego, zarówno w postaci deszczu, jak i śniegu, nad opadami półtrocza let-niego. Jednak najbardziej drastyczne zmiany dotknęły zbiorniki położone w połu-dniowej strefie. W ich obrębie składowano górnicze odpady w postaci skały płonnej wytwarzanej podczas wydobycia węgla w kopalni. Wykonano także sieć rowów drenujących, którymi odprowadzane są wody. Wymienione czynniki spowodowały prawie całkowity zanik północnej część tego kompleksu, natomiast zbiornik nr 4 w znacznej części został zasypany. Dodatkowo jego zasięg ograniczony jest przez bujnie rozwijającą się na brzegach roślinność szuwarową, szczególnie w południo-wej części zbiornika (rys. 19).



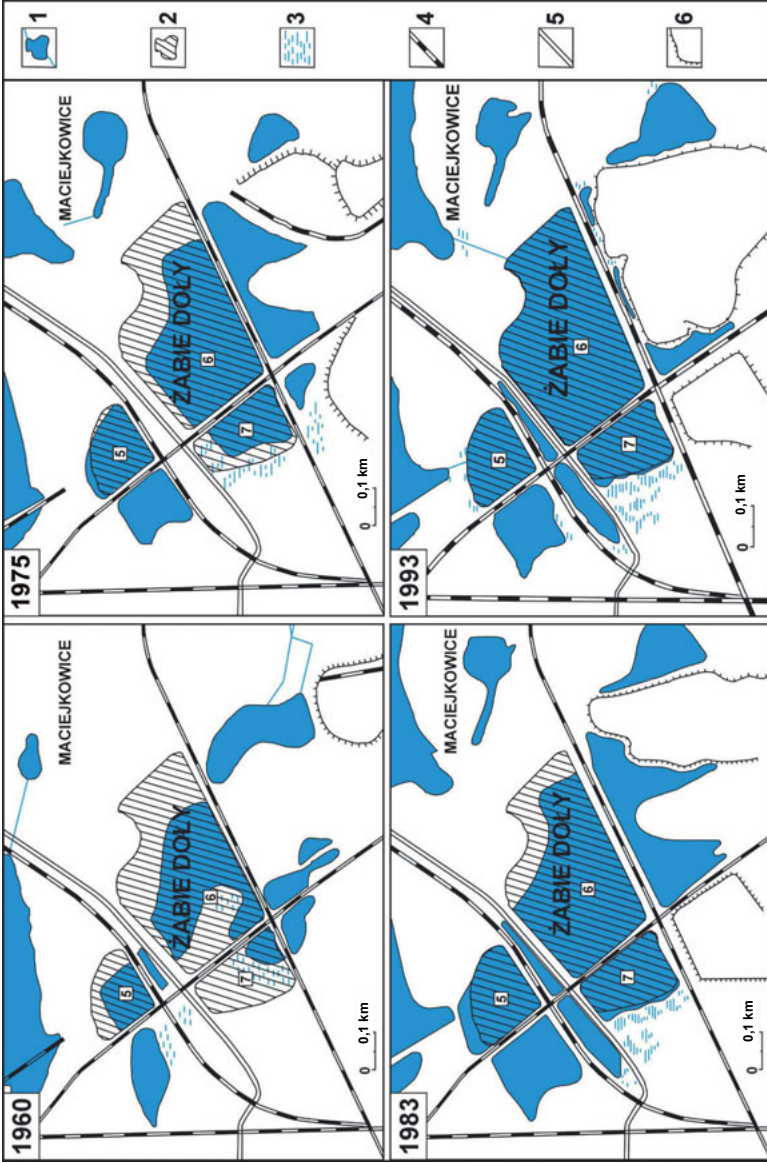
Rys. 19. Zasięgi zbiorników w dolinie Bobrka — sytuacja z 2006 r. (opracowanie własne):

1 — ciek i zbiorniki wodne, 2 — obszary podmokłe, 3 — zabudowa jednorodzinna, 4 — większe budynki, 5 — drogi, 6 — linia tramwajowa, 7 — linie kolejowe, 8 — hałdy

Fig. 19. Ranges of reservoirs in the Bobrek valley — situation in 2006 year (made by the author):

1 — streams and water reservoirs, 2 — water-logged areas, 3 — single-family housing, 4 — larger buildings, 5 — roads, 6 — tramway line, 7 — railway lines, 8 — spoil tips

Na mapie pochodzącej z 1960 r. spośród zbiorników wodnych zlokalizowanych w centralnej części Wyżyny Katowickiej występowały wszystkie opisywane akwenty. Jednak w dość znaczący sposób ich ówczesny wygląd odbiegał od stanu współczesnego. Na podstawie rozkładu powierzchni wodnej można sądzić, że największe osiadania objęły swym zasięgiem obszar położony na skrzyżowaniu linii kolejowych znajdujących się w południowej części tego kompleksu (rys. 20). W miejscu tym znajduje się zbiornik nr 7, który dopiero zaczął się formować, jego powierzchnia bowiem w tym czasie wynosiła 0,44 ha, co stanowiło blisko 18% jego obecnej wielkości. Kształt zbiornika przypominał trójkąt, a brzegami bieżyły nasypy linii kolejowych. Na północ od niego rozpościerał się zbiornik nr 6 z wyraźnie wcinającym się od zachodu półwyspem. Powierzchnia tego największego ze wszystkich zbiorników wynosiła 3,31 ha; był on wtedy ponad 3 razy mniejszy niż współcześnie. Najbardziej podobny kształt do aktualnego cechował zbiornik nr 5, jednak jego powierzchnia była 2-krotnie mniejsza i wynosiła 1,38 ha. Na opisywanym terenie występowało także kilka innych zbiorników (rys. 20). W południowej części tego obszaru powstałe niecki osiadania zaczęto zasypywać odpadami górniczymi. Po 15 latach wielkość usypanej hałdy nieco się zwiększyło.



Rys. 20. Zmiany zbiorników wodnych w nieckach osiadania na granicy Bytomia i Chorzowa w latach 1960—1993 (opracowanie własne na podstawie *Mapa topograficzna...*, 1960; 1975c; 1983b; 1993b):

1 — ciek i zbiorniki wodne w wydzielonych okresach, 2 — zasięgi opisywanych zbiorników w 2006 r., 3 — obszary podmokłe, 4 — linie kolejowe, 5 — drogi, 6 — hałdy

Fig. 20. Changes in water reservoirs located in subsidence depressions at the borderland of Bytom and Chorzów in the years 1960—1993 (made by the author on the base of *Topographic map*, 1960; 1975c; 1983b; 1993b):

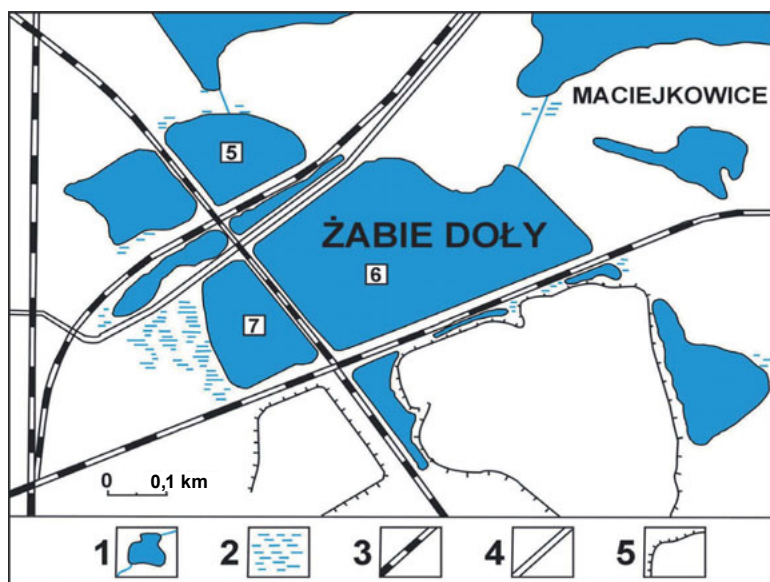
1 — streams and water reservoirs in the separated periods, 2 — ranges of the described reservoirs in 2006 year, 3 — water-logged areas, 4 — railway lines, 5 — roads, 6 — spoil tips

szyla, jak również pojawiła się kolejna tego typu forma. Osiedlenia terenu ujawniły się na nowych obszarach, dlatego też wszystkie zbiorniki wodne zwiększyły swą powierzchnię. W 1975 r. ostatecznie ukształtował się zbiornik nr 5. W tym czasie jego powierzchnia wynosiła 2,31 ha, co generalnie odpowiada współczesnemu stanowi. Także jego kształt na przestrzeni kilkunastu lat nie uległ większej zmianie. Natomiast zbiornik nr 7 dosyć wyraźnie zwiększył swą powierzchnię, osiągając 1,56 ha, a jego kształt w tym czasie nawiązywał do obecnego stanu (rys. 20). Ponad 2-krotnie zwiększył swą powierzchnię zbiornik nr 6, prawie całkowicie zalewając tereny pomiędzy nasypami linii kolejowych a drogą. Ciągłe obniżanie się terenu sprzyjało powiększaniu się opisywanych zbiorników wodnych. W 1983 r. we wszystkich przypadkach stwierdzono przyrost powierzchni wodnej (rys. 20). Najmniejsze zmiany były charakterystyczne dla zbiornika nr 5, gdyż w tym czasie jego areal zwiększył się jedynie o 0,47 ha. Natomiast w pozostałych dwóch przypadkach odnotowano dosyć znaczący wzrost terenów zalanych przez wodę. W 1983 r. ostatecznie ukształtował się zasięg zbiornika nr 7, który utrzymuje się do chwili obecnej. Także ostatni z opisywanych zbiorników zwiększył swą powierzchnię do 8,82 ha, jednak w tym przypadku nie jest to jeszcze maksymalna wielkość. Ponadto w środowisku pojawiło się także kilka innych, nowych na tym terenie zbiorników wodnych (rys. 20). Powolne stabilizowanie się górotworu wpłynęło na finalne ukształtowanie się zbiorników w tej części Wyżyny Katowickiej. Potwierdza to sytuacja obrazująca stan z 1993 r., kiedy to odnotowano jedynie niewielkie zmiany (rys. 20). Wyłącznie zbiornik nr 6 powiększył swój zasięg i w tym czasie jego areal wynosił 11,02 ha. W pozostałych przypadkach stwierdzono nawet niewielki spadek powierzchni zbiorników.

Aktualna sytuacja niewiele odbiega od stanu z 1993 r. Można sądzić, że dalsze osiedlenia terenu na tym obszarze nie będą już miały miejsca. Współczesny wygląd opisywanych zbiorników w dużej mierze determinowany jest przez występujące na tym obszarze antropogeniczne formy rzeźby terenu. Sieć nasypów, po których poprowadzono linie kolejowe oraz drogi, w znaczący sposób ogranicza zasięg wód stojących. Podłużne, antropogeniczne wzniesienia stanowią brzegi zbiorników, a w momencie usunięcia barier w centralnej części utworzyłyby się jeden, duży zbiornik (rys. 21).

W 1997 r. rozporządzeniem Wojewody Katowickiego na obszarze obejmującym opisywane zbiorniki wodne oraz tereny do nich przyległe utworzono Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy „Żabie Doły” o łącznej powierzchni 226,24 ha (LEDWOŃ i in., 1999a). Ochronie podlegają cenne fragmenty krajobrazu kulturowego, a także licznie występujące tu gatunki ptaków oraz płazów. Ustanowienie prawnej formy ochrony przyrody w głównej mierze miało na celu zachowanie estetycznych walorów tych terenów. Dzięki tym zabiegom ingerencja człowieka w środowisko na tym obszarze została w istotny sposób ograniczona.

Na terenie obszaru górniczego KWK „Makoszowy” pod koniec lat 90. ubiegłego wieku łącznie występowało 31 antropogenicznych zbiorników wodnych.



Rys. 21. Zasięgi zbiorników na granicy Bytomia i Chorzowa — stan z 2006 r. (opracowanie własne):

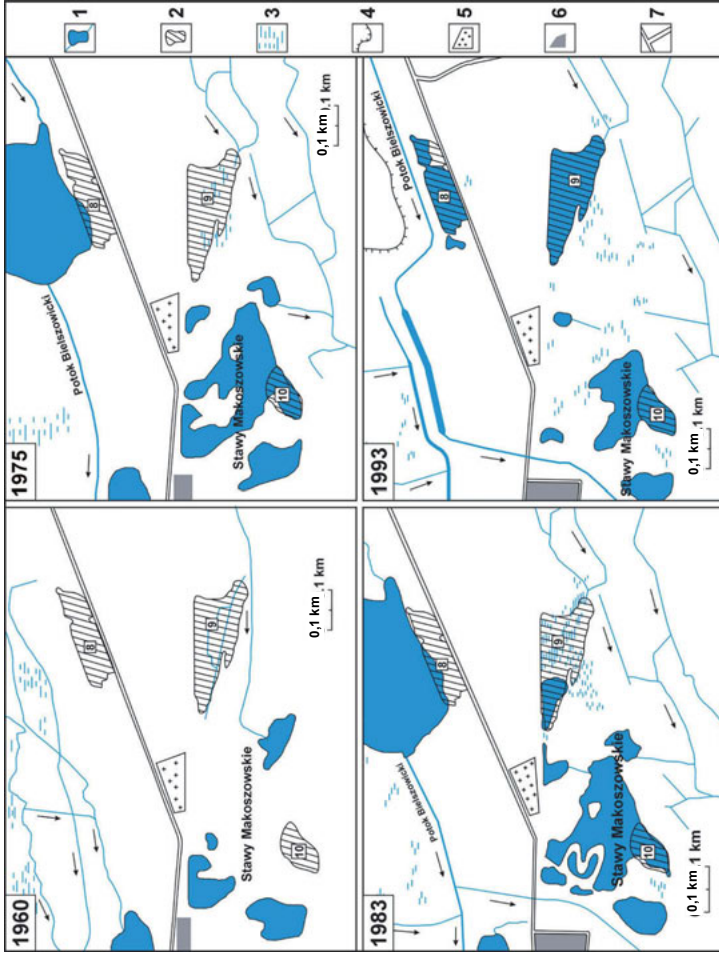
1 — ciek i zbiorniki wodne, 2 — obszary podmokłe, 3 — linie kolejowe, 4 — drogi, 5 — hałdy

Fig. 21. Ranges of reservoirs at the borderland of Bytom and Chorzów — situation in 2006 year (made by the author):

1 — streams and water reservoirs, 2 — water-logged areas, 3 — railway lines, 4 — roads, 5 — spoil tips

Spośród tej liczby 22 to zbiorniki powstałe na skutek osiadań terenu, wywołanych podziemną eksploatacją prowadzoną przez kopalnię (NAWRAT, 1990). Natomiast na początku lat 60. XX w. zbiorników było znacznie mniej. W tym czasie nie istniał jeszcze żaden z opisywanych zbiorników wodnych, choć na terenach tych występowały już zagłębienia wypełnione wodami. Na południe od lokalnej drogi znajdował się zbiornik, który na mapie z 1975 r. stanowił północną część opisywanego zbiornika nr 10 (rys. 22). Do połączenia tych zbiorników doszło w wyniku osiadań terenu. Jednak w pozostałych okresach funkcjonują one jako odrębne akwenty, dlatego też nie można traktować tych obiektów jako integralnych części jednego geosystemu. Powierzchnia tego zbiornika wynosiła jedynie 1,19 ha, co w 1975 r. stanowiło nieco ponad 20% powierzchni zbiornika nr 10. Ówczesne osiadania gruntu były stosunkowo niewielkie i w głównej mierze ujawniały się w północnej części tego obszaru, czego przejawem były powstałe podmokłości (rys. 22). Zawodnienie terenu wystąpiło także w miejscu zbiornika nr 9. W celu osuszenia tych terenów wykonano rowy drenażowe.

Na przestrzeni kolejnych 15 lat osiadania terenu były na tyle duże, że doszło do ukształtowania się zbiornika nr 10 — pierwszego z opisywanych w tej części Wyżyny Katowickiej. W tym czasie zbiornik ten osiągnął maksymalne rozmiary,



Rys. 22. Zmiany zbiorników wodnych w nieckach osiedlenia w Zabrze-Makoszewach w latach 1960—1993 (opracowanie własne na podstawie *Mapa topograficzna ...*, 1960; 1975c—f; 1983c—f; 1993c):

1 — ciek i zbiorniki wodne w wydzielonych okresach, 2 — zasięgi opisywanych zbiorników w 2006 r., 3 — obszary podmokłe, 4 — hałdy, 5 — cmentarz, 6 — zabudowa jednorodzinna, 7 — drogi

Fig. 22. Changes in water reservoirs located in subsidence depressions in Zabrze-Makoszewy in the years 1960—1993 (made by the author on the base of *Topographic map*, 1960; 1975c—f; 1983c—f; 1993c):

1 — streams and water reservoirs in the separated periods, 2 — ranges of the described reservoirs in 2006 year, 3 — water-logged areas, 4 — spoil tips, 5 — cemetery, 6 — single-family housing, 7 — roads

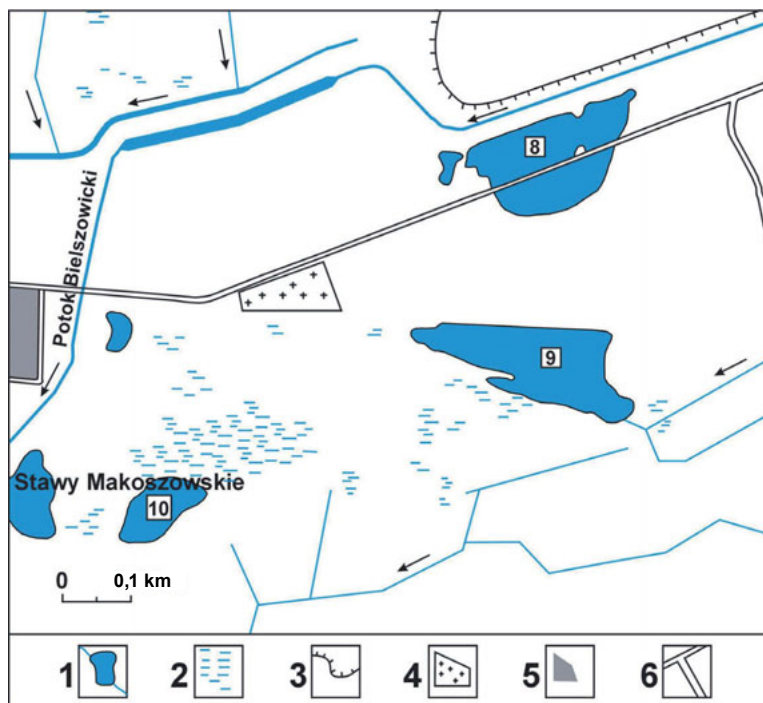
zajmując powierzchnię 5,75 ha. Areal zajęty przez wodę był ponad 8 razy większy niż współcześnie. Od tego momentu do dzisiaj zbiornik ten nigdy nie był już tak duży. Znaczny wzrost jego powierzchni w głównej mierze był konsekwencją rozwoju osiadań w tej części obszaru badań. Obniżenia powierzchni gruntu przyczyniły się także do dalszego wzrostu powierzchni zajętych przez podmokłości. Tym razem pojawiły się one w południowej części tych terenów (rys. 22), gdzie wykonano sieć rowów, którymi odprowadzano płytko występujące wody gruntowe. Natomiast w północnej części tego obszaru ujawniające się już w 1960 r. procesy osiadania doprowadziły do powstania stosunkowo dużego przepływowego zbiornika na Potoku Bielszowickim (rys. 22). Widać, że niewielka jego część zazębiała się ze współcześnie funkcjonującym zbiornikiem nr 8. Jednak z uwagi na sytuację topograficzną oraz późniejsze zabiegi hydrotechniczne nie można tego faktu traktować jako etapu formowania opisywanego zbiornika nr 8. Tego typu warunki utrzymywały się przez kilkanaście lat. Natomiast postępujące na przestrzeni kolejnych 8 lat osiadania gruntu były przyczyną powstania zbiornika nr 9, który dopiero zaczął się w tym czasie formować. Świadczy o tym jego niewielka powierzchnia, która wówczas wynosiła jedynie 0,55 ha, co stanowiło ponad 22% współczesnego stanu. Ponadto w granicach zbiornika nr 9 występowały wyraźne podmokłości terenu, świadczące o postępujących osiadaniami.

Dosyć wyraźne zmiany w ukształtowaniu linii brzegowej zaszły w przypadku zbiornika nr 10, w jego północnej części. Decydujące znaczenie w tym względzie należy przypisać czynnikom naturalnym. Nastąpiła w tym czasie dużo mniejsza dostawa wód do zbiornika, co przyczyniło się do odpływu wody w najgłębsze jego partie. W takich miejscach powstało kilka izolowanych zagłębień wypełnionych wodą. Na skutek tych procesów powierzchnia opisywanego zbiornika uległa zmniejszeniu o ponad 1 ha w odniesieniu do 1960 r.

Do dużo większych zmian doszło w latach 1983—1993. Na skutek zaistniałych osiadań i zmian w konfiguracji terenu zahamowany został grawitacyjny odpływ wód rzeki. Konieczne okazały się prace hydrotechniczne, które w istotny sposób zmieniły przebieg Potoku Bielszowickiego, kierując przepływ do zupełnie nowego koryta. W wyniku modernizacji ujście rzeki zostało przesunięte z 56 + 700 km do 57 + 400 km biegu Kłodnicy (JANKOWSKI i in., 2007). Ponadto w północnej części tego obszaru zlikwidowano przepływowy zbiornik powstały na Kochłowie, zasypując materiałem odpadowym zajmowane przez niego zagłębienie terenu. Jednak nie ograniczono się tylko do niwelacji terenu; utworzono w tym miejscu hałdę o znacznej powierzchni oraz wysokości kilkunastu metrów. Mimo tych czynności, po przeciwnej stronie rzeki w 1988 r. zaczął formować się zbiornik nr 8, który do 1993 r. osiągnął powierzchnię 1,27 ha (rys. 22). Pogłębiające się osiadania terenu w znacznym stopniu przyczyniły się do przyrostu powierzchni wodnej także w przypadku zbiornika nr 9. Jego powierzchnia w tym czasie wynosiła 2,43 ha, a więc w okresie 10 lat odnotowano ponad 5-krotny jej wzrost. Natomiast w przypadku zbiornika nr 10 w dalszym ciągu ubytki wody przeważały nad jej dostawą,

a jego powierzchnia znacznie się zmniejszyła i w tym czasie wynosiła 2,54 ha. Zanik zbiornika postępował od północy i wschodu, gdzie głębokość była najmniejsza, a o jego dawnym zasięgu świadczyły w tym czasie jedynie obszary podmokłe.

W latach 1993—2006 wygląd tych terenów uległ jedynie nieznacznym zmianom, w głównej mierze wynikającym z dalszych obniżen powierzchni terenu. Procesy te przyczyniły się do niewielkiego przyrostu powierzchni wodnej w przypadku zbiornika nr 8 (rys. 23). Decydujące znaczenie odegrały występujące ograniczenia w postaci wałów ochronnych Potoku Bielszowickiego po północnej stronie zbiornika oraz nasypu lokalnej drogi po stronie południowej. Przyrost powierzchni wodnej rozwijał się w kierunku wschodnim, gdzie nie było żadnych przeszkód terenowych i w tym kierunku nastąpił swobodny napływ wód. Aktualnie powierzchnia zbiornika nr 8 wynosi 1,43 ha i należy sądzić, że nie będzie się już powiększać, gdyż dalsze osiadania terenu uwidaczniają się jedynie po południowej stronie drogi. Doprowadziło to do powstania w tym miejscu kolejnego zbiornika, który kształtem nawiązuje do opisywanego zbiornika nr 8, a jedyną barierą oddzielającą te dwa obiekty jest nasyp wspomnianej drogi (rys. 23).



Rys. 23. Zasięgi zbiorników w Zabrze-Makoszowach — stan z 2006 r. (opracowanie własne):

1 — ciek i zbiorniki wodne, 2 — obszary podmokłe, 3 — hałdy, 4 — cmentarz, 5 — zabudowa jednorodzinna, 6 — drogi

Fig. 23. Ranges of reservoirs in Zabrze-Makoszowoy — situation in 2006 year (made by the author):

1 — streams and water reservoirs, 2 — water-logged areas, 3 — spoil tips, 4 — cemetery, 5 — single-family housing, 6 — roads

Dość istotne zmiany, od stanu z 1993 r., zaszły w kształcie zbiornika nr 10. Przez ten czas jego powierzchnia uległa wyraźnemu ograniczeniu. W 2006 r. wodą wypełniona była tylko jego południowa część (rys. 23). Tak więc w czasie 13 lat powierzchnia tego zbiornika zmniejszyła się do 0,69 ha, co stanowi zaledwie 12% jego maksymalnej wielkości. Tak duże zmiany wynikają ze stosunkowo niewielkiej głębokości tego obiektu, a ubytek nawet niewielkich ilości wody powoduje odsłanianie dużych powierzchni. Nadal jednak miejsca, z których ustąpiły wody, są terenami podmokłymi, co bezpośrednio wynika z płytkiego zalegania wód podziemnych.

Nie stwierdzono natomiast żadnych zmian w kształcie zbiornika nr 9. Zajmuje on wyraźne zakłębienie terenu i tylko w przypadku dużych osiadań terenu możliwe jest powiększenie jego zasięgu. Od 1993 r. nie odnotowano większych zmian w ukształtowaniu najbliższego otoczenia zbiornika, co sugeruje, że osiągnął już swe maksymalne rozmiary (rys. 23).

3.3. Charakterystyka morfometryczna i hydrotechniczna zbiorników wodnych

Charakterystyka morfometryczna niecek została oparta na wynikach badań terenowych i analizie map topograficznych. Szczegółowe pomiary głębokości wykonano jedynie w obrębie siedmiu opisywanych zbiorników. Sondowania odbyły się w okresie zimowym z pokrywy lodowej. Na podstawie uzyskanych wyników sporządzono plany batymetryczne oraz profile poprzeczne, które dostarczyły informacji o cechach morfometrycznych oraz o kształtach niecek. Natomiast w przypadku trzech zbiorników z różnych powodów zaniechano wykreślenia planów batymetrycznych. Przepływowy zbiornik zlokalizowany na rzece Bobrek charakteryzuje się bardzo zmiennym poziomem wody, warunkowanym jej ilością w rzece. Ponadto zbiornik ten nie zamarza, nawet podczas długo utrzymujących się mrozów. Z uwagi na jego małe głębokości, grubą warstwę osadów dennych oraz porastającą roślinność wodną wykonanie pomiarów było niezwykle utrudnione. Na zbiorniku nr 4 utrzymuje się zwarta pokrywa lodowa, ale jego głębokość na całej powierzchni jest wyrównana i nie przekracza 0,5 m. Natomiast zbiornik nr 10 w sezonie zimowym 2005/2006, w którym sporządzono pomiary, miał bardzo niewielką powierzchnię i głębokość. Wykonane w tym czasie odwierty w lodzie potwierdziły wcześniejsze przypuszczenia, że zbiornik całkowicie zamarzł do dna.

Zbiorniki w nieckach osiadania zazwyczaj przyjmują kształt powstającej niecki, a więc w głównej mierze są to formy owalne. W idealnych warunkach mogą nawet przybierać kształty koliste, jednak z uwagi na liczne zaburzenia występują niezmiernie rzadko. Powstałe zbiorniki znacznie częściej odznaczają się dość dużym zróżnicowaniem pod względem zajmowanej powierzchni, głębokości oraz ukształ-

towania linii brzegowej. Wygląd nowo powstających zbiorników, a zwłaszcza tych, które funkcjonują w środowisku już od dość długiego czasu, w dużej mierze modyfikowany jest przez celowe działania człowieka (MACHOWSKI, 2003). Zbiorniki w nieckach osiadania dość często powstają na obszarach zainwestowanych, powodując wymierne szkody finansowe, dlatego też w wielu przypadkach są w bardzo krótkim czasie zasypywane. Poza tego typu zabiegami, stosuje się także sztuczne formowanie i umacnianie brzegów, zabezpieczając w ten sposób tereny przyległe przed ich zalaniem. Zbocza zagłębień, w których występują sztuczne zbiorniki tej grupy genetycznej, są stosunkowo łagodne. Także dna tych zbiorników na znacznej powierzchni są płaskie i odznaczają się niewielkimi spadkami. Jedynie w strefie brzegowej mogą występować nieco większe nachylenia. Jak podają A.T. JANKOWSKI i in. (2001), nie należy utożsamiać głębokości powstających zbiorników z wielkością osiadań, gdyż tylko pewna część tworzącego się zagłębienia wypełnia się wodą, na ogół sięgając do poziomu wód podziemnych. Opisywane zbiorniki są zróżnicowane pod wieloma względami, począwszy od czasu ich powstania, na podstawowych parametrach morfometrycznych kończąc (tabela 3).

Tabela 3. Parametry morfometryczne opisywanych zbiorników wodnych (opracowanie własne)

Table 3. Morphometric parameters of described water reservoirs (made by the author)

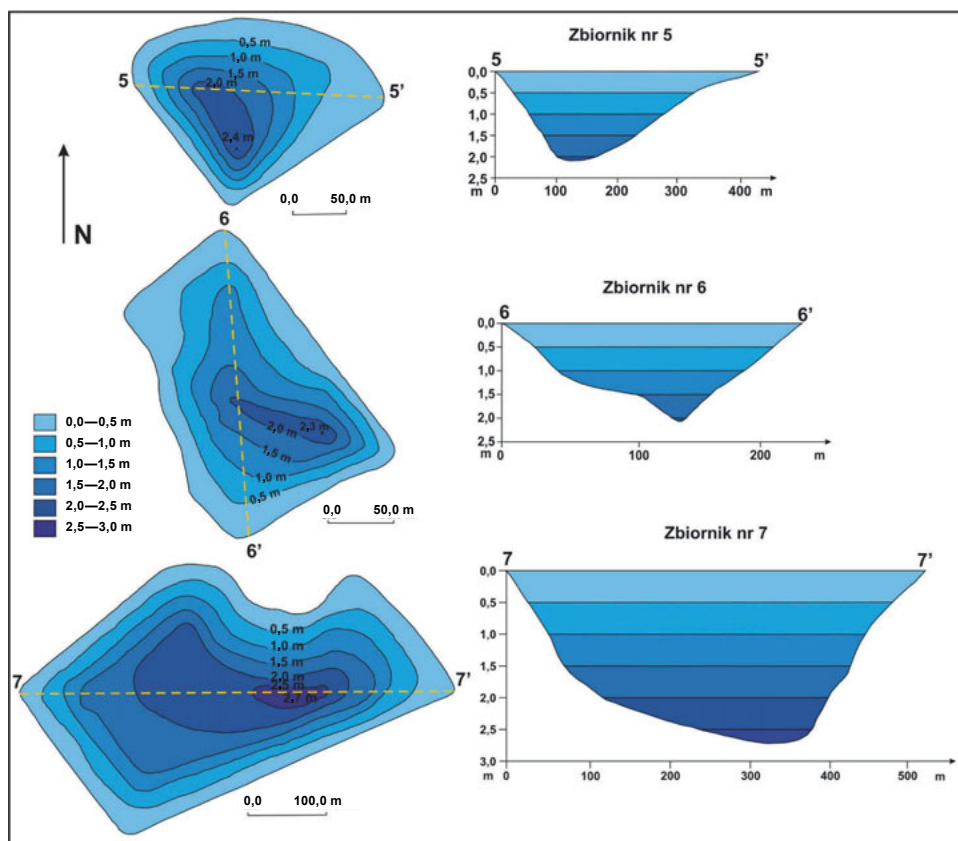
Parametry powierzchni i misy zbiorników	Numer zbiornika*									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Powierzchnia [ha]	0,64	2,30	0,34	1,27	2,26	11,02	2,47	1,43	2,43	0,69
Długość [m]	125	377	129	184	231	573	231	225	370	141
Szerokość maksymalna [m]	80	126	52	123	170	323	156	72	136	69
Szerokość średnia [m]	51,2	61,0	26,4	69,0	97,8	192,3	106,9	63,6	65,7	48,9
Wydłużenie	1,56	2,99	2,48	1,50	1,36	1,77	1,48	3,13	2,72	2,04
Długość linii brzegowej [m]	328	1080	290	665	603	1460	663	608	966	310
Rozwinięcie linii brzegowej	1,16	2,00	1,40	1,67	1,13	1,24	1,19	1,43	1,75	1,05
Głębokość maksymalna [m]	1,8	—	0,5	1,8	2,4	2,7	2,3	2,3	2,0	0,7
Głębokość średnia [m]	0,75	—	0,30	0,60	0,90	1,15	0,85	0,80	0,55	0,30
Wskaźnik odsłonięcia	0,85	—	1,13	2,12	2,51	9,58	2,91	1,79	4,42	2,30
Pojemność [tys. m ³]	4,84	—	1,02	7,62	20,34	126,73	21,00	11,44	13,37	2,07
Wskaźnik głębokościowy	0,42	—	0,6	0,33	0,38	0,43	0,37	0,35	0,28	0,43

* Numeracja zbiorników jak na rys. 2.

* Numbering of reservoirs as fig. 2.

W latach 1960—2006 spośród 10 charakteryzowanych zbiorników tylko 4 nieprzerwanie funkcjonowały w środowisku. Są to akwenty o numerach od 5 do 7 położone w kompleksie „Żabich Dołów” oraz zbiornik nr 10 w Zabrze. Oczywiście,

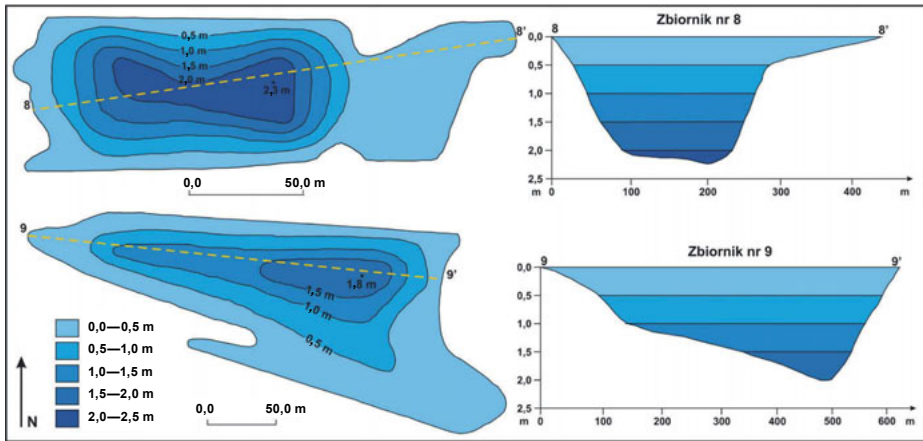
w czasie niemal 50 lat ich wygląd dosyć wyraźnie się zmieniał. Wszystkie opisywane zbiorniki są stosunkowo płytkie, a największe głębokości są charakterystyczne dla akwenów zlokalizowanych w centralnej części Wyżyny Katowickiej. Maksymalną głębokość pomierzono w zbiorniku nr 6, który jest zarazem największym ze wszystkich opisywanych obiektów (tabela 3). Największe głębokości w pozostałych dwóch zbiornikach są tylko nieznacznie mniejsze i osiągają wartość 2,4 m w zbiorniku nr 5 oraz 2,3 m w przypadku akwenu o numerze 7 (rys. 24). Taką samą głębokość zmierzono w zbiorniku nr 8 położonym w Zabrzcu, natomiast



Rys. 24. Plany batymetryczne oraz profile poprzeczne zbiorników nr 5, 6 i 7 położonych na granicy Bytomia i Chorzowa (opracowanie własne)

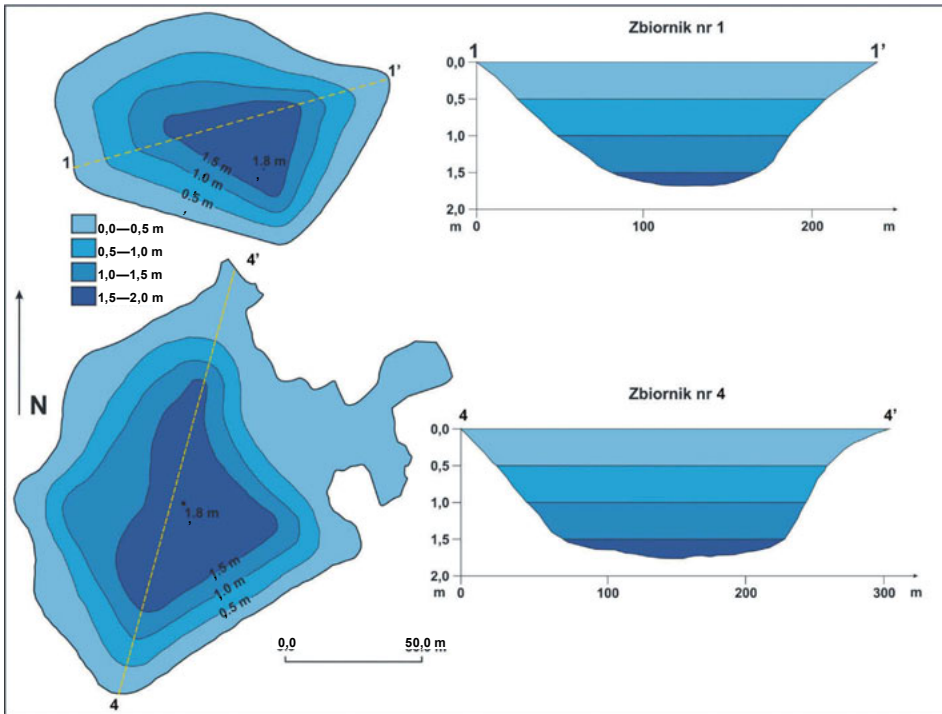
Fig. 24. Bathymetric plans and cross profiles of reservoirs No. 5, 6 and 7 located at the borderland of Bytom and Chorzów (made by the author)

pozostałe dwa obiekty są nieco płytsze (rys. 25). Znacznie mniejsza głębokość w przypadku zbiornika nr 10 jest pochodną dużego ubytku wód z jego misy w okresie poprzedzającym wykonanie pomiarów. Najmniejsze głębokości są charakterystyczne dla zbiorników położonych w Sosnowcu (rys. 26). W przypadku



Rys. 25. Plany batymetryczne oraz profile poprzeczne zbiorników nr 8 i 9 położonych w Zabrze-Makoszowach (opracowanie własne)

Fig. 25. Bathymetric plans and cross profiles of reservoirs No. 8 and 9 located in Zabrze-Makoszy (made by the author)



Rys. 26. Plany batymetryczne oraz profile poprzeczne zbiorników nr 1 i 4 położonych w Sosnowcu (opracowanie własne)

Fig. 26. Bathymetric plans and cross profiles of reservoirs No. 1 and 4 located in the Bobrek valley (made by the author)

zbiorników nr 1 i 4 pomierzono taką samą głębokość, która od powierzchni lodu do dna w najgłębszym miejscu w czasie wykonywania pomiarów wynosiła jedynie 1,8 m (rys. 26). Natomiast pozostałe dwa zbiorniki są dużo płytsze. Głębokość zbiornika nr 3 na całej jego powierzchni jest wyrównana i w najgłębszym miejscu nie przekracza 0,5 m. Bardziej skomplikowana sytuacja występuje w zbiorniku nr 2, o jego głębokości bowiem decyduje przepływ zasilającej go rzeki. Pomierzone wartości są charakterystyczne tylko dla czasu pomiaru i ulegają dynamicznym zmianom. Na obszarze Wyżyny Katowickiej reżim rzeczny przez wiele lat determinowany był antropopresją, a tylko w niewielkim stopniu wynikał z naturalnych warunków hydrometeorologicznych. Na terenach tych nastąpiło wybitne wyrównanie przepływów w rzekach. Jednak w ostatnich latach wpływy antropopresji słabną, a czynniki przyrodnicze odgrywają coraz większe znaczenie. W trakcie badań nie zaobserwowano znacznych wezbrań na Bobrku, chociaż dane archiwalne dokumentują występowanie dużo wyższych stanów wody w tej rzece. Największymi wahaniami poziomu wody odznaczał się zbiornik nr 10, co ma szczególne znaczenie w odniesieniu do jego niewielkich średnich głębokości. Poczynione obserwacje wskazują, że w tym przypadku zakres wahań osiągał poziom około 2 m. W trakcie badań prowadzono obserwacje wahań poziomu wody także w pozostałych zbiornikach wodnych, które miały jedynie szacunkowy charakter. Zmiany poziomu wody dochodzące do 0,5 m stwierdzono w zbiorniku nr 9, a o skali zjawiska świadczyły wystające ponad lustro wody pnie obumarłych drzew (fot. 1), które zazwyczaj przykrywała kilkucentymetrowa warstwa wody (fot. 2). Zaobserwowane wahania stanów wody wynikały ze wzmożonego zasilania w półroczu zimowym oraz mniejszych niż na ogół letnich opadów, co dodatkowo powiększało zakres zmienności napełnienia niecek wodą. W pozostałych zbiornikach wodnych nie stwierdzono tak dużych wahań stanów wody, a maksymalne sezonowe różnice dochodziły zazwyczaj do kilku, kilkunastu centymetrów.

Na podstawie genezy zbiorników wodnych w nieckach osiadania można sądzić, że największe głębokości będą charakterystyczne dla ich środkowych części. Wykonane pomiary i uzyskane wyniki w kilku przypadkach nieco odbiegają od przyjętych założeń, gdyż maksymalne głębokości występują w zupełnie innych partiach zbiornika (rys. 24—26). Duże znaczenie w tej kwestii należy przypisać działalności człowieka, która niewątpliwie ma wpływ na morfologię mis jeszcze przed powstaniem zbiorników. Osiedlenia terenu obejmują bowiem obszary, na których nierzadko występują już różnego rodzaju zagłębienia. Cechą charakterystyczną opisywanych zbiorników jest to, że w każdym z nich występuje jedna strefa o największych głębokościach, w kierunku której koncentrycznie zbiegają się izobaty. Z ich układu można wnioskować o wielkości i miejscu największych osiadań, a pośrednio także o pierwotnym ukształtowaniu niezaburzonej powierzchni terenu. Ponadto układ izobat w dużej mierze nawiązuje do zarysu linii brzegowej, w wielu przypadkach odbiegając nieco od tego schematu (rys. 24—26). Taki układ



Fot. 1. Napełnienie zbiornika nr 9 położonego w Zabrze-Makoszowach z wystającymi pniami drzew w czasie niskich stanów wody (fot. R. MACHOWSKI, 2003)

Photo 1. Filling of water reservoir No. 9 located in Zabrze-Makoszowy with protruding tree trunks during low water stages (photo by R. MACHOWSKI, 2003)



Fot. 2. Zbiornik nr 9 położony w Zabrze-Makoszowach w okresie całkowitego napełnienia jego miski (fot. R. MACHOWSKI, 2004)

Photo 2. Reservoir No. 9 located in Zabrze-Makoszowy in the period of complete bowl filling (photo by R. MACHOWSKI, 2004)

izobat, głębokość oraz powierzchnia upodabniają opisywane zbiorniki do jezior jako obiektów naturalnych, a określanych mianem oczek polodowcowych (BOROWIAK, 1993; CHOIŃSKI, 1995). Jak podają A.T. JANKOWSKI i M. RZĘTAŁA (2004), jedyna różnica tkwi w czynniku ludzkim, inicjującym powstanie zbiorników wodnych w nieckach osiadania.

Z uwagi na fakt, że zbiorniki w nieckach osiadania powstają na obszarach odznaczających się wysokim stopniem urbanizacji i industrializacji, bardzo często ich brzegi na znacznej długości są zagospodarowane przez człowieka. W tym przypadku przez zagospodarowanie należy rozumieć celowe działania człowieka, zmierzające do ukształtowania i utrwalenia brzegów. Bardzo często zdarza się, że w najbliższym sąsiedztwie zbiorników przebiegają linie komunikacyjne w postaci nasypów drogowych oraz kolejowych. Nierzadko wspomniane nasypy stanowią na pewnych odcinkach ich brzegi. Sytuacja taka ma miejsce w przypadku wszystkich zbiorników położonych na pograniczu Bytomia i Chorzowa. W miejscu tym występują liczne ciągi krzyżujących się linii kolejowych, a także dróg asfaltowych (fot. 3). Przebiegająca przez środkową część Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego „Żabie Doły” linia kolejowa została zlikwidowana. Znajdujące się na jej powierzchni szyny wraz z podkładami zostały zdemontowane, a powierzchnia wyrównana. Obecnie z nasypu korzystają rowerzyści oraz spacerowicze licznie przybywający na te tereny. Także zbiorniki znajdujące się w Sosnowcu charakte-



Fot. 3. Skrzyżowanie nasypu nieistniejącej linii kolejowej oraz drogi asfaltowej w centralnej części Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego „Żabie Doły” (fot. R. MACHOWSKI, 2007)

Photo 3. Crossing of inactive railway line embankment with asphalt road in the central part of Natural-Landscape Complex „Żabie Doły” (“Frog pits”) (photo by R. MACHOWSKI, 2007)



Fot. 4. Widok na zbiornik nr 1 w niecce osiadania w Sosnowcu z umocnionym brzegiem, po którym przebiega linia kolejowa (fot. R. MACHOWSKI, 2004)

Photo 4. View towards reservoir No. 1 located in subsidence depression in Sosnowiec with strengthened shore, on which railway line runs (photo by R. MACHOWSKI, 2004)

ryzują się umocnionymi brzegami, na których znajdują się tory kolejowe (fot. 4). Na niewielkim odcinku przebiega tędy także umocniony nasyp linii tramwajowej. Jednak w o wiele większym stopniu zagospodarowane brzegi ma przepływowy zbiornik znajdujący się na Bobrku. W miejscu tym usypano szczelne obwałowania, które miały chronić obszary przyległe przed zalewaniem. Jednak w wyniku postępujących osiadań terenu przestały one spełniać swe funkcje i poddane zostały modernizacji, a w konsekwencji nastąpiło podniesienie korony wałów. W wyniku tych działań powstały tzw. hałdowały, opisywane między innymi przez J. WACHA (1987) na Kłodnicy. Ingerencja człowieka widoczna jest również w dwu spośród trzech zbiorników położonych w Zabrze-Makoszowach. W zbiorniku nr 10 południowy brzeg na całej długości został nadsypany i umocniony materiałem ziemnym. Dużo większym stopniem zagospodarowania brzegów odznacza się zbiornik nr 8. Po jego północnej stronie przebiega sztucznie uformowany nasyp, będący jednocześnie obwałowaniem Potoku Bielszowickiego. Natomiast południowym brzegiem przebiega lokalna droga, która w wyniku osiadań terenu uległa podtopieniu (fot. 5a). Z tych względów konieczne było podniesienie nasypu ponad poziom wody. W tym celu wykorzystano odpady powstałe w trakcie wydobywania węgla kamiennego w kopalni (fot. 5b).



Fot. 5. Stan drogi przed modernizacją w kwietniu 2004 r. **(A)** i po jej remoncie we wrześniu 2004 r. **(B)** w Zabrze-Makoszowach (fot. R. MACHOWSKI, 2004)

Photo 5. State of road before its modernisation in April 2004 year **(A)** and after its repairing in September 2004 year **(B)** in Zabrze-Makoszowoy (photo by R. MACHOWSKI, 2004)

W obrębie opisywanych zbiorników wodnych występują także nieliczne urządzenia hydrotechniczne. W zbiorniku nr 1 wybudowano przepompownię, dzięki której możliwe jest odprowadzanie nadmiaru wód retencjonowanych w tym obiekcie. Jednak z uwagi na stosunkowo suche lata przepompownia pracuje tylko okresowo. Natomiast w brzegu zbiornika nr 5, pod nasypem kolejowym, umieszczono stalową rurę, którą przez większą część roku grawitacyjnie przepływa woda do zbiornika znajdującego się poniżej, po drugiej stronie nasypu.

Procesy brzegowe i osady denne zbiorników wodnych

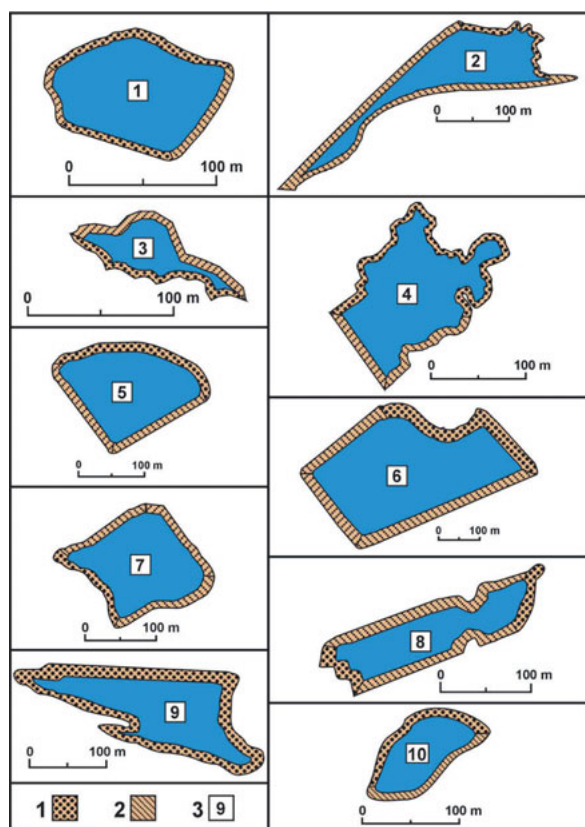
4.1. Uwarunkowania procesów oraz form brzegowych

Na obszarze Wyżyny Katowickiej intensywność oraz przebieg procesów brzegowych w obrębie antropogenicznych zbiorników wodnych zależą od wielu czynników. Do najważniejszych M.A. RZĘTAŁA (2003) zaliczyła: odpowiednią wielkość, głębokość i kształt mis zbiornikowych, intensywność falowania oraz litologię podłoża wraz z najbliższym otoczeniem zbiornika. Niewielka powierzchnia i pojemność zbiorników wodnych w nieckach osiadania w ogromnej mierze wpływają na ograniczenie rozwoju zwłaszcza form abrazyjnych. Ponadto w trakcie powstawania opisywanych zbiorników pokrywa roślinna znajdująca się nad powierzchnią wody zostaje naruszona w stosunkowo niewielkim stopniu. Dodatkowo z upływem czasu pojawiają się gatunki wilgocio- i wodnolubne, które także w utrwalający sposób wpływają na brzegi powstałych zbiorników. Nie oznacza to oczywiście, że w obrębie zbiorników wodnych w nieckach osiadania procesy brzegowe nie zachodzą w ogóle. Obserwuje się bowiem różnego rodzaju zmiany w strefie brzegowej, powodowane przez wody limniczne. Uwarunkowania środowiskowe oraz działalność człowieka w strefie brzegowej opisywanych zbiorników sprawiają, że powstałe formy mają o wiele częściej charakter akumulacyjny. Jednocześnie ich liczba jest niewielka i są one mało zróżnicowane (MICHAŁEWICZ i in., 1995). Toteż z wymienionych względów zbiorniki w nieckach osiadania rzadko stanowią obiekty, w których bada się rozwój procesów oraz form brzegowych.

W obrębie charakteryzowanych zbiorników wodnych dokonano typologicznej klasyfikacji brzegów. Uwzględniając ich nachylenie, wydzielono brzegi płaskie i strome, natomiast biorąc pod uwagę stopień przekształcenia, w opisywanych zbiornikach odnotowano występowanie brzegów naturalnych oraz

antropogenicznych. Należy zaznaczyć, że w przypadku omawianych zbiorników wodnych między przyjętymi klasyfikacjami zachodzi ścisła zależność, na całej swej długości bowiem brzegi naturalne są jednocześnie brzegami płaskimi, a brzegi ukształtowane w sposób antropogeniczny zaliczone zostały do brzegów wysokich (rys. 27). Brzegi płaskie w większości porasta roślinność wchodząca w skład szuwarów oraz oczeretów (fot. 6), jak również pokrywa je darń lub porasta roślinność krzewiasta i drzewiasta. Brzegi antropogeniczne zostały ukształtowane przez człowieka w taki sposób, aby zapobiec dalszemu zalewaniu powierzchni w wyniku postępujących osiadań. Są one z reguły dosyć strome i zazwyczaj odpowiednio wysokie. Uwzględniono tu wszelkiego rodzaju umocnienia oraz nasypy, które z czasem porosła roślinność (fot. 7).

Zmiany morfologiczne mis zbiorników w nieckach osiadania w początkowym etapie ich formowania wynikają w dużej mierze z działalności człowieka, a tylko w niewielkim stopniu warunkowane są czynnikami przyrodniczymi. Jednak już po bardzo krótkim czasie funkcjonowania w środowisku, gdy nastąpi stabilizacja dna, opisywane zbiorniki podlegają takim samym procesom, jak jeziora, jako obiekty naturalne (JANKOWSKI i in., 2001). Należy zauważyć, że



Rys. 27. Klasyfikacja brzegów zbiorników wodnych w nieckach osiadania:

1 — brzegi naturalne, płaskie, 2 — brzegi antropogeniczne, strome, 3 — numeracja opisywanych zbiorników (opracowanie na podstawie badań własnych)

Fig. 27. Shore classification of water reservoirs located in subsidence depressions:

1 — natural shores, flat, 2 — anthropogenic shores, steep, 3 — numeration of described reservoirs (made by the author on the base of his own research)



Fot. 6. Roślinność szuwarowa na północnym, płaskim brzegu zbiornika nr 5 w Zespole Przyrodniczo-Krajobrazowym „Żabie Doły” (fot. R. MACHOWSKI, 2007)

Photo 6. Vegetation of rushes at northern, flat shore of reservoir No. 5 in the Natural-Landscape Complex „Żabie Doły” (“Frog pits”) (photo by R. MACHOWSKI, 2007)



Fot. 7. Umocniony nasyp drogi porośnięty roślinnością w sąsiedztwie zbiornika nr 8 w Zabrze-Makoszowach (fot. R. MACHOWSKI, 2007)

Photo 7. Strengthened road embankment covered with vegetation in the neighbourhood of reservoir No. 8 in Zabrze-Makoszowy (photo by R. MACHOWSKI, 2007)

czynniki przyrodnicze oddziałujące na brzeg powodują stosunkowo niewielkie zmiany, których intensywność rozłożona jest w czasie. Natomiast działalność człowieka bardzo szybko przyczynia się do dość znacznego przeobrażenia brzegów zbiorników wodnych w nieckach osiadania. Doskonałym przykładem w tym względzie jest chociażby remont drogi w obrębie zbiornika nr 8, o czym już wspomniano (fot. 5a, b). Podobnych przykładów na obszarze Wyżyny Katowickiej jest znacznie więcej (np. MOLENDĄ, 1999a, b; DULIAS, RUDNICKA, 2000).

Spośród wielu czynników naturalnych, od których zależą intensywność oraz zasięg oddziaływania procesów brzegowych, największe znaczenie na terenie Wyżyny Katowickiej przypisuje się falowaniu wiatrowemu (RZĘTAŁA, 2003). Sytuacji tej nie zmienia nawet fakt, że zbiorniki w nieckach osiadania znajdują się w zagłębieniach terenu, które nie zawsze, ale dość często, osłonięte są przed wiatrem różnego rodzaju terenowymi przeszkodami.

Najdogodniejsze warunki rozwoju fal wiatrowych występują w granicach kompleksu „Żabie Doły”, gdzie wiatry o prędkości do 5 m/s mogą wzbudzić fale o wysokości od 10 cm do 20 cm, które powodują niewielkich rozmiarów zmiany w zarysie linii brzegowej. Jednak z uwagi na fakt, że brzegi tych zbiorników w znacznym stopniu pokrywa roślinność, przejawy oddziaływania falowania zaobserwować można jedynie na odkrytych częściach brzegu. W takich miejscach w sprzyjających warunkach, kiedy wieją wiatry osiągające prędkość kilkunastu metrów na sekundę, rozwijają się procesy abrazyjne. Przejawy ich działalności obserwuje się zarówno na brzegach piaszczystych (fot. 8a), jak i w częściach antropogenicznie przekształconych (fot. 8b). Dochodzi wówczas do powstania podmyć o charakterze mikrokli-fów (fot. 8a, b). Przy czym ich wysokość nie przekracza 10—20 cm; jednocześnie zaś żywotność tych form jest bardzo krótka. Ulegają one zatarciu w wyniku oddziaływania późniejszego falowania, padających deszczy, a także są niszczone przez człowieka. Podczas badań terenowych opisywane formy stwierdzono kilkakrotnie, ale zawsze w chłodnych okresach roku. Ponadto w tego typu miejscach o przejawach abrazyj świadczy także grubszy rumosz skalny, zalegający w strefie kontaktu wód z brzegiem. Drobniejsze frakcje unoszone są bowiem w kierunku toni wodnej, a także podlegają przemieszczaniu wzdłuż brzegu przez fale. Zjawisko to dotyczy zwłaszcza brzegów piaszczystych. W obrębie pozostałych opisywanych zbiorników, z uwagi na ich niewielkie rozmiary oraz niekorzystną sytuację topograficzną, rozwój wysokich fal wywołanych przez wiatry jest możliwy w niewielkim stopniu.

Pewnym urozmaiceniem linii brzegowej są wymieniane przez M.A. RZĘTAŁĘ (2003) mikrozatoki. W obrębie opisywanych zbiorników powstają one zarówno na płaskich odcinkach brzegów, jak i w częściach umocnionych i ukształtowanych antropogenicznie. Ponadto pochodzenie tych form wiązać należy z niezamierzonymi, jak również z celowymi działaniami człowieka. Zaobserwowano bowiem, że bardzo często mikrozatoki powstają w miejscach, które upodobali sobie wędkarze. Nieświadomie wydeptują oni brzegi zbiorników, doprowadzając w ten sposób do całkowitego zaniku roślinności na wąskim pasie brzegu. Czasami



Fot. 8. Mikroklify wykształcone w piaszczystym (A) i gruzowo-ziemnym brzegu (B) zbiorników położonych w Zespole Przyrodniczo-Krajobrazowym „Żabie Doły” (fot. R. MACHOWSKI, 2004, 2005)

Photo 8. Microcliffs shaped in sandy (A) and rubble-earth (B) shore of reservoirs located in the Natural-Landscape Complex „Żabie Doły” (“Frog pits”) (photo by R. MACHOWSKI, 2004, 2005)

także świadomie przygotowują stanowisko do wędkowania, wycinając roślinność. Tym samym uruchamiają proces niszczenia brzegu, doprowadzając do powstawania mikrozatoki. Wielkość opisywanych form w istotny sposób ograniczana jest przez system korzeniowy roślinności, która umacnia brzegi, hamując wpływając na tempo abrazji.

W trakcie badań terenowych zauważono, że w sprzyjających warunkach zmianom podlegają także brzegi zadarnione oraz porosłe przez roślinność krzewiastą i drzewiastą. Brzegi o takich cechach występują praktycznie na całej długości linii brzegowej zbiornika nr 9, który otoczony jest ze wszystkich stron mieszanym lasem. Podczas normalnego wypełnienia wodą niecki zbiornika działalność abrazyjna fal nie powoduje widocznych zmian w strefie brzegowej. Jeżeli jednak poziom wody obniży się o około 20—30 cm, a ma to miejsce praktycznie każdego roku latem, to dochodzi do wyraźnego podmywania brzegu. W takiej sytuacji powstają opisywane niejednokrotnie zerwy darniowe (np.: RZĘTAŁA, 1994; RZĘTAŁA, 2003; MACHOWSKI i in., 2006a). Powstałe formy najczęściej odznaczają się raczej niewielkimi rozmiarami, dochodzącymi do 30 cm wysokości. W miejscach tych następuje cofanie brzegu, jednak z uwagi na bardzo dobrze rozwinięty system korzeniowy jest to proces bardzo powolny i ograniczony w czasie. Na brzegach opisywanego zbiornika w skrajnych przypadkach dochodzi do podmywania systemu

korzeniowego drzew, które tracą stabilność z podłożem i opadają zarówno w kierunku wody (fot. 9), jak i w stronę łądu. W tego typu miejscach powstają wyraźne wyrwy w brzegu.

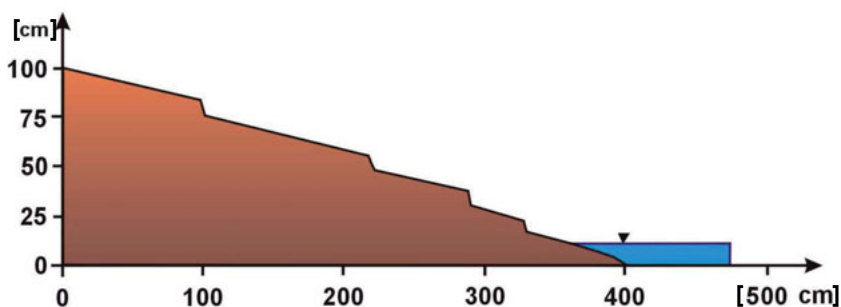


Fot. 9. Podmyte i przewrócone w kierunku wody drzewa w zbiorniku nr 9 na brzegu porośniętym przez las w Zabrze-Makoszowach (fot. R. MACHOWSKI, 2007)

Photo 9. Undermined and turned towards water trees in reservoir No. 9 at the shore overgrown by forest in Zabrze-Makoszowoy (photo by R. MACHOWSKI, 2007)

Zbiorniki w nieckach osiadania nie są także dogodnym miejscem do powstawania teras, a tym bardziej kilku poziomów terasowych. Jednak w przypadku jednego ze zbiorników położonego w Zabrze-Makoszowach — numer 10, w trakcie badań terenowych w lipcu 2005 r. stwierdzono na jego południowych brzegach występowanie form przypominających swym wyglądem poziomy terasowe, ale o bardzo małych rozmiarach (rys. 28). W tym przypadku można raczej mówić o poziomach mikroterasowych. Klasyczne tego typu formy, opisywane chociażby przez M.A. RZĘTAŁĘ (2003), odznaczają się abrazyjno-akumulacyjną genezą. Najczęściej powstają na piaszczystych, nachylonych powierzchniach w wyniku oddziaływania na brzeg wód o zmiennym horyzoncie zalegania. O ile w zbiornikach zaporowych poziom piętrzenia wód generalnie wynika z gospodarki prowadzonej przez człowieka na obiekcie, o tyle w przypadku opisywanego zbiornika zmiany te zasadniczo zależą od czynników naturalnych. Obniżanie poziomu wody było konsekwencją wysokiego parowania wody w okresie letnim oraz braku w tym czasie opadów. Dodatkowo, w wyniku naruszenia górotworu, mogło dojść do ucieczek zretencjo-

nowanych wód w podłoże. Można także sądzić, że osiadanie terenu na tym obszarze jest na tyle powolne, że nie ma większego udziału w formowaniu opisywanych poziomów mikroterasowych. Ciągły ubytek wody przedzielany był „postojami”, gdy wysokość lustra wody utrzymywała się na jednym, niezmiennym poziomie. W takich momentach w piaszczystym materiale budującym brzeg dochodziło do uformowania progów, które świadczą właśnie o zaleganiu wody na określonej wysokości przez odpowiednio długi czas. Rozmiary tych progów w opisywanym zbiorniku są niewielkie i nie przekraczają 5—10 cm, co świadczy o krótkim utrzymywaniu się wody na stałym poziomie. Odległości między najwyższej położonymi progami wynoszą około 1 m, co niewątpliwie świadczy o dużych stratach wody z misy zbiornika w krótkim czasie. Formy te mają charakter efemeryczny i szybko ulegają zatarciu w rzeźbie strefy brzegowej. Najczęściej, a zarazem najszybciej rozmywane są przez padające deszcze, a gdy brak jest opadów, po przesuszeniu podłoża zostają rozwiane przez wiatry. Jednak z uwagi na powtarzające się coroczne zmiany poziomów wody w zbiorniku nr 10 systemu mikroteras pojawiały się na jego brzegach częściej. W latach 2004—2006 zbiornik ten tylko w niewielkim stopniu wypełniały wody, a jego brzegi oraz dno na przeważającej powierzchni opanowane zostały przez roślinność zielną i trawiastą.



Rys. 28. Poziomy mikroterasowe powstałe w piaszczystym podłożu na skutek szybkiego wysychania zbiornika nr 10 w Zabrze-Makoszowach (opracowanie własne)

Fig. 28. Microterrace levels originated in sandy substratum in result of fast drying out of reservoir No. 10 in Zabrze-Makoszowoy (made by the author)

Zbiorniki w nieckach osiadania w wielu przypadkach pozbawione są skoncentrowanych dopływów. Częściej w pobliżu ich brzegów występują rozległe, podmokłe powierzchnie z wysiękami wód podziemnych. Z tego względu w strefie brzegowej tych akwenów stosunkowo rzadko występują delty. Utrudnieniem w tym względzie są także procesy osiadania, wpływające na kształt misy zbiornika (RZĘTAŁA, 2003). Natomiast gdy do zbiorników uchodzą cieką, w strefie kontaktu wód limnicznych z potamicznymi dochodzi do powstawania niewielkich rozmiarów delty. Częściej jednak są to obszary powierzchniowej akumulacji materiału niesionego przez dopływ. Kilka tego typu form występuje w strefie brzegowej opisy-

wanych zbiorników. Ponadto w przypadku dynamicznych zmian poziomu wody następuje rozcinanie i rozmywanie raz już uformowanych stożków napływowych. Sytuacja taka miała miejsce w przypadku zbiornika nr 10, gdy w stosunkowo krótkim czasie ubyło dużo wody, a tym samym baza erozyjna znacząco się obniżyła, w wyniku czego zniszczona została niewielkich rozmiarów delta (fot. 10).



Fot. 10. Niszczona w czasie niskiego poziomu wody delta w zbiorniku nr 10 położonym w Zabrze-Makoszowach (fot. R. MACHOWSKI, 2004)

Photo 10. Delta in reservoir No. 10 located in Zabrze-Makoszowoy and disturbed during low water stage (photo by R. MACHOWSKI, 2004)

Z uwagi na małe przepływy w ciekach dopływających do zbiorników ilość niesionego materiału jest stosunkowo nieduża, a strefa akumulacji ogranicza się do kilku bądź kilkunastu metrów kwadratowych. Bywa jednak, że te powierzchnie są znacznie większe. Miejsca takie są charakterystyczne dla rzek, których dna dolin obniżyły się na skutek osiadań terenu. Jest tak między innymi w przypadku zbiornika nr 2 zlokalizowanego na Bobrku, gdzie w dolinie utworzyło się rozległe zagłębienie wypełniane materiałem niesionym przez rzekę (fot. 11).

Jednak najpowszechniejsze formy brzegowe w zbiornikach w nieckach osiadania powstają w wyniku akumulacji na ich brzegach materii organicznej. Stosunkowo rzadko tego typu formy tworzą się w czasie wzrostu roślinności. Znacznie częściej dogodne warunki do ich zaistnienia pojawiają się po zakończeniu okresu wegetacyjnego, kiedy to obumiera roślinność porastająca brzegi tych zbiorników, która stanowi podstawowy budulec. Ponadto zauważono, że w zbiornikach o dużej produkcji pierwotnej dochodzi do spiętrzania na brzegach dużych ilości biomasy glonów. Okres występowania takich form ogranicza się jedynie



Fot. 11. Rozległa strefa akumulacji osadów w strefie osiadań w korycie rzeki Bobrek (fot. R. MACHOWSKI, 2004)

Photo 11. Widespread zone of deposit accumulation in the Bobrek river bed (photo by R. MACHOWSKI, 2004)

do 2—3 letnich miesięcy. Bez względu na rozróżnienie budulca największe ich nagromadzenie charakterystyczne jest dla płaskich odcinków brzegu, gdzie mogą osiągać długość dochodzącą do kilkunastu metrów. Formy o takich rozmiarach stwierdzono na brzegach zbiornika nr 10, gdy w trakcie jego wysychania nagromadzenia roślinności dokumentowały poszczególne etapy zaniku akwenu. Znacznie częściej warunki panujące w zbiornikach wodnych w nieckach osiadania pozwalają na powstanie nagromadzeń materii organicznej o rozmiarach sięgających maksymalnie kilkadziesiąt centymetrów długości. Formy te nie wywierają większego wpływu na rzeźbę strefy brzegowej, stanowiąc jej krótkookresowy element.

Poza wymienionymi i scharakteryzowanymi formami brzegowymi, w opisywanych zbiornikach nie stwierdzono innych, typowych elementów występujących w rzeźbie strefy litoralnej pozostałych zbiorników tworzących „pojezierze antropogeniczne” na Wyżynie Śląskiej. W obrębie największych zbiorników regionu procesy brzegowe doprowadziły do powstania dużo większej liczby form, jednocześnie charakteryzujących się większymi rozmiarami oraz typologiczną różnorodnością. Efektem oddziaływania wód stojących na brzegi są między innymi: klify czynne i martwe, zatoki, mierzeje, wały brzegowe, delty oraz cyple piasz-

czyste (np.: RZĘTAŁA, 1994; JAGUŚ i in., 1995; MICHAŁEWICZ i in., 1995; RZĘTAŁA, 1998b, 2003).

4.2. Osady denne jako wskaźnik zmian ekologicznych

Osady denne antropogenicznych zbiorników wodnych stanowią swego rodzaju „archiwum”, dokumentujące poszczególne etapy zmian środowiska, jakie zachodziły w ich otoczeniu, jak również na terenie ich zlewni (BORÓWKA, 2007). Osady denne jezior i zbiorników wodnych K. TOBOLSKI (2000) zalicza do grupy skał osadowych, wśród których wyróżnia skały okruchowe (klastyczne), ilaste oraz pochodzenia chemicznego i organicznego. Są one specyficzną i skomplikowaną serią pod względem struktury, jak również składu mineralnego, chemicznego oraz biologicznego (RZEPECKI, 1983). Z tych też względów dosyć często analiza osadów dennych sprawia wiele trudności. Niemniej jednak szczegółowe badania pozwalają na uzyskanie podstawowych informacji, które obrazują zachodzące na przestrzeni lat naturalne przemiany środowiska przyrodniczego. Jednak analiza osadów dennych odgrywa o wiele ważniejszą rolę w ocenie wpływu człowieka na ekosystem jeziorny (CHOIŃSKI i in., 1999). Wyniki takich badań przydatne są zwłaszcza w przypadku zbiorników funkcjonujących w warunkach zróżnicowanej antropopresji. Osady denne są bardzo dobrym wskaźnikiem zmian ekologicznych, jakie zachodzą pod wpływem działalności człowieka, które jednocześnie świadczą o dynamice ewolucji sztucznych jezior (RZĘTAŁA, 2003).

Formowanie się pokryw osadów dennych w antropogenicznych zbiornikach wodnych uzależnione jest od lokalnych i regionalnych warunków środowiskowych, wśród których wyróżnia się kilka podstawowych czynników. Największe znaczenie w tym względzie mają powierzchniowe dopływy, dostarczające do niecek materiału w postaci rozpuszczonej, zawieszanej i uniesionej. Natomiast większe i cięższe składniki rumowiska są wleczone i toczone. W takich sytuacjach dużo mniejszą rolę przypisuje się dostawie materiału budującego osady jeziorne na drodze suchej i mokrej depozycji z atmosfery. Jak podaje M.A. RZĘTAŁA (2003), także stosunkowo niewielki udział stanowi materiał pochodzący z rozmywania brzegów. Sytuacja zmienia się diametralnie, gdy zbiorniki pozbawione są skoncentrowanych dopływów. Wówczas bowiem te dwa wymienione procesy decydują o kształtowaniu się pokryw osadów dennych, zwłaszcza w warunkach dynamicznych zmian poziomu wody. Ponadto w środkowej części Wyżyny Katowickiej jeszcze w latach 70. XX w. opad pyłu kształtował się na poziomie 1 tys. i więcej ton na kilometr kwadratowy (JANKOWSKI, 1990). Natomiast lata 90. XX w. to okres znacznej poprawy warunków aerosanitarnych na opisywanym obszarze. W tym czasie

nastąpiła wyraźna redukcja zapylenia atmosfery, a opad pyłu wynosił już tylko kilkadziesiąt ton na kilometr kwadratowy (RZĘTAŁA, 2003). Niemniej jednak przez wiele lat w ten sposób dostarczany był budulec osadów w zbiornikach. Należy również wspomnieć o depozycji substancji na drodze ich wytrącania z wód limnicznych. Jednak wielkość dostawy w tym procesie jest bardzo niewielka, a tym samym trudna do określenia.

W przypadku zbiorników w nieckach osiadania dosyć istotne znaczenie ma także spływ powierzchniowy, bardzo często bowiem brzegi tych zbiorników umocnione są odpadami poprodukcyjnymi. W czasie opadów i podczas roztopów następuje splukiwanie rozdrobnionego materiału do zbiornika. Następnie na tego typu powierzchni oddziałują wody limniczne, w rezultacie czego dochodzi do rozmywania uformowanych stożków napływowych, a następnie unoszenia produktów erozji w głębsze partie zbiornika (GROBELSKA, 2006).

Opisywane zbiorniki wodne są specyficznym miejscem formowania się osadów dennych. To stosunkowo nowy element środowiska przyrodniczego terenów Wyżyny Katowickiej, najstarsze z nich bowiem funkcjonują tu zaledwie od kilkadziesiąt lat. Zazwyczaj powstają na obszarach zdegradowanych, które powszechnie traktowane są jako nieużytki. Na tego typu powierzchniach dosyć często ma miejsce składowanie różnego rodzaju odpadów powstających w trakcie wydobycia węgla, jak również w innych procesach technologicznych. Ponadto do chwili pojawienia się zbiornika zalane tereny przez wiele lat użytkowane były w ściśle określony sposób. Tylko nieliczne zbiorniki tworzą się na terenach zupełnie pozabawionych pokrywy roślinnej. Najczęściej dno nowo powstałych zbiorników w nieckach osiadania pokrywa roślinność trawiasta, choć ta genetyczna grupa antropogenicznych zbiorników wodnych powstaje także na terenach zalesionych. Po zalaniu roślinność obumiera i w procesie sedentacji następuje osadzanie materiału w formie masy organicznej. Szczególnie duże znaczenie zjawisko to ma podczas znacznych wahań poziomu wody w zbiornikach (MILECKA, 2007). W takiej sytuacji w bardzo krótkim czasie na odkryte i przesuszone powierzchnie wkracza bujna roślinność, która po ponownym zalaniu obumiera i stanowi kolejną warstwę powstałego na dnie osadu (fot. 12 i 13).

Istotny wpływ na strukturę osadów dennych w zbiornikach w nieckach osiadania ma także zjawisko resuspensji. W przypadku opisywanych akwenów występuje wiele sprzyjających czynników, które mogą powodować wtórne wprowadzenie do toni wodnej cząstek mineralnych i organicznych. R. WIŚNIEWSKI (1995) wydzielił trzy główne typy czynników sprawczych: fizykochemiczne, biologiczne i antropogeniczne. Największe znaczenie w tej grupie genetycznej antropogenicznych zbiorników wodnych, z uwagi na ich niewielką powierzchnię oraz głębokość, ma falowanie wiatrowe. Z poczynionych obserwacji terenowych wynika, że dominowały fale o niewielkich rozmiarach, których wysokość na ogół nie przekraczała 10 cm. Wskazuje to na występowanie w ich otoczeniu istotnych ograniczeń środowiskowych, które uniemożliwiają pełen rozwój falowania wiatrowego



Fot. 12. Odslonięte i przesuszone dno zbiornika nr 10 w Zabrze-Makoszowach (fot. R. MACHOWSKI, 2005)

Photo 12. Uncovered and dried bottom of reservoir No. 10 in Zabrze-Makoszoway (photo by R. MACHOWSKI, 2005)



Fot. 13. Porośnięte i ponownie zalane dno zbiornika nr 10 w Zabrze-Makoszowach (fot. R. MACHOWSKI, 2005)

Photo 13. Overgrown and repeatedly flooded bottom of reservoir No. 10 in Zabrze-Makoszoway (photo by R. MACHOWSKI, 2005)

(RZĘTAŁA, 2003). Sporadycznie i tylko na największych zbiornikach położonych w Zespole Przyrodniczo-Krajobrazowym „Żabie Doły” występowały, zwłaszcza podczas silnych jesiennych wiatrów, fale o wysokości od 15 cm do 20 cm. Nie bez znaczenia pozostaje także fakt znacznych wahań poziomu wody w tych zbiornikach. W warunkach zmiennego stanu wody resuspensji podlegają osady denne zalegające w najpłytszych sektorach zbiornika. W okresie niskich stanów wody falowanie rozmywa uformowane już osady, a następnie dochodzi do przenoszenia materiału w głębsze strefy zbiornika, gdzie odbywa się ponowna akumulacja w postaci osadu redeponowanego. W tym względzie charakteryzowane zbiorniki przypominają opisywane przez J. PASCHALSKIEGO (1959) naturalne zbiorniki astatyczne, które także odznaczają się niewielką głębokością, małą powierzchnią oraz dużymi zmianami poziomu wody (PODBIELKOWSKI, TOMASZEWICZ, 1982). W przypadku analizowanych zbiorników w nieckach osiadania również działania człowieka w istotny sposób przyczyniają się do zaburzenia osadów dennych. W zbiornikach położonych w Sosnowcu obserwowano pozyskiwanie larw owadów z grupy ochotkowatych (rodzina *Chironomidae*), które znajdują tu dogodne warunki rozwoju i bytowania (DUKOWSKA, 1999). W tym też celu pobierano porcje osadów z dna zbiornika, a następnie przepłukiwano je na sitach i odcedzano larwy. Natomiast w zbiornikach położonych w Bytomiu i Zabrze obserwowano masowe pozyskiwanie z toni wodnej dafni (*Daphnia*), drobnych stawonogów słodkowodnych należących do podrzędu wioślarek. Łapanie tych organizmów najczęściej odbywa się za pomocą siatek o bardzo drobnych oczkach, które umieszczone są na długim drążku. Używanie wspomnianych siatek w konsekwencji doprowadza do wzbudzenia zalegającego na dnie osadu. Zarówno ochotkowate, jak i dafnia wykorzystywane są jako pokarm dla rybek akwariowych. Oczywiście, zjawisko resuspensji w istotny sposób wpływa na parametry fizykochemiczne osadów dennych (WIŚNIEWSKI, 1995). Ponadto skład chemiczny powierzchniowej warstwy warunkowany jest czynnikami, które decydują także o właściwościach fizykochemicznych wody (MARSZELEWSKI, 2005). Spośród kilku czynników, które wymienia K. BORÓWKA (2007), w przypadku zbiorników wodnych w nieckach osiadania poddanych różnicowanej antropopresji największy wpływ wywiera sposób zagospodarowania terenu przed powstaniem zbiornika oraz w czasie jego funkcjonowania. Należy również zwrócić uwagę na właściwości fizykochemiczne opadów atmosferycznych, szczególnie w warunkach Wyżyny Katowickiej, gdzie przez wiele lat stan sanitarny atmosfery był katastrofalny. Całokształt oddziaływania antropopresji udokumentowany jest przede wszystkim obecnością w osadach dennych substancji szkodliwych (LINDSTRÖM, 2001), w tym tak powszechnych na Wyżynie Katowickiej metali ciężkich (MACHOWSKI, RZĘTAŁA, 2007).

W celu określenia stopnia koncentracji metali ciężkich w osadach opisywanych zbiorników pobrano z ich dna kilka prób. Opróbowano zarówno najgłębsze miejsca w zbiornikach, jak i płytszą ich strefę brzegową, gdzie prawie zawsze występo-

wała roślinność zanurzona, a nieco rzadziej także roślinność szuwarowa. Osady miały półpłynną konsystencję i złożone były głównie z frakcji drobnoziarnistych, które odznaczają się największym stopniem wiązania pierwiastków śladowych. W próbach oznaczono zawartość kadmu, miedzi, niklu, cynku i ołowiu. Należy jednak zaznaczyć, że w analizie opisywane zbiorniki muszą być rozpatrywane indywidualnie. Jest to uzasadnione dużymi różnicami, jakie występują w bezpośredniej zlewni tych zbiorników. Mimo że leżą one w stosunkowo niewielkich odległościach od siebie, ich otoczenie zagospodarowane jest w odmienny sposób. Z tych też względów w opisywanych zbiornikach występują wyraźne różnice w koncentracji metali ciężkich w osadach dennych (tabela 4).

Tabela 4. Średnia zawartość wybranych metali ciężkich w osadach dennych zbiorników wodnych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej (numeracja jak na rys. 2)

Table 4. Average content of selected heavy metals in bottom deposits of water reservoirs in subsidence depressions in the Katowice Upland (numbers as in fig. 2)

Lokalizacja	Nikiel	Miedź	Kadm	Cynk	Ołów
	[mg/kg]				
Sosnowiec nr 1	18,73	44,35	4,73	1023,45	188,73
Sosnowiec nr 2	6,35	5,25	7,05	303,25	7,85
Sosnowiec nr 3	81,25	72,18	13,45	1957,80	281,40
Sosnowiec nr 4	37,30	89,38	13,08	3152,78	392,63
„Żabie Doły” nr 5	21,40	28,00	19,55	4035,83	635,83
„Żabie Doły” nr 6	26,40	89,35	41,68	5404,43	1335,43
„Żabie Doły” nr 7	29,13	83,45	28,05	3831,80	965,25
Zabrze nr 8	54,78	59,90	3,03	672,40	54,68
Zabrze nr 9	19,23	23,80	24,25	2462,40	99,63
Zabrze nr 10	21,40	37,25	8,60	893,95	120,65
Tło geochemiczne*	5—90	2—60	0,05—0,35	10—120	3—40

* Wartości podawane dla wszystkich rodzajów skał osadowych wymienianych przez A. KABATĘ-PENDIAS i H. PENDIASA (1993). Wartości tekstem pogrubionym oznaczają przekroczenie tła geochemicznego.

* Geochemical background means the values given for all kinds of sedimentary rocks mentioned by A. KABATA-PENDIAS and H. PENDIAS (1993). Thicker values determine the exceeding of geochemical background.

Uzyskane wyniki potwierdziły wstępne przypuszczenia o znacznym stopniu zanieczyszczenia osadów dennych wymienionymi metalami (tabela 4). Spośród nich zwłaszcza cynk, ołów i kadm występowały w dużych ilościach i to we wszystkich zbiornikach wodnych. Jedynie w przepływowym zbiorniku zlokalizowanym na Bobrku ołów nie przekraczał poziomu przyjętego tła geochemicznego. Zawartość miedzi tylko w kilku przypadkach została pomierzona w podwyższo-

nych ilościach. Nikiel we wszystkich zbiornikach był obecny w stosunkowo niewielkich stężeniach (tabela 4). Tym samym jego koncentracja nie przekraczała wartości charakterystycznych dla naturalnego tła geochemicznego (KABATA-PENDIAS, PENDIAS, 1993).

W niniejszych rozważaniach za naturalne tło geochemiczne przyjęto wartości zamieszczone w pracy A. KABATY-PENDIAS i H. PENDIASA (1993), odnoszące się do wszystkich rodzajów skał osadowych. W ten sam sposób postąpiła M.A. RZĘTAŁA (2003), opisując między innymi metale ciężkie w wybranych zbiornikach na Wyżynie Śląskiej. Tak szeroki zakres tła wydaje się usprawiedliwiony funkcjonowaniem zbiorników w nieckach osiadania w warunkach zróżnicowanej antropopresji, jak również ich lokalizacją na terenach o odmiennej budowie geologicznej.

Generalnie można stwierdzić, że największa koncentracja pierwiastków śladowych występuje w osadach dennych zbiorników położonych w Zespole Przyrodniczo-Krajobrazowym „Żabie Doły”. Spośród nich najbardziej widoczna jest obecność cynku, natomiast w mniejszych ilościach stwierdzono związki ołowiu (tabela 4). Tak duże skupienie tych pierwiastków w opisywanych zbiornikach tłumaczyć należy przede wszystkim wieloletnim składowaniem na tym obszarze osadów poflotacyjnych po przeróbce rud cynku i ołowiu. W wyniku działalności kopalni powstało wiele hałd o znacznych rozmiarach (BETLEJA, CEMPULIK, 1992; DOBOSZ i in., 1993). Jak podaje J. BETLEJA (1993), na terenie „Żabich Dołów” zgromadzono 6 mln t odpadów, które nadal zawierają 176 tys. t cynku i 38 tys. t ołowiu. Zarówno cynk, jak i ołów powszechnie występują w podłożu oraz na składowiskach (KOMPALA i in., 2004), skąd następuje ich dostawa do zbiorników, a następnie depozycja w osadach dennych (LEDWOŃ i in., 1999b). W związku z tym w zbiornikach nr 5 i 6 cynk przekraczał poziom uznawany za naturalny odpowiednio: ponad 33-krotnie i 45-krotnie. Natomiast w zbiorniku nr 6 ołów występował w ilości 33 razy większej niż w naturalnych warunkach, a w akwenach nr 5 i 7 niemal 16 razy i nieco ponad 24 razy jego koncentracja w osadach przekraczała poziom tła. Poza tymi przypadkami, cynk w większych ilościach występował także w trzech zbiornikach położonych w Sosnowcu oraz w jednym na terenie Zabrza (tabela 4). W pozostałych akwenach stwierdzona akumulacja cynku w osadach była na znacznie niższym poziomie, choć i tak kilkakrotnie przewyższała wartości charakterystyczne dla środowiska naturalnego. Podobnie zresztą przedstawia się sytuacja w przypadku ołowiu, z tą różnicą, że poziom tła został przekroczony jedynie kilkakrotnie w trzech zbiornikach położonych w Sosnowcu, natomiast w osadach zbiorników położonych w Zabrzu jego koncentracja jest tylko nieznacznie podwyższona (tabela 4).

Biorąc pod uwagę wielokrotność przekroczenia tła geochemicznego, na szczególne zainteresowanie zasługuje obecność kadmu w osadach opisywanych zbiorników. Również z uwagi na silne właściwości toksyczne oraz duży stopień kumulacji w organizmie (DOJLIDO, 1995) ponadnormatywne ilości kadmu w środowi-

sku limnicznym należy uznać za niezwykle groźną sytuację. Tym bardziej, że jego toksyczność wzrasta w obecności cynku i miedzi (GOMÓLKA, SZAYNOK, 1997), metali, które powszechnie występują w osadach dennych wymienionych zbiorników. Spośród wszystkich opisywanych obiektów jedynie w zbiorniku nr 8 stwierdzono kilkakrotne, a w akwenu nr 1 kilkunastokrotne przekroczenie koncentracji kadmu w osadach w odniesieniu do poziomów naturalnych. Natomiast w pozostałych zbiornikach akumulacja kadmu w osadach przekraczała kilkadziesiąt razy wartości uznawane za naturalne. Wyjątek stanowi zbiornik nr 6, gdzie analizowany metal występował w ilości 41,68 mg/kg, co stanowi poziom 119 razy większy od przyjętego tła (tabela 4). Tak duże ilości kadmu (podobnie zresztą jak cynku i ołowiu) w tym zbiorniku pochodzą z pobliskich hałd oraz podłoża, gdzie składowano osady poflotacyjne po przeróbce rud cynku i ołowiu, którym zazwyczaj towarzyszy właśnie kadm (GOMÓLKA, SZAYNOK, 1997).

Spośród kolejnych dwóch metali (miedź i nikiel), które oznaczono w osadach dennych, w nieznacznie podwyższonych ilościach stwierdzono miedź i to tylko w 4 zbiornikach — nr 3, 4, 6 i 7 (tabela 4). W pozostałych akwenach pierwiastek ten występował w mniejszych ilościach, przy czym między poszczególnymi obiektami różnice pod tym względem były dosyć wyraźne. Zdecydowanie najmniej zasobne w miedź były osady w rozlewiskowym zbiorniku nr 2, usytuowanym na rzece Bobrek; kształtowały się na poziomie 5,25 mg/kg. Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku niklu. Także ten zbiornik charakteryzował się najmniejszą kumulacją tego mikroelementu, gdyż w jego osadach występował w ilości 6,35 mg/kg. W pozostałych akwenach koncentracja niklu była na znacznie wyższym poziomie. Mieściła się w przedziale od blisko 19 mg/kg (zbiornik nr 1) do nieco ponad 29 mg/kg (zbiornik nr 7). Jeszcze większą akumulacją odznaczały się zbiorniki nr 4 i 8 (tabela 4), a największe ilości charakterystyczne były dla akwenu nr 3, położonego w Sosnowcu, gdzie nikiel występował na poziomie 81,25 mg/kg (tabela 4). Należy jednak zaznaczyć, że w żadnym z opisywanych zbiorników wymieniony metal nie przekraczał poziomu przyjętego tła geochemicznego.

Wydaje się, że poziom zanieczyszczenia osadów dennych opisywanych zbiorników metalami ciężkimi jest bardzo wysoki. Jednak sytuacja wygląda nieco inaczej, gdy uzyskane wyniki odniesie się do wartości granicznych (tabela 5), podawanych w geochemicznej klasyfikacji czystości osadów wodnych opracowanej przez I. BOJAKOWSKĄ i G. SOKOŁOWSKĄ (1998). Osady denne w najmniejszym stopniu zanieczyszczone były nikiem, który aż w 7 przypadkach mieścił się w I klasie czystości, raz w klasie II oraz 2-krotnie w klasie III (tabela 4 i 5). Stwierdzono nieco większe zanieczyszczenie osadów miedzią, która generalnie występowała w ilościach charakterystycznych dla II klasy, a w zbiorniku nr 2 był to poziom odpowiadający I klasie. Badane osady w największym stopniu zanieczyszczone były pozostałymi trzema metalami (cynk, ołów i kadm), które zazwyczaj mieściły się w przedziale dla II i III klasy czystości. W kilku przypadkach ilości te były tak duże, że nie odpowiadały nawet przyjętym normom (BOJAKOWSKA, SOKOŁOWSKA, 1998).

Ponadnormatywnym zanieczyszczeniem osadów cechują się szczególnie antropogeniczne zbiorniki położone w centralnej części Wyżyny Katowickiej (tabela 4 i 5).

Tabela 5. Geochemiczna klasyfikacja osadów jeziornych (wg I. BOJAKOWSKA, G. SOKOŁOWSKA, 1998)

Table 5. Geochemical classification of bottom deposits (after I. BOJAKOWSKA, G. SOKOŁOWSKA, 1998)

Pierwiastek	Tło geochemiczne	Klasa		
		I	II	III
ppm				
Kadm	<0,5	<1	<5	<20
Miedź	6	<20	<100	<200
Nikiel	5	<30	<50	<100
Ołów	10	<50	<200	<500
Cynk	48	<200	<1 000	<2 000

Poziom koncentracji metali ciężkich w osadach dennych opisywanych zbiorników wodnych w wielu przypadkach wielokrotnie przekracza poziomy przyjętego tła geochemicznego. Przekłada się to również na zanieczyszczenie świadczące o ich pozaklasowości. Z uwagi na toksyczne właściwości konieczny jest monitoring środowiska wodnego pod kątem obecności w nim metali ciężkich. Tak duża koncentracja pierwiastków określanych mianem śladowych w osadach dennych najczęściej ma pochodzenie antropogeniczne, co na ogół wskazuje na kompleksowe obciążenie środowiska przyrodniczego (RZĘTAŁA, 2003). Opisywane zbiorniki funkcjonują w warunkach zróżnicowanej antropopresji, dlatego też z tych względów między poszczególnymi akwenami występują wyraźne różnice w koncentracji oznaczonych metali (tabela 4). Najmniejsze ich ilości są charakterystyczne dla zbiorników poddanych niewielkim oraz umiarkowanym oddziaływaniom człowieka. W tych też przypadkach większy udział mają czynniki naturalne kształtujące poziom koncentracji metali ciężkich w osadach. Natomiast większe ilości pierwiastków śladowych w osadach dennych należy wiązać z obecnością w pobliżu opisywanych zbiorników składowisk odpadów powstałych w trakcie wydobycia węgla kamiennego. Jak podaje T. MOLENDĄ (2006), zanieczyszczone wody odcieków pochodzące ze zwałowisk w sprzyjających warunkach zwiększają mobilność zdeponowanych na nich metali ciężkich. Należy pamiętać, że zbiorniki w nieckach osiadania, podobnie jak zbiorniki astatyczne, zazwyczaj zajmują położone najniżej izolowane zagłębienia terenu. Właśnie w tych miejscach koncentruje się spływ powierzchniowy. W związku z tym następuje również zmywanie wraz z wodami opadowymi oraz roztopowymi różnego rodzaju zanieczyszczeń znajdujących się na powierzchni terenu, które następnie deponowane są na dnie zbiorników. Ponadto

przez wiele lat istotnym źródłem dostawy metali ciężkich do wód limnicznych były opady atmosferyczne. Jak podają R. HRYNIEWICZ i G. PRZYBYLSKA (1993), w latach 1951—1970 w centralnej części Wyżyny Katowickiej średni roczny mokry opad rozpuszczonych form ołowiu, kadmu i cynku wynosił na każdy metr kwadratowy odpowiednio: ołów — 41,5 kg, kadm — 4,9 kg oraz cynk — 995,0 kg. Natomiast w sprzyjających warunkach, między innymi przy odpowiednim pH oraz potencjale redoks, w środowisku limnicznym dochodzi do samoczynnego wytrącania metali z wody. Pierwiastki śladowe podlegają także adsorpcji na powierzchni cząstek organicznych oraz mineralnych, jak również zostają wbudowane w biomasę fito- i zooplanktonu (KOSTECKI, 2003).

Zmienność wybranych właściwości fizykochemicznych wody

Fizyczno-chemiczne właściwości wód powierzchniowych w głównej mierze kształtowane są przez różnego rodzaju procesy fizyczne, chemiczne oraz biologiczne, a także czynniki antropogeniczne swoiste dla obszaru zlewni. Ponadto, jak podaje R. GOŁĘBIEWSKI (1993), cechy chemiczne zretencjonowanych wód, jak również ogólny ustrój hydrochemiczny wód limnicznych w znacznym stopniu uzależnione są także od rozmiarów jeziora. Okazuje się bowiem, że w przypadku podobnej objętości w zbiornikach płytszych następuje znacznie szybsza akumulacja rozpuszczonych soli niż w akwenach o większych głębokościach.

Na terenach Wyżyny Katowickiej znaczenie tła hydrochemicznego i hydrogeochemicznego środowiska wodnego (JANIEC, 1992, 1997) bardzo często jest niewielkie, z uwagi na antropogeniczne pochodzenie substancji mineralnych i organicznych wprowadzanych do wód powierzchniowych i podziemnych w związku z gospodarczą działalnością człowieka. Natomiast z najważniejszych naturalnych czynników kształtujących charakter ilościowo-jakościowego spływu jonowego wymienić należy przede wszystkim proces wymywania substancji wchodzących w skład skał i gleb występujących na obszarze zlewni. Wynika z tego, że na skład chemiczny wód powierzchniowych, oprócz charakteru geologicznego podłoża, wpływ mają także struktura użytkowania oraz stopień zagospodarowania powierzchni (np. JAGUŚ, RZĘTAŁA, 1996, 1997). Dokładne określenie stosunku wspomnianych źródeł pochodzenia rozpuszczonych substancji w wodach limnicznych jest bardzo trudne i praktycznie niemożliwe. Główną przyczyną leży w wieloletniej górniczej działalności człowieka, która jest podstawowym czynnikiem powodującym wielkoobszarowe antropogeniczne obciążenie wszystkich elementów środowiska przyrodniczego Wyżyny Katowickiej (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2000). Różnego rodzaju zanieczyszczenia wytwarzane przez człowieka w zdecydowanej mierze warunkują skład chemiczny retencjonowanych wód, a tym samym wpływają na ich jakość. Ponadto obecność substancji chemicznych w określonych ilościach jest

czynnikiem decydującym o intensywności wielu procesów fizycznych, jakie zachodzą w geosystemie zbiornika wodnego.

Analiza zmienności wybranych właściwości fizycznych i chemicznych wody w opisywanych zbiornikach przeprowadzona została na podstawie bezpośrednich pomiarów terenowych oraz laboratoryjnych analiz pobranych próbek.

5.1. Żyzność wody

Żyzność wód limnicznych jest czynnikiem decydującym o typie troficznym jeziora. Do głównych substancji odpowiedzialnych za stan troficzny wód stojących powszechnie zalicza się fosfor oraz w znacznie mniejszym stopniu azot (np.: VOLLENWEIDER, 1968; KAJAK, 1979; BAJKIEWICZ-GRABOWSKA, 1987; MARSZELEWSKI, 2005). Od typu troficznego, a właściwie od ilości substancji biogennych, w głównej mierze zależy wielkość produkcji pierwotnej, jaka zachodzi w jeziorze (CHOIŃSKI, 2000). Różnice występujące między jeziorami o odmiennym stopniu żyzności wód decydują między innymi o ilości substancji biogennych dostępnych organizmom, a także w dużej mierze kształtują warunki termiczno-tlenowe akwenu. Żyzność zretencjonowanych wód wpływa na całokształt procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, jakie zachodzą w jeziorach i sztucznych zbiornikach wodnych. Intensywność tych procesów oraz indywidualne cechy poszczególnych jezior decydują o zróżnicowanym tempie przemian ewolucyjnych akwenów (LANGE, 1986; BAJKIEWICZ-GRABOWSKA, 2002).

5.1.1. Substancje biogenne

Substancje biogenne w naturalnych wodach powierzchniowych należą do podstawowych stymulatorów rozwoju życia biologicznego. Zalicza się do nich w głównej mierze związki fosforu i azotu (np.: STARMACH i in., 1978; DOJLIDO, 1995; KAJAK, 1998), a w wyjątkowych przypadkach także węgiel (CHOIŃSKI, 1995). Substancje biogenne określane są także jako: nutrieny, biogeny, pierwiastki biogenne, pierwiastki biofilne, biopierwiastki; nieco rzadziej stosowane terminy to substancje pożywkowe oraz mineralne związki odżywcze (STARMACH i in., 1978; KAJAK, 1979; CHOIŃSKI, 1995; BAJKIEWICZ-GRABOWSKA, 2002). Związki te odpowiedzialne są za zjawisko eutrofizacji zbiorników wodnych. Jak podaje E. BAJKIEWICZ-GRABOWSKA (2002), jest to naturalny proces przejawiający się stałym użyźnianiem wody, który w dziewiczych warunkach przebiega bardzo powoli. Jednak obecnie

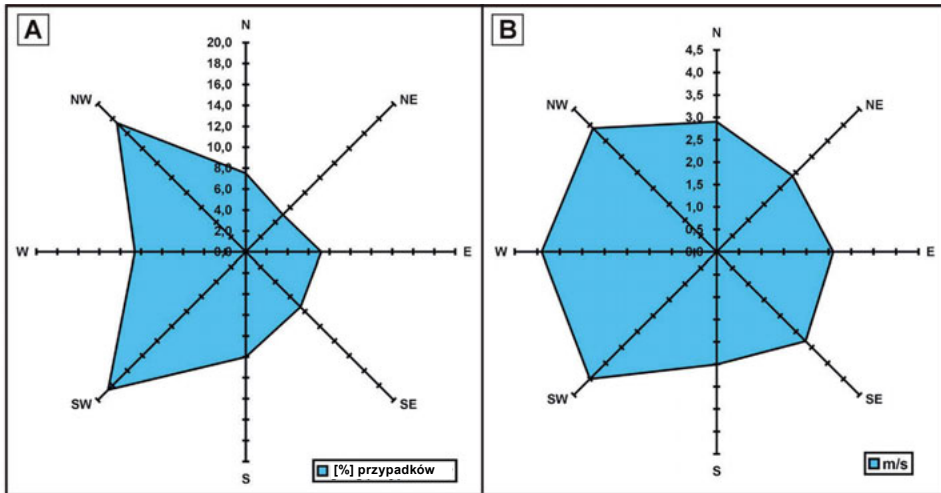
wyraźne przyśpieszenie tempa eutrofizacji związane jest z rozwojem cywilizacyjnym (STARMACH i in., 1978), a głównie z koncentracją przemysłu, rozwojem rolnictwa oraz wzrostem urbanizacji. Na tego typu terenach zlokalizowane są najsilniej zdegradowane jeziora i zbiorniki wodne (MARSZELEWSKI, 2005), obciążone antropogenicznie stymulowaną dostawą substancji biogenych. Zwiększone ilości nutrientów w wodach powierzchniowych wynikają z dopływu ścieków zarówno komunalnych (np. detergenty), jak i przemysłowych (DOJLIDO, 1987). Znaczna ich część pochodzi również ze spływu powierzchniowego z obszarów uprawianych rolniczo (GOMÓLKA, SZAYNOK, 1997) bądź dostarczana jest wraz z gnojowicą z ferm hodowlanych (BURCHARD i in., 1990). Istotny udział w dostawie tych związków mają opady atmosferyczne (STARMACH i in., 1978). Ponadto azot może przechodzić do wody bezpośrednio z atmosfery. Jednak te formy azotu pobierane są tylko przez niektóre glony i bakterie, które dopiero po obumarciu stanowią źródło mineralnych związków azotu dostępnych roślinom wyższym (DOJLIDO, 1995). W czystych wodach powierzchniowych azotany oraz fosforany występują w niewielkich ilościach — od setnych części do kilku miligramów na decymetr sześcienny (BURCHARD i in., 1990).

Bezpośrednią konsekwencją wzrostu żyzności wód jest rosnąca tendencja produkcji biologicznej, która w pierwszym rzędzie przejawia się intensywnym przyrostem zielonej biomasy. Następnie występuje nadmierny rozwój zbiorowisk roślinnych oraz pomnażanie liczby organizmów żywych, np. ryb (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2000). Dalszy wzrost eutrofizacji powoduje zmianę w składzie gatunkowym zarówno organizmów bezkręgowych, jak i ryb. Najwidoczniejszym przejawem zaawansowanego stopnia eutrofizacji zbiornika wodnego są tzw. zakwity wody, powodowane masowym rozwojem fitoplanktonu (np.: KAJAK, 1979; KABZIŃSKI, 2006; POSKROBKO i in., 2007). Przy czym najczęściej dochodzi do intensywnego wzrostu tylko jednego gatunku. Znacznie rzadziej obserwuje się przypadki masowego występowania większej liczby gatunków glonów (STARMACH i in., 1978). Pojawiające się „zakwity” nadają wodzie odpowiednie zabarwienie; kolor uzależniony jest od barwy gatunku, który rozmnożył się najliczniej (POSKROBKO i in., 2007). Na powierzchni zbiorników wodnych może utworzyć się także swego rodzaju „kożuch”, składający się z obumarłych oraz żywych komórek glonów (KABZIŃSKI, 2006). Wzrost biomasy glonów zmienia również smak oraz zapach wody. Jak podaje E. JACHNIAK (2006), okrzemki nadają wodzie zapach rybi, zielonice wydzielają woń traw oraz ziół, a najmniej przyjemne aromaty towarzyszą sinicom, które wydzielają zapach mułu, oleju lub grzybów. Jednak poza czysto estetycznymi doznaniem, eutrofizacja jest przyczyną wielu innych niekorzystnych przemian w obrębie toni wodnej zbiorników. Następuje między innymi zmniejszenie przezroczystości wody, przetlenienie epilimnionu, przy jednoczesnym braku tlenu w hypolimnionie, zagrożenie życia tlenowych organizmów, pogorszenie warunków świetlnych w głębszych częściach zbiornika, wyraźny wzrost odczynu wody, zarastanie zbiornika (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2000, 2003). Panujące w takim eko-

systemie warunki zakłócają naturalne relacje zachodzące między poszczególnymi jego elementami, uniemożliwiając tym samym jego prawidłowe funkcjonowanie (MACHOWSKI i in., 2006c). Całokształt niepożądanych zmian związanych z rozwojem procesów eutrofizacyjnych w istotny sposób ogranicza korzystanie z zasobów wodnych zretencjonowanych w takich akwenach (STARMACH i in., 1978; KAJAK, 1979).

Zawartość fosforanów w wodach opisywanych zbiorników wodnych w nieckach osiadania w okresie badań była zmienna, a pomierzone stężenia w poszczególnych obiektach wyraźnie różniły się między sobą. W znacznej większości zbiorników fosforany nie przekraczały poziomu wynoszącego $0,5 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ (MACHOWSKI, 2007). Najmniejsze obciążenie biogenami było charakterystyczne dla zbiorników położonych w Zabrze. Stosunkowo niewielkie stężenia fosforanów w zbiornikach zlokalizowanych w zachodniej części Wyżyny Katowickiej bezpośrednio wynikają z ich położenia, głównie na terenach zalesionych. Ponadto zbiorniki pozbawione są skoncentrowanych dopływów wód powierzchniowych i skutecznie izolowane przed dopływem zanieczyszczeń. Za główne źródło fosforanów należy uznać obciążenie obszarowe, a w szczególności suchą i mokrą depozycję z atmosfery. Jak wykazały badania przeprowadzone przez M. ŻELAZNEGO (2005), w opadach atmosferycznych stężenia fosforanów mogą osiągać wartości od $0,045 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ do nawet $2,200 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. Przy czym półrocze letnie charakteryzuje się znacznie większą koncentracją fosforanów w opadach niż półrocze zimowe. Wydaje się, że to właśnie opady stanowią podstawowe źródło tych związków w opisywanych zbiornikach, choć dostawa zanieczyszczeń w ten sposób przybiera stosunkowo niewielkie rozmiary. Nad opisywanymi terenami, które położone są na skraju aglomeracji katowickiej, po jej zachodniej stronie, dominują wiatry z sektora zachodniego, jednocześnie mające największą prędkość. Potwierdza to rozkład wiatrów na posterunku w Czekanowie (rys. 29), który zlokalizowany jest w odległości kilku kilometrów od Zabrze. Przez większą część roku nad tereny te docierają masy powietrza z mało zanieczyszczonych obszarów położonych na zachodzie. Atmosfera jest znacznie czystsza niż na pozostałych terenach Wyżyny Katowickiej (LEŚNIOK, 1996). Dodatkowo na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat nastąpiła wyraźna poprawa stanu sanitarnego powietrza atmosferycznego na obszarze całej Wyżyny Śląskiej, co szczególnie uwidacznia się w granicach Wyżyny Katowickiej.

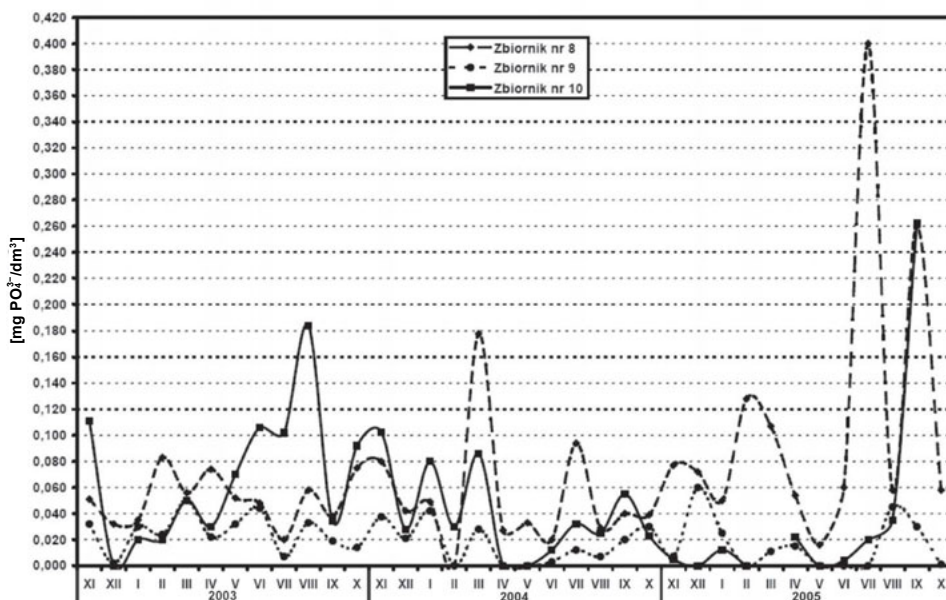
Wiele uwarunkowań środowiskowych przyczyniło się do tego, że w wodach zbiorników położonych w Zabrze w okresie badań występowały stosunkowo niewielkie stężenia fosforanów (rys. 30). Najmniejsze ich ilości cechowały zbiornik nr 9, który ze wszystkich stron otoczony jest lasem. W latach 2003—2005 fosforany występowały w niewielkich ilościach, rzadko przekraczając poziom $0,04 \text{ PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, a w kilku przypadkach zupełnie ich nie stwierdzono (rys. 30). Natomiast maksimum, które wynosiło $0,060 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, wystąpiło w grudniu 2005 r. Średnie stężenie w wodach zbiornika ukształtowało się na poziomie



Rys 29. Kierunkowa (A) i prędkościowa (B) róża wiatrów na posterunku w Czekanowie w latach 1973—1990 (wg M. RZĘTAŁA, 2000b)

Fig. 29. Direction (A) and velocity (B) wind rose for the station in Czekanów in the years 1973—1990 (after M. RZĘTAŁA, 2000b)

0,020 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. Niewiele wyższe stężenia wystąpiły w dwu pozostałych zbiornikach położonych w Zabrze, kiedy to fosforany tylko sporadycznie przekraczały granicę 0,1 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ (rys. 30). W zbiorniku nr 10 sytuacja taka wynika najprawdopodobniej ze sposobu zasilania zbiornika. Retencjonowane wody pochodzą wyłącznie z opadów oraz roztopów, co bezpośrednio przyczynia się do małego stężenia tych biogenów. Stwierdzono tu natomiast powtarzające się okresy (generalnie od kwietnia do września) wzrostu fosforanów. Sytuację tę należy wiązać przede wszystkim ze zwiększonym parowaniem w cieplej porze roku, co przekładało się na stopniowe zanikanie zbiornika. Taki ekosystem szczególnie wrażliwy jest na dopływ nawet niewielkich ilości zanieczyszczeń i w bardzo krótkim czasie następuje wzrost stężeń wielu jonów (w tym także fosforanów) w retencjonowanych wodach. W zbiorniku tylko 2-krotnie zaobserwowano podwyższoną koncentrację fosforanów. W sierpniu 2003 r. była to wartość 0,184 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, natomiast we wrześniu 2005 r. wystąpiło maksimum w całym okresie badawczym, kiedy to stężenie fosforanów ukształtowało się na poziomie 0,262 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. W tym czasie powierzchnia lustra wody tego akwenu wynosiła zaledwie kilkadziesiąt metrów kwadratowych, a jego maksymalna głębokość nie przekraczała 0,5 m. W kolejnym miesiącu (październik 2005 r.) zbiornik przestał istnieć. W latach 2003—2005 stężenia fosforanów zazwyczaj kształtowały się poniżej 0,1 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, jedynie kilkakrotnie przewyższając ten poziom (rys. 30). Ponadto aż 6-krotnie nie stwierdzono tych związków w wodach zbiornika, a ich średnie stężenie w okresie 2003—2005 wynosiło jedynie 0,049 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$.



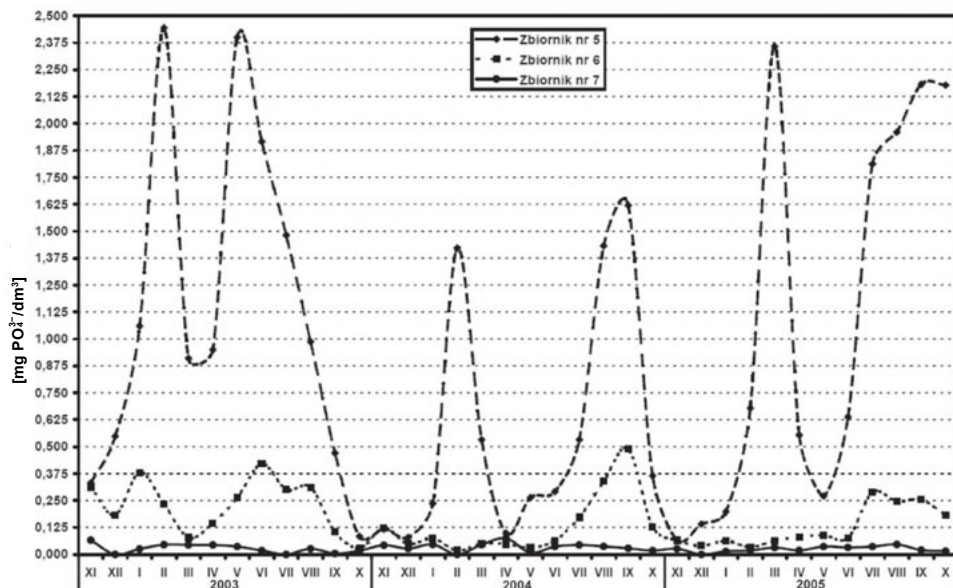
Rys. 30. Zmienność stężeń fosforanów w wodach zbiorników położonych w Zabrze-Makoszowach w latach hydrologicznych 2003—2005

Fig. 30. Phosphate concentration variability in waters of reservoirs located in the Zabrze-Makoszow in hydrological years 2003—2005

Poziom stężeń fosforanów podobny do tego w akwenu nr 10 był charakterystyczny dla wód zbiornika nr 8, a nieco podwyższoną koncentrację, na poziomie wynoszącym $0,178 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, stwierdzono w marcu 2004 r. Podwyższone ilości fosforanów w wodach zbiornika nr 8 pomierzono 2-krotnie pod koniec badań, tj. w lipcu ($0,4 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$) i wrześniu ($0,26 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$) 2005 r. Tak wyraźny wzrost fosforanów w zbiorniku ma wybitnie antropogeniczny charakter. Związki prawdopodobnie zostały wymyte ze skały płonnej, z którą bezpośredni kontakt miały wody zbiornika. Materiału budowlanego w postaci odpadów kopalnianych użyto do uformowania nasypu w trakcie prac remontowych lokalnej drogi. Stanowi on jednocześnie południowy brzeg zbiornika. Roboty naprawcze rozpoczęto w czerwcu, a już w lipcu zmierzono maksymalne stężenie fosforanów. Biogeny reprezentowane przez fosforany w wodach zbiornika nr 8 zazwyczaj występowały w znacznie mniejszych ilościach, rzadko przekraczając poziom $0,1 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. Tylko w lutym 2004 r. wody zbiornika były całkowicie wolne od fosforanów, natomiast ich średnie stężenie dla okresu 2003—2005 wynosiło $0,072 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$.

Znikome stężenia fosforanów w wodzie cechowały także jeden ze zbiorników położonych w centralnej części Wyżyny Katowickiej. Zbiornik nr 7, o którym tu mowa, leży wprawdzie na terenach silnie przekształconych przez człowieka, jednak w istotny sposób izolowany jest od dopływu związków fosforu. Niewielką ich ilość

w wodach zbiornika należy wiązać przede wszystkim z suchą i mokrą depozycją z atmosfery. Pewne znaczenie odgrywa także bardzo liczna populacja ptaków wodno-błotnych, która zasiedla zbiornik. Stwierdzono (KAJAK, 1998), że wraz z odchodami dzikiego ptactwa do wody może być odprowadzane do 6 kg fosforu w ciągu roku na powierzchnię jednego hektara. Jak podaje Z. KAJAK (1998), są to ilości bliskie górnej granicy obciążenia dopuszczalnego. Wydaje się, że pomierzone w zbiorniku stężenia fosforanów powinny być wyższe. Wyjaśnieniem tej sytuacji może być bujny rozwój makrofitów, które porastają całą południową część akwenu i stanowią doskonałe miejsce dla rozrodu i bytowania ptactwa. Można przypuszczać, że roślinność pobiera i wyłącza z obiegu nadmierne ilości związków fosforu, co jednocześnie przekłada się na niewielką koncentrację fosforanów w wodach zbiornika. Maksymalne ich stężenie wystąpiło w kwietniu 2004 r. i wynosiło jedynie 0,074 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. Czterokrotnie w czasie badań (w grudniu i lipcu 2003 r., w lutym 2004 r. i w grudniu 2005 r.) w wodach zbiornika nie stwierdzono fosforanów (rys. 31).



Rys. 31. Zmienność stężeń fosforanów w wodach zbiorników położonych na terenie Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego „Żabie Doły” w latach hydrologicznych 2003—2005

Fig. 31. Phosphate concentration variability in waters of reservoirs located in the terrain of the Natural-Landscape Complex „Żabie Doły” (“Frog pits”) in hydrological years 2003—2005

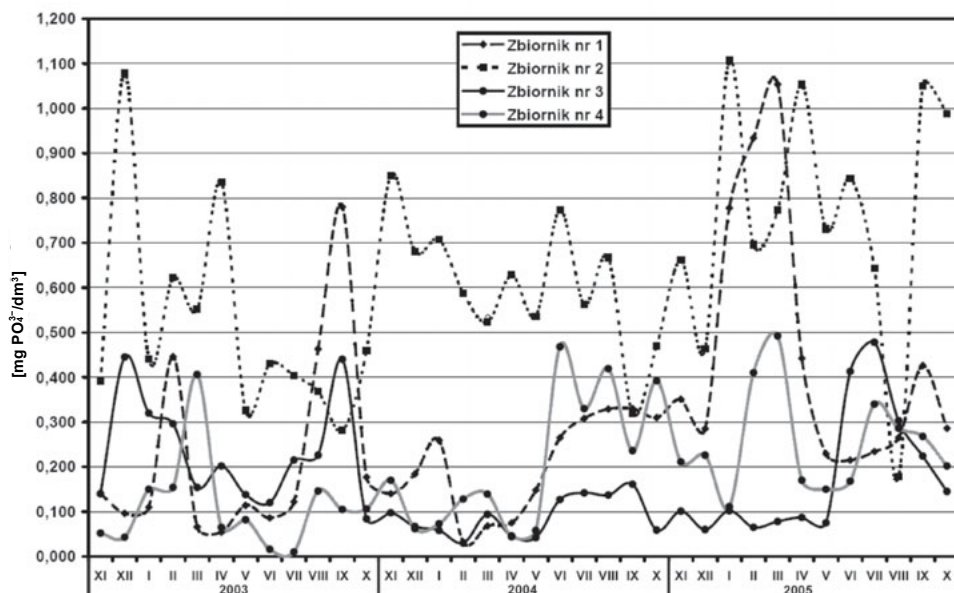
Pozostałe dwa zbiorniki znajdujące się na tych terenach cechowało o wiele wyższe stężenie fosforanów. Spośród nich niższe wartości wystąpiły w zbiorniku nr 6, gdzie średnia wynosiła 0,162 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. Natomiast zmienność stężeń tych związków w całym okresie 2003—2005 zawierała się w przedziale od 0,018 mg

$\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ w lutym 2004 r. do $0,490 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ we wrześniu 2004 r. Zazwyczaj związki te w wodach zbiornika były obecne w stosunkowo niewielkich ilościach, 7-krotnie przekraczając poziom $0,3 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ (rys. 31). W poszczególnych latach maksymalne ilości fosforanów zawsze występowały w letnich miesiącach, a najniższe na ogół notowano zimą (rys. 31). Wynika z tego, że czasowa zmienność koncentracji fosforanów w powierzchniowej warstwie wody tego geosystemu jest zupełnie odwrotna niż w jeziorach, w których ten obieg jest niezaburzony (CHOIŃSKI, 2007b). Wyjaśnieniem takiej sytuacji może być fakt stosowania nawozów fosforowych oraz wylewanie gnojowicy na polach uprawnych będących własnością Rolnej Spółdzielni Produkcyjnej Maciejkowie, która od północnego zachodu sąsiaduje z opisywanym zbiornikiem (BETLEJA, CEMPULIK, 1992; CEMPULIK i in., 2000). Ponadto ukształtowanie tych terenów dodatkowo sprzyja migracji nutrientów wraz z wodami opadowymi, obniżają się one bowiem właśnie w kierunku zbiornika. Po zaprzestaniu użyźniania gruntów rolniczych jesienią w wodach zbiornika następuje spadek koncentracji fosforanów. Związki te najprawdopodobniej podlegają wytrącaniu oraz sedymentacji w osadach dennych, gdzie następuje ich kumulacja (BAJKIEWICZ-GRABOWSKA, 2002).

Zdecydowanie wyższe ilości fosforanów stwierdzono w ostatnim z opisywanych na tym terenie zbiorniku (nr 5), w którym ich średnia wartość w latach 2003—2005 wynosiła $0,933 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ i była najwyższa dla wszystkich 10 zbiorników. Czasowa zmienność koncentracji tych związków w powierzchniowej warstwie wody w tym zbiorniku odznaczała się bardzo dynamicznymi zmianami. We wspomnianym okresie w 5 przypadkach stężenie fosforanów przekraczało wartość $2 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ (rys. 31). Od momentu rozpoczęcia pomiarów do lutego 2003 r. następował systematyczny wzrost koncentracji tych związków; maksymalna wartość wynosiła $2,444 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ (rys. 31). Kolejne dwa miesiące to dość znaczny spadek stężeń tych biogenów do poziomu nieco poniżej $1 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. Natomiast w maju fosforany były ponownie obecne w ilościach porównywalnych z pomierzonymi w lutym. Od tego momentu do końca roku notowano ich systematyczny spadek. W październiku fosforany osiągnęły minimalne stężenie, były bowiem obecne w ilości $0,084 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ (rys. 31). W kolejnym roku (2004) miała miejsce analogiczna sytuacja, gdy wystąpiły dwa wyraźne okresy podwyższonych stężeń fosforanów w tym zbiorniku. Na początku tego roku opisywane związki nadal utrzymywały się na niskim poziomie. Pierwsze maksimum ponownie wystąpiło w lutym, z tą tylko różnicą, że stężenie fosforanów wynosiło $1,422 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. Jednak większe ilości fosforanów w 2004 r. pomierzono we wrześniu, gdy ich stężenie wynosiło $1,620 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ (rys. 31). Także w 2005 r. stwierdzono dwa okresy wyraźnego wzrostu stężeń fosforanów w tym zbiorniku, które jednak wystąpiły z czasowo niewielkim przesunięciem w porównaniu z poprzednimi latami. W 2005 r. największe ilości fosforanów pomierzono w marcu, natomiast drugi okres wysokich stężeń miał miejsce we wrześniu i październiku, w obu miesiącach występowały one w ilości nieco ponad $2 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ (rys. 31). Tak duże sezonowe różnice koncentracji fosforanów

w tym zbiorniku mają antropogeniczne podłoże, ale również są konsekwencją ich naturalnego obiegu w środowisku wodnym. W północnej części tych terenów do jednego ze zbiorników okresowo odprowadzane są ścieki komunalne bogate w substancje odżywcze. W zależności od pory roku w zbiorniku tym następuje redukcja ładunku fosforanów od około 40% do nawet 70%. Użyźnione wody dopływają następnie niewielkim kanałem do opisywanego zbiornika (nr 5), stanowiąc podstawowe źródło fosforanów w tym akwenu. Okresy wyraźnego obniżenia stężeń tych związków przypadające na wiosnę najprawdopodobniej są efektem dopływu w tym czasie wód roztopowych, które powodują ich rozcieńczenie. Natomiast kolejny okres niskich stężeń fosforanów przypadający w zimie związany jest z zahamowaniem dopływu wód zanieczyszczonych (rys. 31).

Również w retencjonowanych wodach zbiorników położonych we wschodniej części Wyżyny Katowickiej stwierdzono dość duże różnice w stężeniach fosforanów. Niższe ich ilości występowały w wodach zbiorników nr 3 i 4, przyjmując odpowiednio średnie wartości $0,166 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ oraz $0,191 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. Zbiornik nr 1 cechowała nieco niższa wartość średnia, która wynosiła $0,294 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, a w akwenu nr 2 średnie stężenie fosforanów ukształtowało się na poziomie $0,630 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. W tym ostatnim zbiorniku stężenie fosforanów 4-krotnie przekroczyło poziom $1 \text{ mg}/\text{dm}^3$, a maksimum wystąpiło w styczniu 2005 r. i wynosiło $1,107 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ (MACHOWSKI, 2007). W pozostałych latach największe ilości tych biogenów również występowały w chłodnej porze roku. Natomiast najniższe stężenia 2-krotnie pomierzono we wrześniu (2003—2004) oraz raz w sierpniu 2005 r. (rys. 32). Duża zmienność koncentracji fosforanów w tym zbiorniku wynika z charakteru tego akwenu. Stanowi on rozlewisko potoku Bobrek i jest wybitnie przepływowy, a właściwości fizykochemiczne jego wód kształtowane są przez wody rzeczne. Powyżej opisywanego zbiornika do rzeki odprowadzane są: wody kopalniane, ścieki przemysłowe i bytowo-gospodarcze, wody opadowe oraz wody z oczyszczalni ścieków (OLEŚ, 1991). Zrzuty zanieczyszczeń decydują o bardzo złym stanie jakościowym wód potoku Bobrek (DERYŁO i in., 1998); tym samym w istotny sposób nastąpiło osłabienie procesów samooczyszczania (DERYŁO i in., 1999). O wielkości zanieczyszczeń odprowadzanych rozmieszczonymi na całej długości rzeki kolektorami ściekowymi świadczą ilości fosforanów w ujściowym odcinku, które kilkakrotnie przewyższają wartości pomierzone w zbiorniku nr 2 (tabela 6). Czasowa zmienność stężeń tych związków wykazuje pewne prawidłowości. Maksymalne ilości fosforanów występują w zimie, a najmniejsze ich stężenia zazwyczaj mierzono w lecie. Taki cykl zmienności generalnie odpowiada naturalnemu obiegowi związków fosforu w środowisku wodnym, jednak z uwagi na duży udział zanieczyszczeń krążenie nutrientów w zbiorniku nr 2 jest wyraźnie zaburzone. Dodatkowo zmienność fosforanów modyfikowana jest przez ustrój wodny rzeki. Najczęściej występowały w ilościach powyżej $0,4 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, jedynie kilkakrotnie kształtowały się na niższym poziomie (rys. 32).



Rys. 32. Zmienność stężeń fosforanów w wodach zbiorników położonych w Sosnowcu w latach hydrologicznych 2003—2005

Fig. 32. Phosphate concentration variability in waters of reservoirs located in the Sosnowiec in hydrological years 2003—2005

Tabela 6. Minimalne, średnie i maksymalne stężenia fosforanów w ujściowym odcinku rzeki Bobrek (opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ w Katowicach)

Table 6. Minimum, average and maximum concentrations of phosphates at the mouth of the Bobrek river (made by the author on the base of data taken from WIOŚ in Katowice)

Rok	Jednostka	Liczba pomiarów	Wartość		
			minimalna	średnia	maksymalna
2004	mg PO ₄ ³⁻ /dm ³	12	1,340	2,451	3,900
2005		12	1,160	3,645	7,040
2006		12	0,050	0,108	0,350

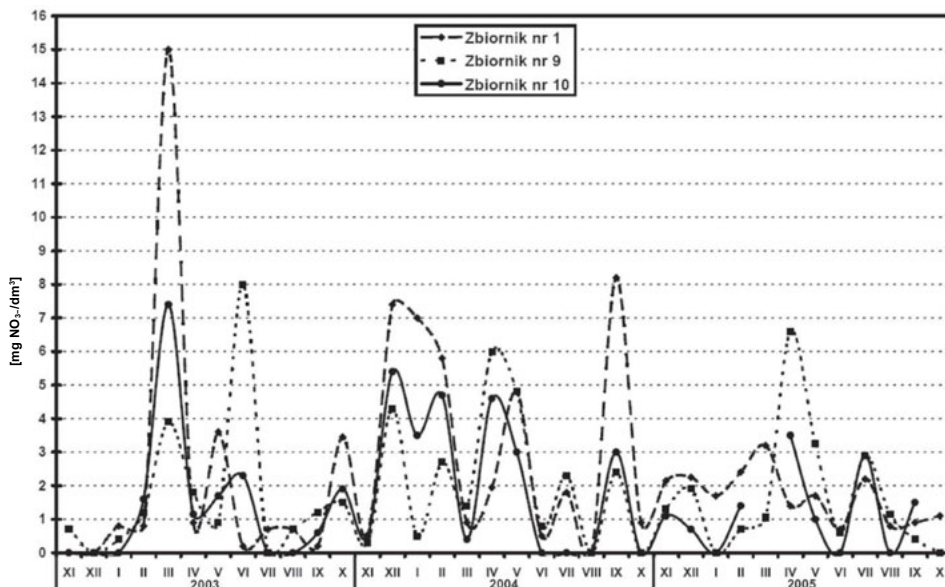
Przez większą część okresu 2003—2005 znacznie niższe stężenia fosforanów stwierdzono w wodach zbiornika nr 1 (rys. 32). Tylko od stycznia do marca 2005 r. ich ilości były porównywalne z tymi występującymi w zbiorniku nr 2, a maksymalne stężenie zmierzone w marcu wynosiło 1,054 mg PO₄³⁻/dm³ (rys. 32). Jednak w opisywanym zbiorniku fosforany najczęściej występowały w mniejszych ilościach, a ich stężenie nie przekraczało poziomu 0,4 mg PO₄³⁻/dm³ (rys. 32). Natomiast absolutne minimum w zbiorniku nr 1 stwierdzono w lutym 2004 r., gdy fosforany były obecne w ilości 0,032 mg PO₄³⁻/dm³. Obieg fosforanów w zbiorniku odbiega

niewiele od ogólnie przyjętego schematu (KAJAK, 1998). Wysokie stężenia fosforanów występujące w zimie wynikają z mineralizacji organicznych szczątków roślinnych i ponownego włączenia biogenów w obieg biologiczny (BAJKIEWICZ-GRABOWSKA, 2002). Obserwowane okresy nagłego wzrostu fosforanów w cieplej porze roku powodowane są oddziaływaniem antropopresji, natomiast powolny ich wzrost wynika najprawdopodobniej z braku opadów oraz podwyższonego parowania. Mogą być również uwalniane z osadów dennych, a w wyniku intensywnej miksji wywołanej wiatrami dostarczane są do pozostałych stref toni wodnej.

Pozostałe dwa zbiorniki (nr 3 i 4) zlokalizowane we wschodniej części Wyżyny Katowickiej odznaczały się najniższą koncentracją biogenów w wodach. Zarówno w zbiorniku nr 3, jak i w akwenu nr 4 związki fosforu sporadycznie notowano w przedziale powyżej $0,4 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ (rys. 32). Mimo stosunkowo niewielkich stężeń fosforanów w zbiornikach, stwierdzono wyraźny wpływ antropopresji na ich sezonowy obieg. W akwenu nr 3 maksimum wystąpiło w pełni sezonu wegetacyjnego w lipcu 2005 r. ($0,478 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$), a minimum wynoszące $0,030 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ zanotowano w lutym 2004 r. (rys. 32). Dość znaczne sezonowe różnice koncentracji fosforanów w zbiorniku wynikają z niewielkiej powierzchni i głębokości, w związku z czym opisywany geosystem jest „wrażliwy” nawet na niewielki dopływ biogenów. Zbiornik znajduje się w sąsiedztwie zabudowanych terenów o nieuporządkowanej gospodarce wodno-ściekowej. Ponadto na skutek osiadań terenu mogło dojść do rozszczelnienia przydomowych kanalizacji, w rezultacie do gruntu odprowadzane są zanieczyszczenia bogate w związki fosforu, które następnie migrują do wód zbiornika. Podobnie w akwenu nr 4 zmienność stężeń fosforanów była dość duża. Najwyższą ich koncentrację stwierdzono w marcu 2005 r., gdy były obecne w ilości $0,492 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, natomiast absolutne minimum wynosiło $0,010 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ i pojawiło się w lipcu 2003 r. (rys. 32). Równie duże różnice wystąpiły w poszczególnych latach hydrologicznych. Podwyższone stężenia fosforanów obserwowane pod koniec zimy wiązać należy z mineralizacją związków organicznych. Natomiast ich większe ilości w lecie, podobnie jak w zbiorniku nr 3, mogą być uwalniane z osadów dennych na skutek ich resuspensji (WIŚNIEWSKI, 1999). Wszystkie zbiorniki należą do grupy płytkich i bardzo płytkich akwenów. Z tych względów czynniki decydujące o pochłanianiu lub wydzielaniu fosforanów mogą zmieniać się w bardzo krótkim czasie, liczącym nawet w godzinach (WIŚNIEWSKI, 1995).

Podobnie jak fosforany, także azotany (drugi z podstawowych biogenów w środowisku limnicznym) w wodach charakteryzowanych zbiorników występowały w różnych ilościach. Wynika to z ich naturalnego obiegu w środowisku wodnym (MIKULSKI, 1974), natomiast obserwowane okresy bardzo wysokiego wzrostu ich koncentracji mają głównie podłoże antropogeniczne (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 1998). W okresie 2003—2005 stosunkowo niskie stężenia związków azotu były obecne w zbiorniku nr 1 położonym w Sosnowcu (rys. 33). Amplituda zmian jedynie w pierwszym roku (2003) wynosiła 15 mg , natomiast w pozostałych okresach

różnice między skrajnymi wartościami były już znacznie mniejsze (MACHOWSKI, 2007). Maksimum w 2004 r. wynosiło 8,20 mg NO₃-/dm³ oraz 3,20 mg NO₃-/dm³ w 2005 r. W latach 2003—2005 najczęściej dominowały stężenia, które nie przekraczały 4 mg NO₃-/dm³, a tylko 6-krotnie były to wyższe ilości. Trzykrotnie we wspomnianym okresie (listopad i grudzień 2003 r. oraz sierpień 2004 r.) wody zbiornika zupełnie były pozbawione azotanów.



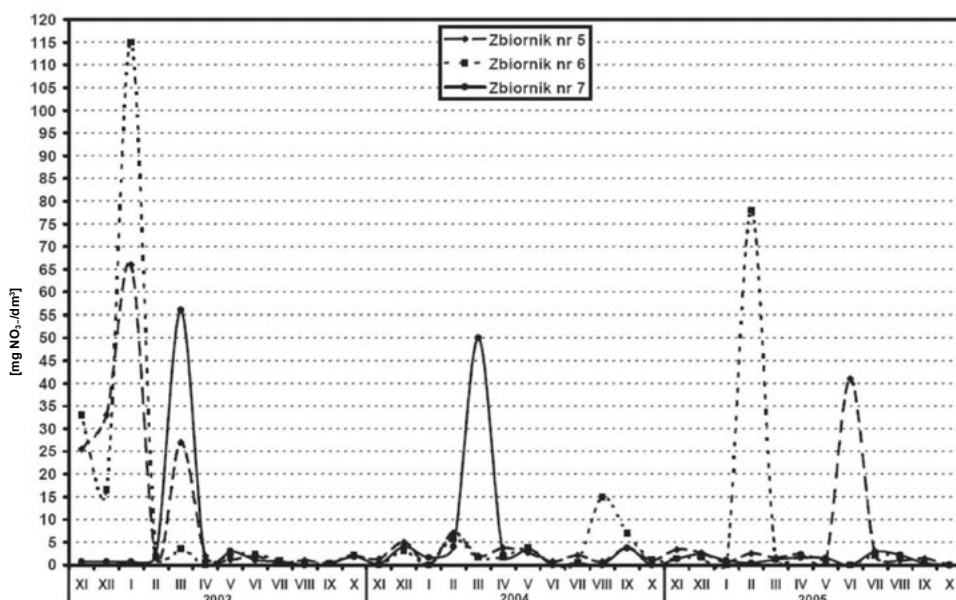
Rys. 33. Zmienność stężeń azotanów w wodach zbiorników nr 1, 9 i 10 w latach hydrologicznych 2003—2005

Fig. 33. Nitrate concentration variability in waters of reservoirs No. 1, 9 and 10 in hydrological years 2003—2005

Podobna sytuacja miała miejsce w dwóch zbiornikach — nr 9 i 10 — znajdujących się w Zabrzcu. W wymienionych akwenach azotany były obecne w stosunkowo niskich stężeniach, maksymalnie osiągając w kolejnych latach (2003—2005): 8 mg NO₃-/dm³, 6 mg NO₃-/dm³ i 6,6 mg NO₃-/dm³ w zbiorniku nr 9 oraz 7,4 mg NO₃-/dm³, 5,4 mg NO₃-/dm³ i 3,5 mg NO₃-/dm³ w zbiorniku nr 10 (rys. 33). Maksymalne stężenia azotanów na ogół występowały w marcu i kwietniu, co najprawdopodobniej wynika z mineralizacji obumarłej roślinności, która poza dopływem biogenów spoza zbiornika także stanowi ich istotne źródło.

W zbiornikach położonych w centralnej części Wyżyny Katowickiej maksymalne stężenia azotanów były znacznie wyższe. W trakcie prowadzonych badań w zbiornikach nr 5 i 7 stwierdzono obecność azotanów na poziomie kilkudziesięciu miligramów na decymetr sześcienny. W pierwszym z nich absolutne pomierzone maksimum wystąpiło w styczniu 2003 r. i wynosiło 66,00 mg NO₃-/dm³, w drugim

zbiorniku zaś taki pomiar wykonano w marcu tego samego roku, kiedy to azotany w każdym litrze wody były obecne w ilości 56,00 mg. Podobna sytuacja wystąpiła w akwenu nr 6, z tą jednak różnicą, że maksymalne stężenie azotanów osiągnęło poziom 115 mg $\text{NO}_3^-/\text{dm}^3$ i wystąpiło w styczniu 2003 r. (rys. 34). Należy zaznaczyć, że w wymienionych zbiornikach (nr 5—7) przez większą część czasu związki azotu występowały w znacznie mniejszych ilościach, dochodzących zazwyczaj do 5—7 mg $\text{NO}_3^-/\text{dm}^3$, a wyjątkowo osiągały stężenie kilkunastu miligramów na decymetr sześcienny. Natomiast w pełni sezonu wegetacyjnego azotany pobierane były z wody przez organizmy autotroficzne (MIKULSKI, 1974). W tym czasie ich stężenia były bardzo niewielkie, a okresowo stwierdzano nawet całkowity brak biogenów.



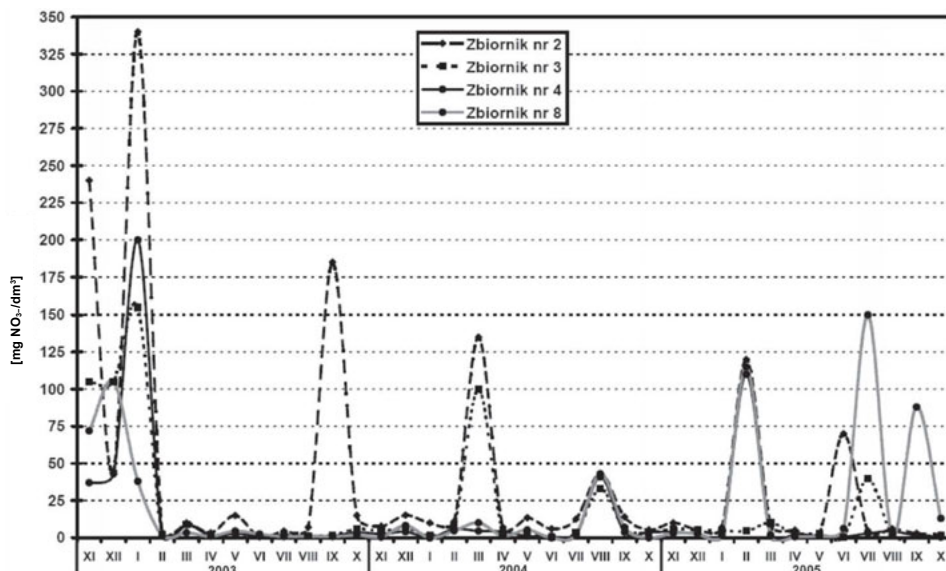
Rys. 34. Zmienność stężeń azotanów w wodach zbiorników położonych na terenie Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego „Żabie Doły” w latach hydrologicznych 2003—2005

Fig. 34. Nitrate concentration variability in waters of reservoirs located in the terrain of the Natural-Landscape Complex „Żabie Doły” (“Frog pits”) in hydrological years 2003—2005

Wysokie wartości azotanów w zbiornikach wynikają przede wszystkim z nakładania się uwarunkowań środowiskowych. Za najważniejszy czynnik należy uznać nityfikację materii organicznej, która w dużych ilościach „produkowana” jest latem, a po obumarciu stanowi podstawowe źródło azotanów w wodach zbiorników.

Podobna sytuacja była charakterystyczna także dla pozostałych opisywanych zbiorników, zwłaszcza tych położonych w Sosnowcu (nr 2—4), jak również akwenu nr 8, kiedy to w wodach zbiornika azotany zazwyczaj występowały w ilości od kilku do kilkunastu miligramów na decymetr sześcienny. W wymienionych obiektach

tach w latach 2003—2005 zdarzały się pojedyncze przypadki, w których stężenia tych związków znacząco przekraczały poziom $100 \text{ mg NO}_3\text{-}/\text{dm}^3$ (rys. 35).



Rys. 35. Zmienność stężeń azotanów w wodach zbiorników nr 2, 3, 4 i 8 w latach hydrologicznych 2003—2005

Fig. 35. Nitrate concentration variability in waters of reservoirs No. 2, 3, 4 and 8 in hydrological years 2003—2005

Największym obciążeniem związkami azotu odznacza się przepływowy zbiornik zlokalizowany na potoku Bobrek. W okresie badań absolutne maksimum wystąpiło w styczniu 2003 r., gdy stężenie azotanów wynosiło aż $340 \text{ mg NO}_3\text{-}/\text{dm}^3$ (rys. 35). Bardzo duże stężenia rzędu $240 \text{ mg NO}_3\text{-}/\text{dm}^3$ pomierzono także dwa miesiące wcześniej, w listopadzie 2003 r. Poza wymienionymi sytuacjami, stwierdzono kilka okresów wyraźnego wzrostu azotanów w zbiorniku (rys. 35). W wodach potoku Bobrek obecność azotanów nie jest aż tak duża, o czym świadczą stężenia biogenów w jego ujściowym odcinku (tabela 7). W zbiorniku następuje stagnacja wody, a tym samym akumulacja substancji odżywczych, w wyniku czego uformowało się środowisko bardzo zasobne w azotany, które stanowią podstawę intensywnego rozwoju roślinności. Dodatkowo rozlewisko stanowi ostoję ptactwa wodno-błotnego, zwłaszcza w okresie zimy. Licznie występująca populacja przyczynia się także do „nawożenia” wód zbiornika (KAJAK, 1998).

Maksymalne stężenia azotanów w pozostałych zbiornikach były o wiele niższe niż w akwenu nr 2, aczkolwiek ich ilości także wielokrotnie przekraczały poziom uznawany za naturalny (HERMANOWICZ, 1984). Niekontrolowany dopływ azotanów zarówno z punktowych, jak i obszarowych źródeł zanieczyszczeń przyczynił się

do nadmiernego przeżyźnienia wód, co doprowadziło do intensywnego rozwoju roślinności. Zbiorniki odznaczają się wysoką produktywnością, która dodatkowo wpływa na okresowy wzrost stężeń związków azotu, które pochodzą z rozkładu oraz mineralizacji organicznych szczątków roślinnych i zwierzęcych (STARMACH i in., 1978). Podobny mechanizm wzrostu żyzności wód limnicznych zaobserwowano w zbiorniku nr 8 położonym w Zabrze. Wysokie stężenia azotanów pomierzono na początku okresu badawczego, a następnie przez 18 miesięcy ich koncentracja była na stosunkowo niskim poziomie. W 2005 r. ponownie kilkakrotnie stwierdzono wysokie stężenia azotanów (rys. 35). W okresie 2003—2005 zauważono systematyczny wzrost produkcji pierwotnej w zbiorniku. Powstałe duże ilości biomasy po obumarciu podlegały rozkładowi, w rezultacie do ponownego obiegu uwalniane były znaczne ilości związków azotu (MIKULSKI, 1974). Bardzo wysokie stężenia azotanów występujące w wymienionych zbiornikach kilkakrotnie przekraczały granicę 50 mg NO₃/dm³. Dotyczy to zwłaszcza zbiornika nr 2 (6 przypadków) oraz akwenu nr 8 (5 przypadków). Intensywne pobieranie azotanów ze środowiska wodnego przez organizmy żywe spowodowało spadek obserwowanych stężeń zazwyczaj do poziomu poniżej 20 mg NO₃/dm³ (rys. 35).

Tabela 7. Minimalne, średnie i maksymalne stężenia azotanów w ujściowym odcinku rzeki Bobrek (opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ w Katowicach)

Table 7. Minimum, average and maximum concentrations of nitrates at the mouth of the Bobrek river (made by the author on the base of data taken from WIOŚ in Katowice)

Rok	Jednostka	Liczba pomiarów	Wartość		
			minimalna	średnia	maksymalna
2004	mg NO ₃ /dm ³	12	12,17	22,13	30,63
2005		12	1,06	14,95	29,53
2006		12	0,89	20,70	29,44

Wprowadzie opisywane zbiorniki funkcjonują w warunkach zróżnicowanej antropopresji, jednak wszystkie można zaliczyć do grupy obiektów eutroficznych. Wysoki stopień obciążenia zbiorników substancjami organicznymi unaczyniają wyniki oznaczeń BZT₅ oraz ChZT (tabela 8). Biochemiczne zapotrzebowanie na tlen najczęściej określa się po 5 dniach trwania tego procesu, natomiast chemiczne zapotrzebowanie na tlen (utlenialność) to zdolność próby wody do pobierania tlenu z nadmanganianu potasowego do utleniania związków organicznych (DOJLIDO, 1995). Średnie wartości BZT₅ w badanych zbiornikach wodnych porównywalne są ze wskaźnikami charakterystycznymi dla wód niezanieczyszczonych, jednak zużycie tlenu na rozkład materii organicznej w pełni sezonu wegetacyjnego znacznie wzrasta. W lecie wystąpiły maksymalne wartości parametru BZT₅, który najczęściej wynosił kilkanaście miligramów O₂ na decymetr sześcienny. Analogiczna tendencja dotyczy także utlenialności (tabela 8). Między parametrami BZT₅ a ChZT

występują zależności korelacyjne, które mają jedynie znaczenie w przypadku niezakłóconego przebiegu procesu BZT₅ (HERMANOWICZ i in., 1999). Natomiast z uwagi na obecność w retencjonowanych wodach substancji trudno biodegradowalnych, jak również związków toksycznych został zaburzony biochemiczny przebieg procesu. Z tych też powodów w opisywanych zbiornikach nie zaobserwowano istotnej zależności korelacyjnej między wymienionymi wskaźnikami (HERMANOWICZ i in., 1999).

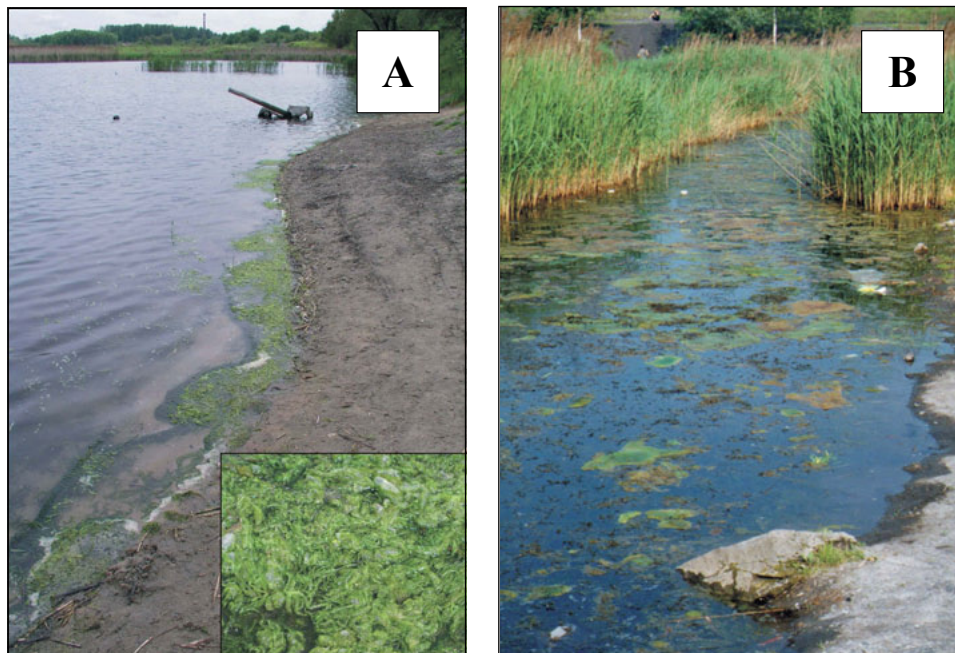
Tabela 8. Minimalne, średnie oraz maksymalne wartości BZT₅ i ChZT w wodach zbiorników w nieckach osiadania w latach hydrologicznych 2003—2005

Table 8. Minimum, average and maximum values of BZT₅ and ChZT in waters of reservoirs located in subsidence depressions in hydrological years 2003—2005

Numer zbiornika	BZT ₅			ChZT		
	minimum	średnia	maksimum	minimum	średnia	maksimum
1	0,0	2,8	15,0	2,8	6,6	13,0
2	0,0	2,3	9,0	2,8	9,6	15,6
3	0,0	2,8	20,0	3,7	7,8	13,8
4	0,0	5,5	24,0	6,4	9,8	15,1
5	0,0	4,3	18,0	4,7	8,5	17,5
6	0,0	3,3	12,0	5,1	8,2	14,9
7	0,0	1,8	12,0	3,2	6,0	10,1
8	0,0	4,0	12,0	6,5	10,2	14,4
9	0,0	1,6	9,0	5,6	9,3	14,1
10	0,0	3,5	15,0	1,7	6,3	16,8

Charakterystycznym przejawem eutrofizacji ekosystemu jeziornego są pojawiające się zakwity glonów. W opisywanych zbiornikach bardzo często występowały odpowiednie ilości substancji biogennej, które umożliwiały masowy rozwój fitoplanktonu (VOLLENWEIDER, 1968; KAJAK, 1995). Największą intensywnością odznaczały się zakwity w zbiorniku nr 5, położonym w kompleksie „Żabich Dołów”, które pojawiały się już w maju i nieprzerwanie trwały nawet do września. W tym czasie woda w zbiorniku przybierała barwę jaskrawozieloną, a powstała biomasa glonów podlegała wiatrowemu przemieszczaniu i gromadziła się przy brzegach (fot. 14a). Oddziaływanie zeutrofizowanych wód uwidacznia się także w miejscu odpływu z opisywanego zbiornika. W czasie zakwitu glony pokrywają w całości dno odpływu. Problem bujnego rozwoju glonów dotyczy także trzech zbiorników położonych w Sosnowcu (nr 1, 3, 4). W tych przypadkach rozwijająca się biomasa niemal całkowicie wypełnia płytsze sektory zbiorników (fot. 14b), co praktycznie uniemożliwia rekreacyjne wykorzystanie powierzchni wodnej. Ponadto w zaistniałych warunkach następuje szybkie obumieranie glonów, a następnie rozwijają się procesy gnilne, które w istotny sposób wpływają

na zachodzące procesy biologiczne oraz kształtują mało estetyczny wygląd opisywanych akwenów. Podczas 3-letniego okresu badań zakwitów glonów nie stwierdzono jedynie w zbiorniku nr 9, a w pozostałych akwenach (nr 2, 8 i 10) występowały sporadycznie, przy czym czas ich trwania był bardzo ograniczony.



Fot. 14. Intensywny „zakwit” glonów w zbiornikach nr 5 (A) i nr 1 (B) latem (fot. R. MACHOWSKI, 2004)

Photo 14. Intensive algae „bloom” in reservoirs No. 5 (A) and 1 (B) in the summer time (photo by R. MACHOWSKI, 2004)

Bioindykatorem wysokiej trofii analizowanych zbiorników jest także pas roślinności strefy brzegowej (CHOIŃSKI, 1995), który w kilku opisywanych zbiornikach zajmuje dość duże powierzchnie (fot. 15). O zasobności środowiska wodnego w substancje pokarmowe świadczy także roślinność wolno pływająca, dość często reprezentowana w opisywanych zbiornikach przez rzęsę wodną, która w sprzyjających warunkach niemal całkowicie pokrywa powierzchnię akwenów. Dobrze rozwinięta jest także zanurzona roślinność pokrywająca niemal całkowicie dna tych płytkich zbiorników. Natomiast stosunkowo niewielki udział przypada na gatunki roślin wodnych o liściach pływających na powierzchni.

Funkcjonowanie opisywanych zbiorników na terenach poddanych zróżnicowanej antropopresji przejawia się także występowaniem gatunków świadczących o nitrofilności środowiska. Na tego typu terenach występuje przede wszystkim roślinność ruderalna porastająca wynurzone fragmenty strefy brzegowej, z najbar-

dziej chyba rozpoznawalnym gatunkiem — pokrzywą zwyczajną (*Urtica dioica* L.). Zbiorniki w nieckach osiadania, z uwagi na łagodnie opadające brzegi, stanowią miejsce dogodne do szybkiej kolonizacji przez roślinność wodno-łądową.



Fot. 15. Szeroki pas roślinności szuwarowej w zbiorniku nr 3 położonym w Sosnowcu (fot. R. MACHOWSKI, 2004)

Photo 15. Wide belt of rush vegetation in reservoir No. 3 located in Sosnowiec (photo by R. MACHOWSKI, 2004)

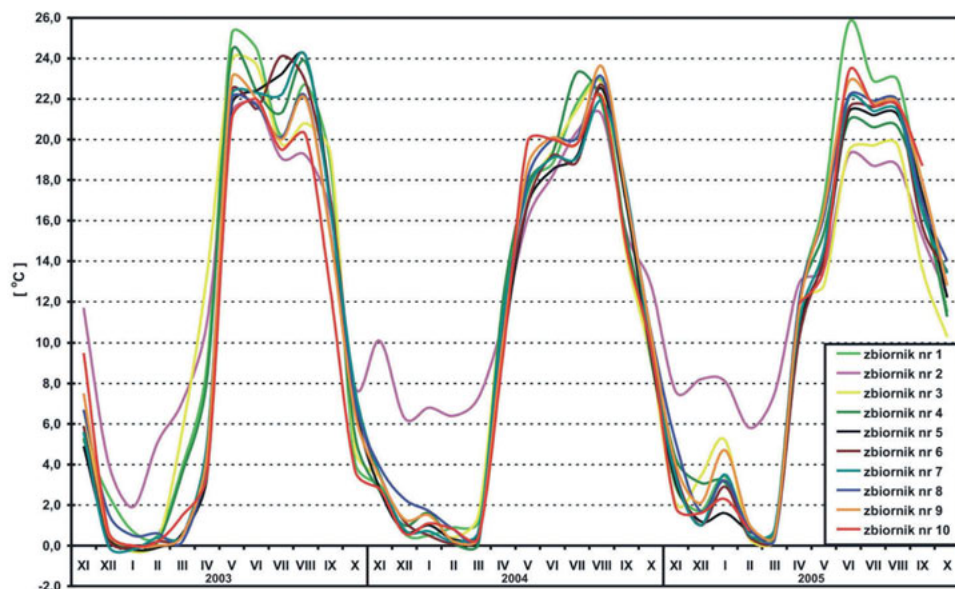
5.1.2. Warunki termiczno-tlenowe jako wskaźnik dynamiki i żywności masy wodnej

Temperatura wód zbiornika kształtowana jest przez wiele zarówno bezpośrednich, jak i pośrednich czynników. Największe znaczenie przypisuje się warunkom klimatycznym, wśród których wyróżnia się temperaturę powietrza regionu, usłonecznienie, a także prędkość i kierunek wiatru. Mniejsze znaczenie natomiast odgrywają: położenie i morfometria zbiornika, rodzaj podłoża oraz pokrycie terenu (RZĘTAŁA, 2000b). Ponadto na temperaturę retencjonowanych wód wpływ ma także charakter obiegu wody w strefie okołozbiornikowej, jak również oddziaływanie antropopresji, która w istotny sposób modyfikuje zakumulowane zasoby ciepła (KUCZERA, 1992).

Zmiany temperatury wody zbiorników wykazują sezonową zmienność (np. LANGE, 1993). Dotyczy to głównie przypowierzchniowej warstwy, zazwyczaj do głębokości 2 m, gdzie te różnice są największe (CHOIŃSKI, 2007b). Zjawisko to związane jest z najbardziej intensywnym pochłanianiem podczerwonej części promieniowania właśnie przez małomiąższą warstwę (CHOIŃSKI, 1995). Niewielkie przewodnictwo cieplne wody sprawia, że jej głębsze partie ulegają ocieplaniu na skutek występowania prądów konwekcyjnych, których podłoże leży w różnicach gęstości wody. Pewien udział ma także proces miksji wywołany przez wiatr, falowanie oraz prądy (CHOIŃSKI, 1995). Uwarstwienie termiczne powstaje w zbiornikach głębszych, zazwyczaj od głębokości kilkunastu metrów. W umiarkowanej strefie klimatycznej najczęściej występują jeziora dymiktyczne. Zbiorniki te charakteryzują się rozkładem temperatury w postaci rocznego 4-fazowego cyklu (LANGE, 1993). Uwarstwienie proste pojawia się w lecie, w zimie natomiast jest odwrotne, przy czym obie sytuacje rozdzielone są okresami wiosennej i jesiennej cyrkulacji wody, gdy temperatura w całym pionie jest wyrównana (CHOIŃSKI, 2000).

Niewielkie zróżnicowanie temperatury wody rzędu od 1°C do 2°C charakterystyczne jest zwłaszcza dla zbiorników płytkich, a uwarstwienie termiczne w tego typu akwenach, według A. CHOIŃSKIEGO (1995), pojawia się jedynie w wyjątkowych sytuacjach. Stosunkowo nieznaczne rozmiary opisywanych zbiorników, jak również ich niewielkie głębokości maksymalne sprawiają, że zwykle, poza okresami zlodzenia, temperatura wody w zbiorniku wykazuje cechy układu homotermicznego. Podobne warunki występują w zbiornikach o zdecydowanie większych powierzchniach, które również charakteryzują się niewielkimi głębokościami (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2000, 2003; RZĘTAŁA, 2000b). Między innymi z tych względów prowadzono pomiary temperatury wody z brzegu w warstwie powierzchniowej w jednym punkcie zbiornika. Zmienność temperatury wód powierzchniowych w zbiornikach w nieckach osiadania znajdujących się w granicach Wyżyny Katowickiej nawiązuje do prawidłowości stwierdzonej przez A. CHOIŃSKIEGO (1995). Minimalne wartości najczęściej występowały w styczniu, chociaż równie niską temperaturę wody w pojedynczych przypadkach mierzono także w grudniu, lutym oraz marcu (rys. 36). Wyjątkowy był pod tym względem 2005 r., kiedy to w styczniu nastąpiło wyraźne ocieplenie, a zbiorniki w tym czasie zupełnie pozbawione zostały pokrywy lodowej. Wyraźne ochłodzenie nastąpiło dopiero w lutym i marcu, w tych też miesiącach wystąpiły minimalne temperatury wody (rys. 36). Nieco większe zróżnicowanie dotyczy pomierzonych maksymalnych temperatur wody. Najwcześniej najwyższe temperatury występowały już w maju, natomiast najpóźniej maksima notowano w sierpniu. Stosunkowo wczesne pojawianie się wysokich temperatur wód powierzchniowych w opisywanych zbiornikach, przypadające już na maj, wynika z ich niewielkiej pojemności. W sprzyjających okolicznościach (wczesne ustąpienie pokrywy lodowej, bezwietrzne warunki, kilkunastodniowy okres słonecznej pogody) następuje wyraźny wzrost temperatury retencjonowanych wód. Jednak okres utrzymywania się wysokich temperatur wody,

powyżej 20°C, najczęściej dotyczy lipca i sierpnia, chociaż w dogodnych warunkach równie wysokie temperatury wody występują już w maju i utrzymują się aż do września (rys. 36).



Rys. 36. Zmienność temperatury wody zbiorników w nieckach osiadania w latach hydrologicznych 2003—2005

Fig. 36. Water temperature variability of reservoirs located in subsidence depressions in hydrological years 2003—2005

Zakres zmienności temperatur ekstremalnych w opisywanych zbiornikach jest dosyć szeroki. Największą różnicę wynoszącą 25,3°C stwierdzono w zbiorniku nr 1, natomiast najmniejsza amplituda była charakterystyczna dla zbiornika nr 2 i wynosiła jedynie 14,9°C. Minimalne wartości temperatury wody zwykle wynoszą około 0°C, przy czym w kilku zbiornikach w styczniu 2003 r. pomierzono temperaturę nieco poniżej 0°C (tabela 9). Niewielkie przechłodzenie wody wynika najprawdopodobniej z dosyć istotnego zasolenia opisywanych zbiorników (HERMANOWICZ i in., 1999), jak również może być pochodną pomiaru w wąskim przereźlu, gdy panowała bardzo niska temperatura powietrza. Generalnie temperatura wody we wszystkich zbiornikach w poszczególnych miesiącach kształtowała się na podobnym poziomie, a występujące różnice były niewielkie, najczęściej rzędu od 2°C do 3°C. Największa zbieżność występowała w okresach wiosennej i jesiennej homotermii. Nieco większe dysproporcje, nawet w granicach 6°C, notowano w najchłodniejszych miesiącach roku (rys. 36). Pewne odstępstwo od tej reguły stanowi zbiornik nr 2, będący pod ścisłym oddziaływaniem wód potamicznych (CYBERSKA, 1984), w którym minimalne temperatury wody są wyraźnie wyższe, natomiast osiągnięte maksima zazwy-

czaj są nieco niższe niż w pozostałych zbiornikach (rys. 36). Wody Bobrka obciążone są zanieczyszczeniami termicznymi, które w istotny sposób podnoszą temperaturę wód w zimie (CIEŚLIŃSKI i in., 2009). W zbiorniku tym niezmiernie rzadko (podczas długo utrzymujących się niskich temperatur powietrza) pojawia się bardzo cienka pokrywa lodowa, która obejmuje jedynie wąski pas o szerokości od 1 m do 2 m od brzegu. Natomiast w okresie lata obserwuje się obniżający wpływ wód potamicznych na temperaturę wód limnicznych w tym zbiorniku. W opisywanych zbiornikach absolutne maksima zmieniały się w przedziale od 19,2°C w zbiorniku nr 2 do 25,7°C w zbiorniku nr 1. Dość znaczne nagrzewanie się mas wodnych wynika przede wszystkim z niewielkiej pojemności zbiorników, przy czym uzyskane rezultaty wcale nie różnią się od maksymalnych temperatur, które występują w płytkich jeziorach osłoniętych od wiatrowego mieszania wód (CHOIŃSKI, 1995). Można również zwrócić uwagę na fakt położenia geograficznego opisywanych zbiorników, które znajdują się około 2° do 3° dalej na południe od jezior z obszaru północnej Polski. Różnica ta przekłada się na wzrost o 1,0°C do 1,5°C średniej rocznej temperatury powierzchni wody w opisywanych zbiornikach (tabela 9).

Tabela 9. Ekstremalne i średnie roczne wartości temperatury [°C] powierzchniowej warstwy wody w zbiornikach wodnych w nieckach osiadania w latach hydrologicznych 2003—2005

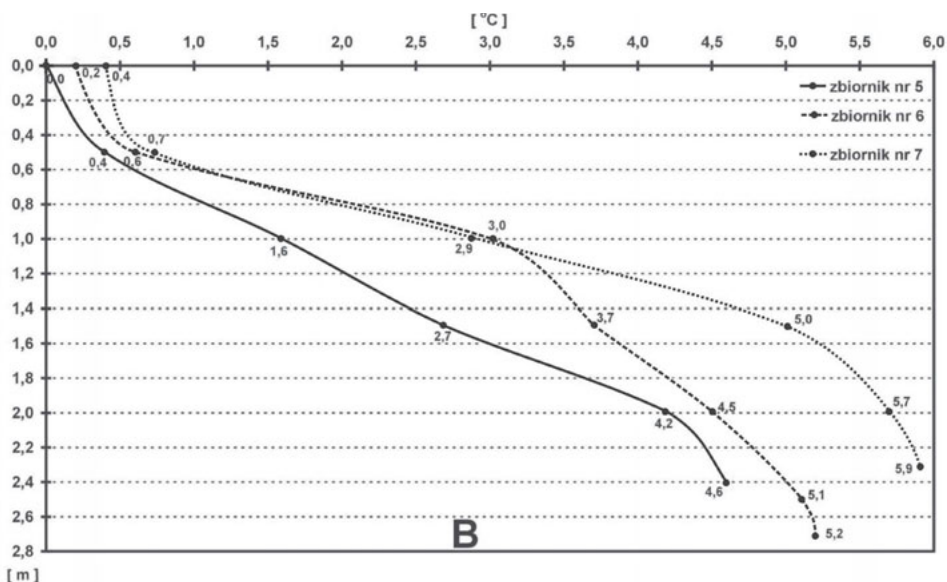
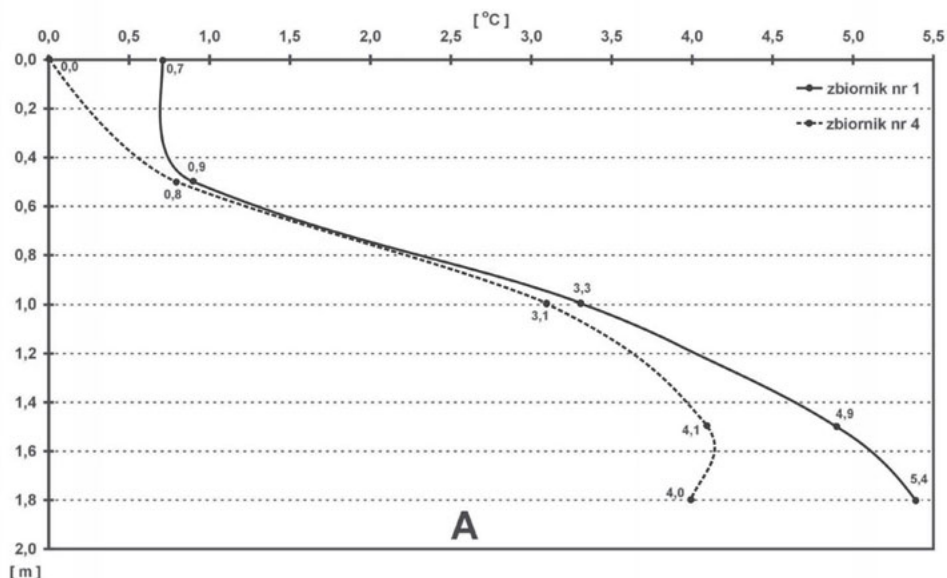
Table 9. Extreme and average annual values of temperature [°C] in surface water layer in reservoirs located in subsidence depressions in hydrological years 2003—2005

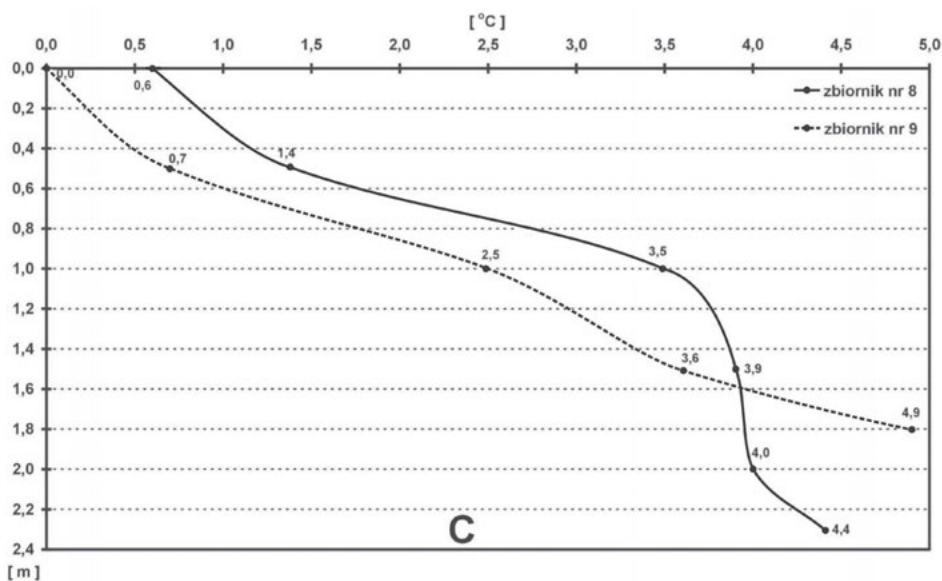
Numer zbiornika	2003		2004		2005		2003—2005	
	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia
1	0,5—25,2	11,4	0,5—22,8	10,3	0,4—25,7	11,5	0,4—25,7	11,1
2	1,9—21,8	12,2	6,3—21,2	12,7	5,8—19,2	12,3	1,9—21,8	12,4
3	-0,3—23,9	11,5	0,4—22,7	10,3	0,3—19,7	9,9	-0,3—23,9	10,6
4	-0,2—24,3	11,0	0,1—23,3	10,4	0,4—20,9	10,8	-0,2—24,3	10,7
5	-0,2—24,1	10,4	0,3—22,5	9,9	0,5—21,3	10,4	-0,2—24,1	10,2
6	-0,1—24,1	10,6	0,1—22,7	10,1	0,3—21,6	10,6	-0,1—24,1	10,4
7	-0,2—24,1	10,5	0,2—21,9	10,2	0,5—22,0	10,8	-0,2—24,1	10,5
8	0,2—22,1	10,2	0,3—23,1	10,7	0,3—22,1	11,3	0,2—23,1	10,7
9	0,0—23,0	10,2	0,2—23,6	10,6	0,5—22,8	11,5	0,0—23,6	10,7
10	0,0—22,0	9,5	0,4—22,1	10,1	0,7—23,3	11,7	0,0—23,3	10,4

Wykonane w czasie stagnacji zimowej pomiary temperatury wody w pionach potwierdziły uformowanie się odwrotnej stratyfikacji (katoterminii). Badania przeprowadzono pod koniec lutego 2003 r., a z uwagi na niewielką głębokość opisywanych zbiorników odczytu dokonywano co 0,5 m. We wszystkich zbiornikach najchłodniejsza woda, o temperaturze od 0°C do 0,7°C,

zalegała bezpośrednio pod pokrywą lodową. Natomiast najcieplejsze masy wody znajdowały się w najgłębszych partiach zbiorników (rys. 37), a maksimum wynoszące 5,9°C stwierdzono w zbiorniku nr 7.

Nieco podwyższona temperatura wody w strefie przydennej kilku opisywanych zbiorników może być pochodną zachodzących w dnie procesów biochemicznych, w wyniku których wydzielana jest energia podnosząca temperaturę otacza-





Rys. 37. Pionowy rozkład temperatury wody zbiorników wodnych w nieckach osiadania w profilach pomiarowych w okresie katotermii (22.02.2003 r.)

Fig. 37. Vertical range of water temperature of reservoirs located in subsidence depressions in measuring profiles in the period of katothermy (22.02.2003 year)

jących wód. Ponadto w profilach pionowych zauważono dość wyraźny wzrost temperatury wody między 0,5 m a 1,0 m głębokości, który wynosił zazwyczaj około 2°C. Opisana różnica temperatur wody może wskazywać na obecność termokliny. Ponadto w kilku zbiornikach porównywalny spadek temperatury notowano także na głębokości 1,5 m, co świadczyłoby o wykształceniu się warstwy skoku termicznego o różnej miąższości.

Pośród wszystkich gazów znajdujących się w wodzie największe znaczenie ma tlen, który jest także jednym z najważniejszych wskaźników jakości wód powierzchniowych. Gaz ten do wód powierzchniowych dostaje się bezpośrednio z atmosfery, jak również uwalniany jest w wyniku procesu fotosyntezy jako swoisty „uboczny” produkt (HERMANOWICZ i in., 1999). Obecność rozpuszczonego tlenu w środowisku wodnym warunkuje natężenie przebiegu procesów biologicznych oraz umożliwia rozwój tlenowych form życia (DOJLIDO, 1987). Atmosferyczny tlen występuje tylko w przypowierzchniowej warstwie wody, a jego ilość kształtowana jest przez aktualne warunki termiczne wody oraz jej dynamikę. Pewne znaczenie w tym względzie ma również ciśnienie atmosferyczne. Stopień rozpuszczalności tlenu, a zarazem jego zawartość w wodzie bezpośrednio zależą od jej temperatury. Wraz ze wzrostem temperatury wody obserwuje się spadek rozpuszczalności tego gazu. Analogicznie, wraz ze spadkiem temperatury wody wzrasta rozpuszczalność tlenu (BURCHARD, i in., 1990). Zachodzące w wodzie zbiornika procesy

fotosyntezy w istotny sposób modyfikują te zależności. Sam przebieg oraz intensywność wytwarzania tlenu przez rośliny warunkowane są natężeniem światła słonecznego oraz obfitością masy roślinnej (CHOIŃSKI, 1995). Przenikanie tego gazu w głębsze partie toni wodnej hamowane jest przez małą intensywność dyfuzji. Podobnie tlen pochodzący z procesu fotosyntezy najczęściej występuje w płytkiej strefie, w zasięgu przenikania promieni słonecznych. Natomiast w wyniku cyrkulacji wód w zbiorniku następuje przenoszenie tlenu także w głębsze jego partie (CHOIŃSKI, 2007b).

Natlenienie wód zbiorników w ciągu roku zmieniało się w bardzo szerokim zakresie (tabela 10), przy czym okresy uważane za stan nasycenia normalnego (w granicach od 60% do 100%) notowano dosyć często. Przez porównywalną część czasu występowały jednak niedobory tlenu bądź też pomierzone wartości wskazywały na przetlenienie wód limnicznych. Największe ilości tego gazu generalnie występowały w okresie lata, chociaż w kilku zbiornikach w poszczególnych latach pojawiały się odstępstwa od tej reguły, gdy maksymalne natlenienie notowano na wiosnę lub w zimie. Dostyć duże zróżnicowanie w rozkładzie tego parametru wywołuje całokształt czynników, które wpływają na koncentrację tlenu w wodzie. Doniosłe znaczenie w tym procesie odgrywają okresy zakwitnięcia glonów w czasie lata, kiedy to podczas słonecznej pogody następuje intensywna fotosynteza, w wyniku której do wody odprowadzane są bardzo duże ilości tlenu (DOJLIDO, 1995). W czasie zakwitnięcia glonów pomierzono absolutne maksima, które w czterech zbiornikach przekraczały nawet $20 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ oraz ponad 200% O_2 (tabela 10). W pozostałych zbiornikach przetlenienie powierzchniowej warstwy wody jest także dosyć istotne, nasycenie tlenem bowiem mieściło się w zakresie od 120% O_2 do nieco ponad 180% O_2 (tabela 10). Jedynie w zbiorniku nr 2 w całym okresie badań nie stwierdzono warunków świadczących o przesyceeniu wody tlenem. Tak wysokie wartości nawiązują do stopnia nasycenia tlenem zbiorników eutroficznych i hipertroficznych, a wyraźnie odbiegają od oligotroficznych środowisk limnicznych (KAJAK, 1998). Poza opisywanymi zbiornikami, w regionie górnośląskim występują także inne liczne akweny, w których mierzone porównywalne, a nawet wyższe wartości tlenu (RZĘTAŁA, 2000b; MOLENDĄ, 2005). Jak już wspomniano, bardzo duże ilości tlenu pomierzono także w zimie, ale tylko w sytuacjach bez pokrywy lodowej na zbiornikach. Przypadki takie należy wiązać z wychłodzeniem mas wodnych, które odznaczają się dobrą rozpuszczalnością tlenu. Ponadto w tym czasie gaz ten pobierany jest przez organizmy tlenowe w dużo mniejszych ilościach niż w pełni sezonu wegetacyjnego. Jak podaje J. DOJLIDO (1995), okresy wysokiego przesyceenia wody tlenem są szkodliwe szczególnie dla przedstawicieli ichtiofauny oraz bezkręgowców, w przypadku których może występować tzw. choroba bąbelkowa, powodująca masowe śnięcie ryb.

Jednak o wiele groźniejsze dla geosystemu zbiornika wodnego są okresy niedoboru tlenu w wodzie. Według J. DOJLIDY (1995), deficyt tlenowy poniżej 30%

Tabela 10. Zakres zmian natlenienia powierzchniowej warstwy wody [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$, % O_2] w zbiornikach wodnych w nieckach osiadania w latach hydrologicznych 2003—2005

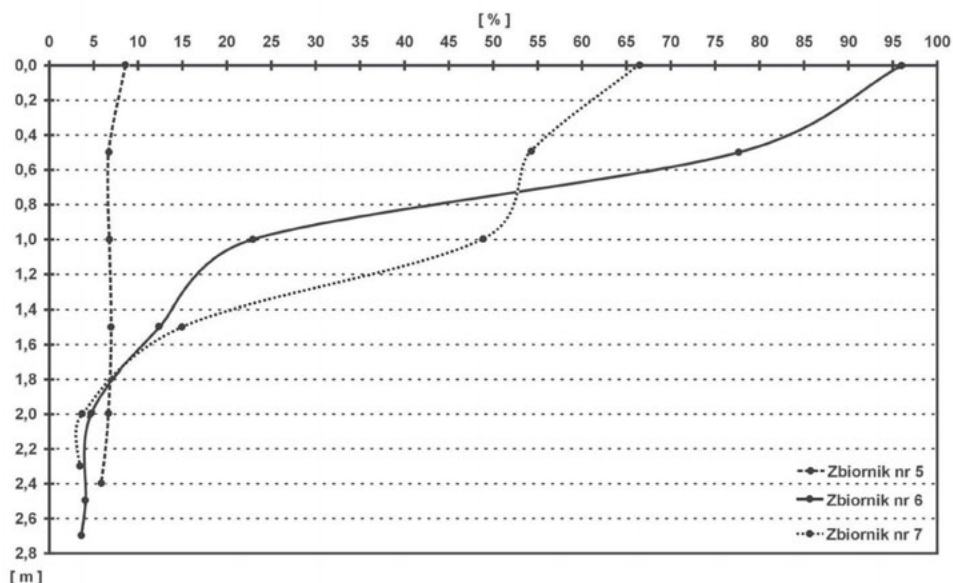
Table 10. Range of changes in oxygenation of surface water layer [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$, % O_2] in reservoirs located in subsidence depressions in hydrological years 2003—2005

Numer zbiornika	$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$			% O_2		
	zakres	średnia	mediana	zakres	średnia	mediana
1	0,95—17,54	9,91	9,73	6,40—216,00	94,78	85,50
2	2,51—11,90	6,27	5,97	23,90—96,60	58,63	62,30
3	4,14—26,80	10,80	10,21	29,10—264,00	103,30	82,80
4	0,34—20,80	10,89	11,09	2,40—231,00	105,25	103,75
5	1,26—23,80	11,09	11,20	8,60—183,00	100,70	110,20
6	5,82—18,33	11,24	10,74	40,30—165,60	102,24	101,20
7	4,71—16,21	9,92	9,56	35,00—143,00	90,58	95,25
8	1,65—20,00	10,14	9,69	10,70—142,90	91,85	91,55
9	3,10—14,83	9,05	9,67	20,80—120,00	81,83	84,90
10	1,35—17,18	9,19	8,75	9,20—137,60	83,91	89,85

nasycenia lub poniżej 2—3 $\text{mg O}_2/\text{dm}^3$ powoduje śnięcie ryb oraz zaburzenia rozwoju pozostałych organizmów tlenowych. Tego typu sytuacje nie dotyczyły jedynie trzech opisywanych zbiorników (nr 3, 6 i 7), natomiast w pozostałych siedmiu obserwowano wyraźny spadek natlenienia wody (tabela 10). Najniższe ilości tlenu występowały przeważnie pod koniec okresu zlodzenia zbiorników. Warunki określane jako deficytowe nie utrzymywały się jednak zbyt długo, na ogół ograniczały się do miesiąca. Wyraźne braki tlenu w wodach zbiorników zaobserwowano jedynie w styczniu 2003 r. oraz w marcu 2005 r. Natomiast zimą 2004 r. wody odznaczały się dosyć dobrym natlenieniem, co związane było z bardzo krótkim okresem zlodzenia, dzięki czemu zapasy tlenu nie zostały wyczerpane.

W okresie katotermii na zbiornikach, które pokryte były odpowiednio grubą warstwą lodu, wykonano pomiary rozkładu zawartości tlenu w profilach pionowych (rys. 38—40). We wszystkich siedmiu przebadanych zbiornikach stwierdzono wyraźny spadek natlenienia wody wraz z głębokością. Szczególnie niekorzystne warunki tlenowe występowały w zbiorniku nr 5, gdzie już tuż pod powierzchnią lodu nasycenie tlenem wynosiło poniżej 10%. Ponadto rozkład tlenu w tym zbiorniku miał charakter homooksygeniczny, tak niskie wartości bowiem utrzymywały się w całym profilu pionowym aż do jego dna (rys. 38). Nieco lepsze natlenienie, ale także na granicy deficytu, w czasie zlodzenia występowało w zbiornikach nr 4 i nr 8, gdzie zaraz pod lodem wartości te kształtowały się w granicach 30% (rys. 39, 40). Jednak już na głębokości 1 m natlenienie zmniejszyło się o połowę i wynosiło

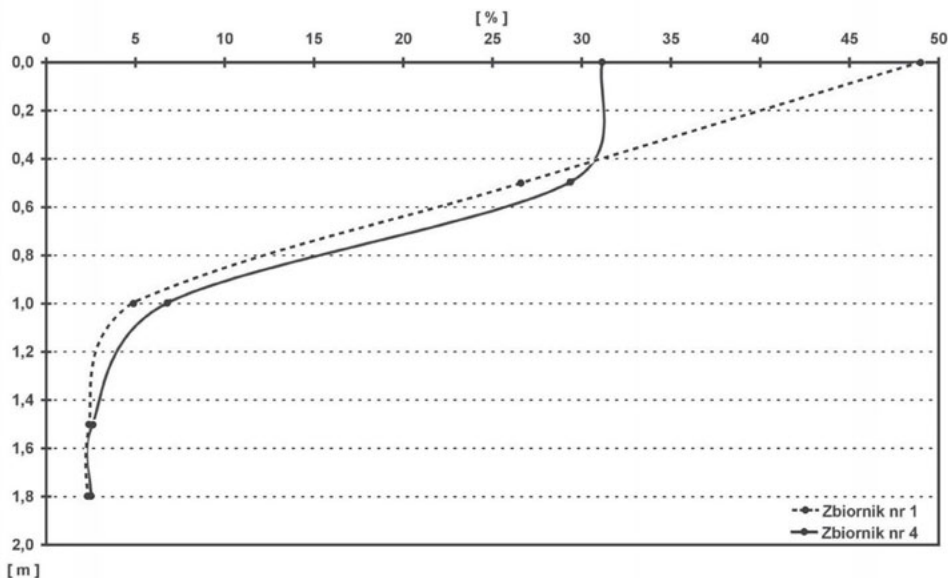
od 10% do 15%, a przy dnie występował prawie całkowity zanik tlenu, gdyż nasycenie wynosiło jedynie około 5%.



Rys. 38. Pionowy rozkład natlenienia (% O₂) wody zbiorników na pograniczu Bytomia i Chorzowa w okresie katotermii (22.02.2003 r.)

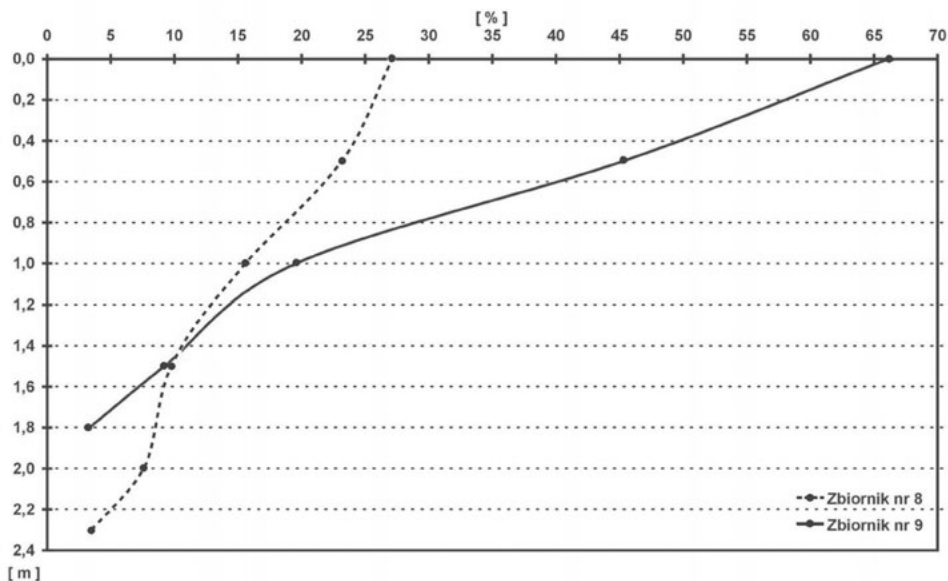
Fig. 38. Vertical range of oxygenation (% O₂) in water of reservoirs at the borderland of Bytom and Chorzów in the period of katothermy (22.02.2003 year)

Pozostałe cztery zbiorniki cechowało o wiele korzystniejsze natlenienie przypowierzchniowej warstwy wody, a w przypadku akwenu nr 6 pomierzono wartość niemal 100% (rys. 39). Jednak także w tych zbiornikach wraz z głębokością następował spadek natlenienia wody, a obserwowany gradient był bardzo duży, gdyż przy dnie ilości tlenu były znikome i kształtowały się w granicach 5%. Tak niskie ilości tlenu, szczególnie w przydennej warstwie wody, wynikają zapewne z jego zużywania w biochemicznych procesach rozkładu materii organicznej wyprodukowanej w czasie okresu wegetacyjnego. Ponadto zaleganie pokrywy lodowej w istotny sposób ogranicza dostęp światła dla rozwijających się w zbiornikach organizmów roślinnych, szczególnie okrzemek (MIKULSKI, 1974). Należy również zwrócić uwagę na fakt, że już od połowy głębokości niemal we wszystkich zbiornikach pojawiają się deficyty tlenowe. Uwzględniając ich niewielką głębokość (około 2 m), należy stwierdzić, że tego typu sytuacje są groźne szczególnie dla organizmów tlenowych. Przy długo utrzymującej się pokrywie lodowej może dochodzić do zupełnego wyczerpania tlenu i pojawiania się tzw. przydudchy, objawiającej się śnięciem ryb oraz śmiercią innych oksybiontów (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2000).



Rys. 39. Pionowy rozkład natlenienia (% O₂) wody zbiorników w Sosnowcu w okresie katotermii (22.02.2003 r.)

Fig. 39. Vertical range of oxygenation (% O₂) in water of reservoirs in Sosnowiec in the period of katothermy (22.02.2003 year)



Rys. 40. Pionowy rozkład natlenienia (% O₂) wody zbiorników w Zabrze-Makoszowach w okresie katotermii (22.02.2003 r.)

Fig. 40. Vertical range of oxygenation (% O₂) in water of reservoirs in Zabrze-Makoszowy in the period of katothermy (22.02.2003 year)

W trakcie 3-letnich badań nie stwierdzono tak drastycznych przejawów pojawiających się deficytów tlenowych w opisywanych zbiornikach. Jedynie w zbiorniku nr 10 zimą 2004/2005 całkowicie wyginęła populacja ryb. Jednak w tym przypadku było to wynikiem stopniowego zaniku opisywanego akwenu, co doprowadziło w konsekwencji do przemarznięcia wody aż do dna. Poza krótkookresowymi deficytami tlenu, opisywane zbiorniki odznaczają się stosunkowo korzystnym natlenieniem, które raczej sprzyja rozwojowi życia biologicznego.

5.2. Zasolenie wody jako funkcja obciążeń antropogenicznych

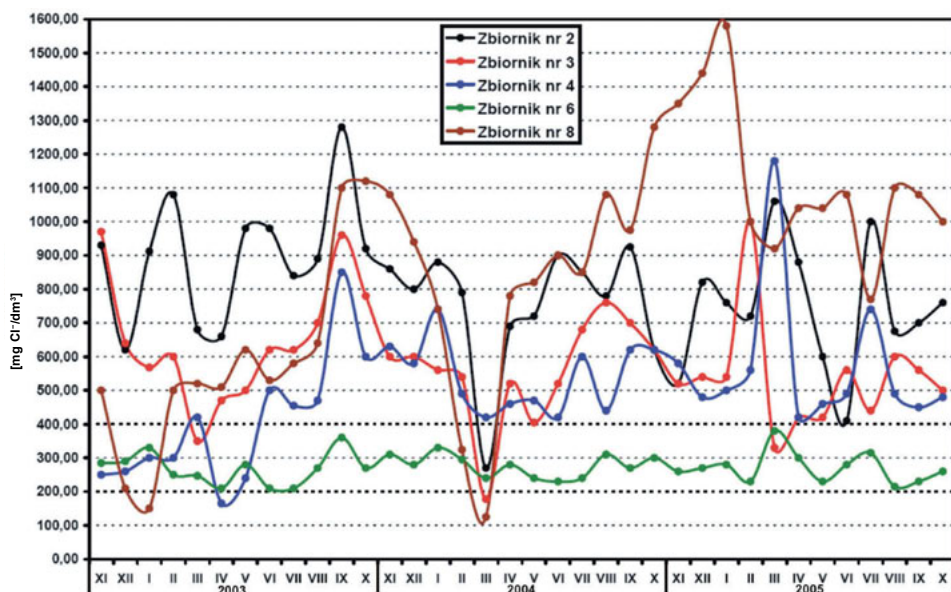
Zasolenie wody określane jest na podstawie obecności jonów (między innymi: Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+) zawartych w jednostce objętości wody. Najczęściej jednak sprowadza się to do określania stężenia jonu chlorkowego. Stopień zasolenia można także wyrazić za pomocą wielkości przewodnictwa elektrycznego, mineralizacji ogólnej lub ilości oznaczonych substancji rozpuszczonych (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 1999). Zasolenie wód jest bardzo niekorzystnym zjawiskiem, prowadzącym do degradacji środowiska wód powierzchniowych (HERMANOWICZ, 1984), szczególnie charakterystycznym na obszarach poddanych silnej presji przemysłu, a także na terenach o wysokim stopniu urbanizacji (JANKOWSKI, 1986; RZĘTAŁA, WACH, 1995).

Wody powierzchniowe odznaczają się zróżnicowaną koncentracją chlorków, przy czym jony te są szeroko rozpowszechnione (KORZENIEWSKI, 1986; HERMANOWICZ i in., 1999). Podobnie siarczany należą do pospolitych związków obecnych w wodach powierzchniowych (DOJLIDO, 1995; GOMÓLKA, SZAYNOK, 1997). Sód i potas należą do grupy pierwiastków najczęściej występujących w skorupie ziemskiej, stanowiąc odpowiednio: sód — 2,63%, potas — 2,40% (GOMÓLKA, SZAYNOK, 1997), a wymienione pierwiastki znajdują się prawie we wszystkich wodach naturalnych (HERMANOWICZ i in., 1999). Przedział zmienności stężeń wymienionych jonów odpowiedzialnych za zasolenie wód powierzchniowych jest dosyć szeroki. Na ogół w największych ilościach występują chlorki, po nich siarczany oraz sód, a zawartość potasu zwykle nie przekracza kilku miligramów na decymetr sześcienny, gdyż jest on pobierany przez rośliny jako jedna z substancji pokarmowych (BURCHARD i in., 1990; HERMANOWICZ i in., 1999). Chlorki w stężeniach powyżej 250 mg/dm^3 nadają wodzie słonawy smak, natomiast siarczany obecne w takich ilościach powodują jej gorzki smak (HERMANOWICZ i in., 1999). Do wód powierzchniowych opisywane związki dostają się na skutek wymywania ze skał oraz gleb. Natomiast chlorki dodatkowo pochodzą z rozpuszczania naturalnych pokładów soli oraz dostarczane są wraz z opadami atmosferycznymi, niosącymi duży ładunek soli znad oceanu (BURCHARD i in., 1990; DOJLIDO,

1987). Zazwyczaj jednak podwyższone stężenia wymienionych jonów w wodach powierzchniowych są pochodną dopływu ścieków komunalnych oraz przemysłowych, zrzutu wód kopalnianych, a także spływów z obszarów uprawianych rolniczo (BURCHARD i in., 1990). To wszystko sprawia, że w skrajnych przypadkach stężenia tych jonów w wodach powierzchniowych mogą dochodzić do kilku tysięcy miligramów na decymetr sześcienny (np.: JANDA, RZĘTAŁA, 1996; HERMANOWICZ i in., 1999; JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 1999). Wysokie zasolenie wpływa na zwiększoną korozyjność wód, a także w szkodliwy sposób oddziałuje na organizmy wodne (DOJLIDO, 1987). Chlorki oraz siarczany są trudno usuwalnym składnikiem oczyszczanych ścieków, jak również w istotny sposób ograniczają możliwość samooczyszczania wody (HERMANOWICZ i in., 1999).

Opisywane zbiorniki wodne w nieckach osiadania odznaczają się zdecydowanie różnym poziomem koncentracji chlorków w wodach limnicznych. Generalnie wśród nich można wydzielić dwie równie liczebne grupy. Do pierwszej, o wyższych stężeniach chlorków, zaliczono zbiorniki o numerach: 2, 3, 4, 6 i 8 (rys. 41), natomiast pozostałe pięć akwenów zaklasyfikowano do grupy zbiorników o mniejszej koncentracji opisywanych jonów (rys. 42). Najwyższe średnie stężenie tych związków dla okresu 2003—2005 było charakterystyczne dla zbiornika nr 8 i wynosiło 840,96 mg Cl⁻/dm³. Także w tym zbiorniku w styczniu 2005 r. pomierzono absolutne maksymalne ilości chlorków wynoszące aż 1580,00 mg Cl⁻/dm³ (rys. 41). Nieco niższa średnia (798,94 mg Cl⁻/dm³) cechowała przepływowy zbiornik nr 2, przy czym w tym przypadku pomierzone absolutne maksimum było mniejsze aż o 300 mg Cl⁻/dm³. Porównywalne maksymalne ilości chlorków, powyżej 1000 mg Cl⁻/dm³, występowały również w dwu pozostałych zbiornikach zlokalizowanych w Sosnowcu (nr 3 i 4). W wymienionych czterech akwenach poziom zanieczyszczenia chlorkami zazwyczaj zawierał się w przedziale odpowiadającym V klasie czystości wód powierzchniowych (rys. 41). Sporadycznie koncentracja tych związków utrzymywała się na poziomie charakterystycznym dla wyższych klas jakościowych. Okresy niższych stężeń chlorków występowały zwłaszcza w czasie wiosennych roztopów, gdy zbiorniki zasilane były roztopowymi wodami, które oddziałują w rozcieńczający sposób. Zjawisko tego typu dosyć wyraźnie zaznaczyło się w marcu 2004 r. (rys. 41). M. LEŚNIOK (1996) wykazał, że w wodach opadowych (a więc i w pokrywie śnieżnej), na obszarze GOP-u stężenia chlorków w około 80% przypadków nie przekraczają 10 mg Cl⁻/dm³, a maksymalnie osiągnęły poziom bliski 40 mg Cl⁻/dm³. Natomiast mniejsze ilości chlorków, ze średnią wynoszącą 380 mg Cl⁻/dm³, w tej grupie zbiorników cechowały akwen nr 6. W tym przypadku poziom koncentracji opisywanych anionów w wodach zbiornika zawsze utrzymywał się między 200 mg Cl⁻/dm³ a 300 mg Cl⁻/dm³ (rys. 41). Podwyższone ilości chlorków w wymienionych zbiornikach wiązać należy w głównej mierze z antropogenicznie wymuszonym obiegiem soli na obszarze Wyżyny Katowickiej (np. RZĘTAŁA, WACH, 1997; JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 1999). Chlorki pochodzą przede wszystkim z przylegających terenów składowisk skały płonnej, z których wypłu-

kiwane są przez wody opadowe oraz roztopowe. Natomiast w przypadku zbiornika nr 2 duże ilości chlorków są pochodną drenażu utworów karbonu produktywnego (RÓZKOWSKI, RÓZKOWSKI, 1994). Wody pochodzące z odwadniania pokładów węgla w KWK „Kazimierz-Juliusz”, które następnie odprowadzane są w ilości około 3,5 m³/min do Bobrka, w 2002 r. średnio zawierały chlorki w ilości nieco ponad 2700 mg Cl⁻/dm³ (*Operat wodnoprawny...*, 2003).

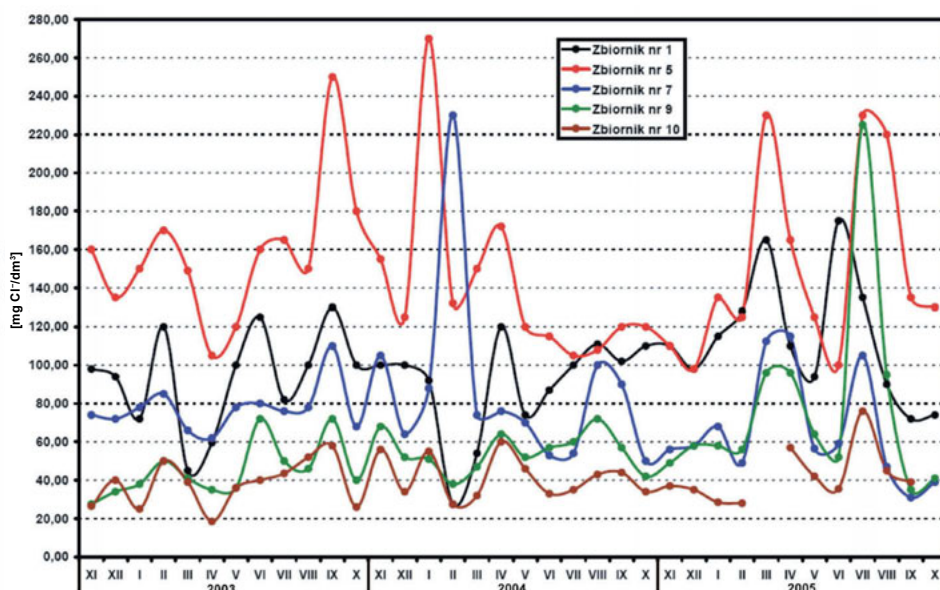


Rys. 41. Zmiany zawartości chlorków w wodach grupy zbiorników o wyższych stężeniach w latach hydrologicznych 2003—2005

Fig. 41. Changes in chloride content in waters of reservoir group with higher concentrations in hydrological years 2003—2005

Z kolei w grupie zbiorników o mniejszym obciążeniu chlorkami najwyższa średnia, wynosząca 149,69 mg Cl⁻/dm³, cechowała zbiornik nr 5, położony na pograniczu Bytomia i Chorzowa. Dwukrotnie niższe ilości chlorków ze średnią 77,14 mg Cl⁻/dm³ stwierdzono w zbiorniku nr 7, znajdującym się w kompleksie „Żabich Dołów”. Tylko jeden zbiornik z Sosnowca (nr 1) odznaczał się niższymi stężeniami chlorków, a ich średnia wartość dla lat hydrologicznych 2003—2005 wynosiła 99,14 mg Cl⁻/dm³. Jednak najniższe średnie stężenia jonów Cl⁻ we wspomnianym okresie występowały w dwu zbiornikach (nr 9 i 10) położonych w Zabrze. W pierwszym z nich ilości te kształtowały się na średnim poziomie 59,07 mg Cl⁻/dm³, natomiast w akwenu nr 10 stężenie jonów Cl⁻ było jeszcze niższe i wynosiło 40,50 mg Cl⁻/dm³. Także w tym ostatnim zbiorniku w kwietniu 2003 r. pomierzono absolutne minimalne ilości chlorków, a ich stężenie w tym czasie w wodach limnicznych wynosiło jedynie 18,50 mg Cl⁻/dm³ (rys. 42). Stosunkowo niskie wartości chlorków w wodach lim-

nicznych ostatniego z wymienionych zbiorników potwierdzają sposób zasilania tego akwenu. Dominującą rolę odgrywa alimentacja wodami pochodzącymi z topnienia pokrywy śnieżnej oraz z opadów, które odznaczają się podobnymi stężeniami chlorków. Natomiast w przypadku pozostałych zbiorników nieco niższe ilości opisywanych związków wynikają przede wszystkim ze skutecznej ich izolacji przed dopływem tego typu zanieczyszczeń. Należy jednak dodać, że w trakcie badań w kilku przypadkach chlorki były obecne w nieco wyższych stężeniach (rys. 42). Nie zmienia to jednak faktu, że obserwowane ilości tych związków zazwyczaj notowane były w przedziale do $100 \text{ mg Cl}^-/\text{dm}^3$, co dotyczy zwłaszcza zbiorników: nr 7, 9 i 10 (rys. 42). W zbiorniku nr 1 chlorki równie często notowane były w ilościach mniejszych, jak i przekraczających $100 \text{ mg Cl}^-/\text{dm}^3$, a 6-krotnie ich stężenie wynosiło $100 \text{ mg Cl}^-/\text{dm}^3$ (rys. 42). Natomiast w akwenu nr 5 dominowały podwyższone stężenia chlorków przekraczające przyjęty poziom, a jedynie 2-krotnie ich ilość była mniejsza lub równa $100 \text{ mg Cl}^-/\text{dm}^3$ (rys. 42).

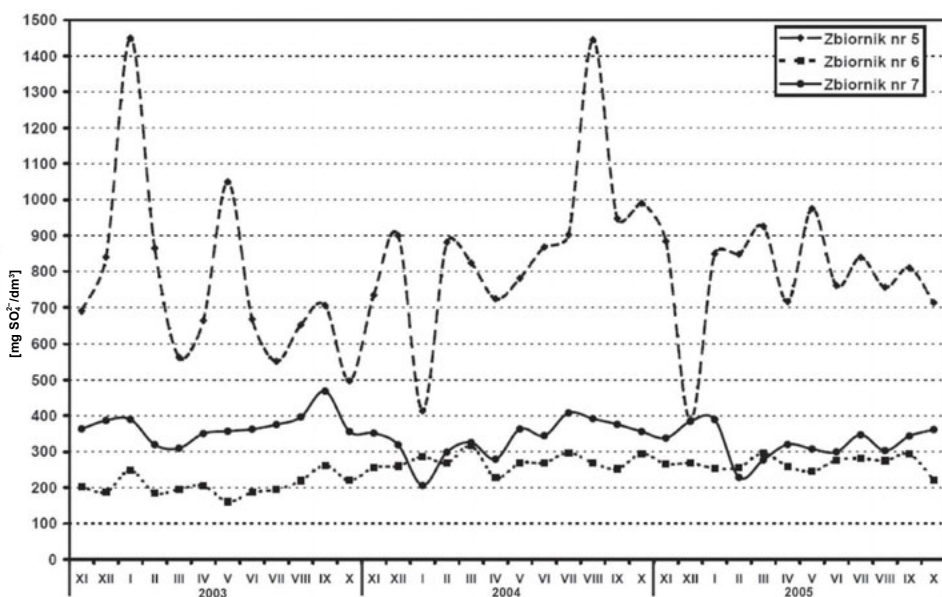


Rys. 42. Zmiany zawartości chlorków w wodach grupy zbiorników o niższych stężeniach w latach hydrologicznych 2003—2005

Fig. 42. Changes in chloride content in waters of reservoir group with lower concentrations in hydrological years 2003—2005

Siarczany w połowie opisywanych zbiorników były obecne w większych ilościach niż chlorki. Tego typu sytuację stwierdzono w akwenach: nr 1 w Sosnowcu, nr 5 i 7 na pograniczu Chorzowa i Bytomia oraz nr 9 i 10 w Zabrze. Największe dysproporcje między stężeniami tych związków występują zwłaszcza w akwenu nr 5 (rys. 43). Średni poziom koncentracji siarczanów w tym zbiorniku był naj-

wyższy ze wszystkich opisywanych i wynosił 807,62 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. Natomiast maksymalne ilości siarczanów pomierzono w styczniu 2003 r. w ilości 1 450 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. Porównywalne stężenie tych związków ponownie wystąpiło w sierpniu 2004 r. (rys. 43). Ponadto opisywany zbiornik cechuje bardzo duża dynamika zmian stężeń siarczanów. W okresie 2003—2005 amplituda wynosiła ponad 1 000 mg, gdyż najmniejsze ilości siarczanów pomierzono na poziomie 387 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. Pozostałe dwa akwenty położone w tej części Wyżyny Katowickiej charakteryzowały się zdecydowanie mniejszymi stężeniami siarczanów. W zbiorniku nr 7 ich ilości na ogół układały się w przedziale między 300 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$, a 400 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$, a tylko sporadycznie notowane były w wyższych i niższych stężeniach. Minimum wynoszące 206 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$ miało miejsce w styczniu 2004 r., a największe ilości siarczanów (468,60 mg) w wodach limnicznych tego zbiornika stwierdzono we wrześniu 2003 r. (rys. 43). Nieco lepsze parametry pod tym względem cechowały zbiornik nr 6, pomierzone stężenia siarczanów bowiem mieściły się między 150 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$ a 300 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. Jedynie w marcu 2004 r. w zbiorniku tym przekroczony został poziom 300 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$, z maksimum wynoszącym 316 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$ (rys. 43).

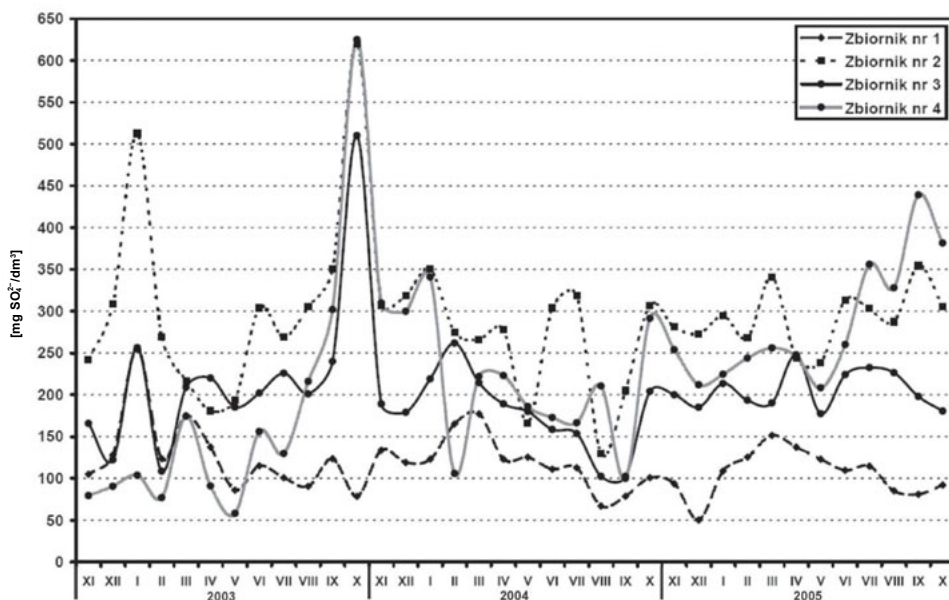


Rys. 43. Zmiany stężeń siarczanów w wodach zbiorników Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego „Żabie Doły” w latach hydrologicznych 2003—2005

Fig. 43. Changes in sulphate concentrations in waters of reservoirs in Natural-Landscape Complex „Żabie Doły” (“Frog pits”) in hydrological years 2003—2005

W wodach zbiorników położonych w Sosnowcu stężenia siarczanów były nieco niższe niż te w zbiornikach z centralnej części Wyżyny Katowickiej; zwykle odpo-

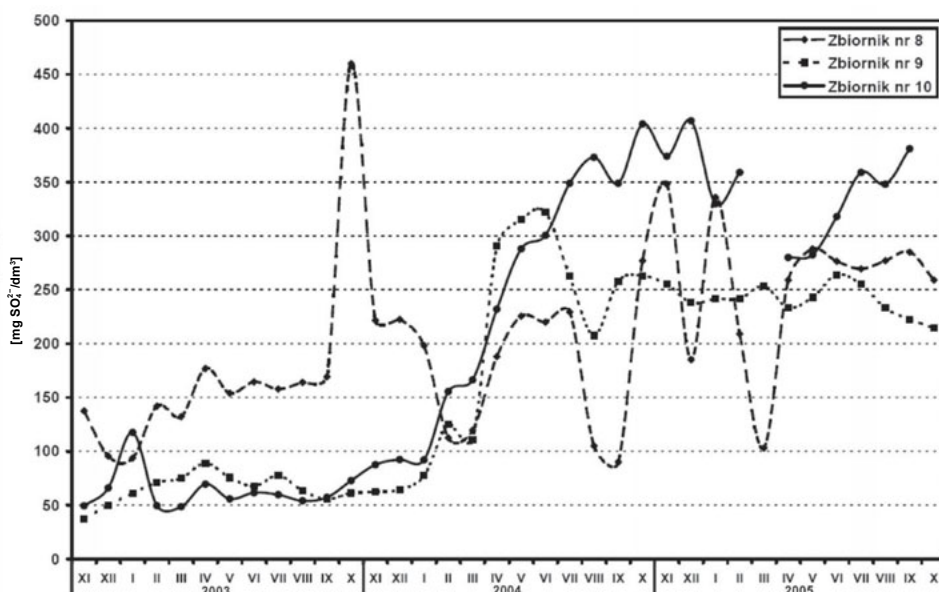
wiadały poziomowi ze zbiornika nr 6. Zwłaszcza w trzech akwenach zbieżność była dość duża, a ich średnie stężenia wynosiły od 201,92 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$ w zbiorniku nr 3 przez 226,17 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$ w akwenu nr 4 do 291,73 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$ w zbiorniku nr 2. Natomiast pomierzone maksymalne ilości siarczanów były znacznie wyższe; przekraczały 500 mg w zbiorniku nr 3 i 600 mg w zbiornikach nr 2 i 4 (rys. 44). W wymienionych akwenach zanotowano dość duże różnice między ekstremalnymi stężeniami siarczanów w wodach limnicznych, co związane jest z funkcjonowaniem wymienionych zbiorników na terenach antropogenicznie przekształconych. Generalnie pomierzone ilości opisywanych związków klasyfikowane były w przedziale między 150 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$ a 300 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$, choć stwierdzono także pojedyncze przypadki oraz nieco dłuższe okresy, w których siarczany były notowane zarówno w wyższych, jak i niższych stężeniach (rys. 44). Korzystne pod tym względem parametry zaobserwowano w zbiorniku nr 1, gdy średnie stężenie siarczanów kształtowało się na poziomie 117,44 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. Była to także najniższa wartość spośród odpowiednich wartości charakterystycznych dla pozostałych opisywanych zbiorników. Stosunkowo niskie ilości siarczanów zazwyczaj nie przekraczały 150 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$, a jedynie kilkakrotnie stwierdzono ich podwyższone stężenia z maksimum na poziomie 255 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$, które wystąpiło w styczniu 2003 r. (rys. 44). Opisywany zbiornik leży wprawdzie w strefie potencjalnych dopływów zanieczyszczeń, jednak jest skutecznie przed nimi izolowany.



Rys. 44. Zmiany stężeń siarczanów w wodach zbiorników położonych w Sosnowcu w latach hydrologicznych 2003—2005

Fig. 44. Changes in sulphate concentrations in waters of reservoirs in Sosnowiec in hydrological years 2003—2005

Natomiast w przypadku zmienności stężeń siarczanów w zbiornikach położonych w Zabrze stwierdzono pewną prawidłowość, szczególnie dobrze widoczną w zbiornikach nr 9 i 10. Od momentu rozpoczęcia badań przez kolejnych 15 miesięcy ilości siarczanów w tych akwenach utrzymywały się na względnie stałym poziomie, wynoszącym około $65 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. Jednak począwszy od lutego 2004 r. następował systematyczny wzrost ich stężeń, by już po trzech miesiącach osiągnąć poziom niemal $300 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. W zbiorniku nr 9 tendencja wzrostowa utrzymała się do czerwca 2004 r., a następnie w okresie dwóch kolejnych miesięcy zanotowano spadek koncentracji siarczanów do nieco ponad $200 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. Od tego momentu do końca 2005 r. stężenia siarczanów w tym zbiorniku utrzymywały się na poziomie wynoszącym około $245 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. Natomiast w przypadku drugiego z opisywanych zbiorników tendencja wzrostowa utrzymała się nieco dłużej, bo aż do października 2004 r., gdy stężenia siarczanów przekroczyły poziom $400 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. Przez kilka kolejnych zimowych miesięcy nastąpił spadek koncentracji tych związków, ale już od kwietnia 2005 r. ponownie systematycznie wzrastało stężenie siarczanów w tym zbiorniku. Opisaną sytuację trudno wyjaśnić. O ile w przypadku zbiornika nr 10 można to tłumaczyć systematycznym zmniejszaniem się retencjonowanych wód, powodującym wzrost koncentracji siarczanów w wodach limnicznych, o tyle w przypadku zbiornika nr 9 tego typu argumentacja nie znajduje uzasadnienia. Dodatkowo akwen ten funkcjonuje na zale-



Rys. 45. Zmiany stężeń siarczanów w wodach zbiorników położonych w Zabrze-Makoszowach w latach hydrologicznych 2003—2005

Fig. 45. Changes in sulphate concentrations in waters of reservoirs in Zabrze-Makoszowy in hydrological years 2003—2005

sionym terenie i pozbawiony jest dopływu zanieczyszczeń. Trudno w racjonalny sposób wyjaśnić to zjawisko. Pewnym wytłumaczeniem może być bliskie sąsiedztwo cementarza, z terenu którego, wraz z wodami podziemnymi, mogą do opisywanego zbiornika przedostawać się siarczany (ŻYCHOWSKI, 2008).

Pewna zbieżność obserwowanych stężeń siarczanów wystąpiła także w zbiorniku nr 8, jednak już od października 2003 r. koncentracja tych związków zmieniła się w bardzo szerokim zakresie (rys. 45). Zjawisko to było bardzo dobrze widoczne w 2004 r., gdy w odstępie 2 miesięcy stężenia siarczanów zmieniały się w przedziale od około 100 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$ do 350 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. Dostatecznie duże dysproporcje w przypadku tego zbiornika związane są zapewne z pracami remontowymi nasypu drogi, do którego użyto skały płonnej zawierającej związek siarki (minerały piryty), które następnie wypłukane zostały do wód limnicznych. Późniejsze zmiany związane były już z aktualnie panującą sytuacją hydrometeorologiczną.

Obciążenie wód limnicznych zbiorników wodnych w nieckach osiadania związkami sodu jest dostatecznie zróżnicowane. Największe ich ilości stwierdzono w zbiorniku nr 8 w Zabrze, a ich średnie stężenie w latach 2003—2005 wynosiło aż 445,90 mg Na^+/dm^3 (tabela 11). Natomiast maksymalne ilości tych związków były na niemal 2-krotnie wyższym poziomie i wynosiły 836,00 mg Na^+/dm^3 ; pomiaru dokonano w październiku 2005 r. Wysokie stężenia sodu występowały także w trzech zbiornikach położonych w Sosnowcu (nr 2—4) oraz w akwenach nr 5 i 6 zlokalizowanych w centralnej części Wyżyny Katowickiej (tabela 11). Na uwagę zasługuje fakt, że duże ilości sodu, zawsze powyżej 170 mg Na^+/dm^3 , przez cały okres badań utrzymywały się w zbiornikach nr 2 i 3 w Sosnowcu. Jak podają A. JAGUŚ i M. RZĘTAŁA (2003), na obszarze Wyżyny Katowickiej podwyższone stężenia związków sodu w wodach limnicznych mają przede wszystkim pochodzenie antropogeniczne. Natomiast w pozostałych czterech akwenach pomierzone ilości sodu były znacznie mniejsze i odpowiadały stężeniom charakterystycznym dla wód śródlądowych (DOJLIDO, 1995). Najniższe ilości tych związków stwierdzono w zbiornikach nr 9 i 10 położonych w Zabrze. Absolutna minimalna koncentracja sodu ukształtowała się na poziomie jedynie kilku miligramów na decymetr sześcienny, a maksymalna jego ilość w tych zbiornikach nie przekraczała poziomu 24 mg Na^+/dm^3 (tabela 11).

Związki potasu w analizowanych zbiornikach występowały w znacznie mniejszych ilościach niż związki sodu, przy czym poziom ich koncentracji generalnie nawiązywał do tych pierwszych. Jednak tym razem najwyższe średnie stężenie potasu odnosiło się do zbiornika nr 2 położonego w Sosnowcu; osiągnęło poziom nieco ponad 51 mg K^+/dm^3 . W zbiorniku tym pomierzono także maksymalną ilość tych związków, gdy w sierpniu 2004 r. potas był obecny w ilości 95 mg K^+/dm^3 (tabela 11). Porównywalne stężenia związków potasu występowały w zbiorniku nr 4 w Sosnowcu oraz w akwenu nr 6 w kompleksie „Żabich Dołów”. Natomiast nieco mniejsze, aczkolwiek nadal wysokie, stężenia kationu K^+ zaobserwowano w zbiornikach: nr 3, 5, 7 i 8. Wielkości te dokumentują całokształt intensywnych oddziaływań antropogenicznych na wymienione zbiorniki, gdyż — jak podaje J. DOJLIDO (1995)

— nawet wody zanieczyszczone zawierają najczęściej potas w ilościach jedynie kilkunastu miligramów na decymetr sześcienny. Spośród zbiorników objętych badaniami jedynie w trzech akwenach (nr 1, 9 i 10) związki potasu występowały w ilościach odpowiadających stężeniom spotykanym w naturalnych wodach powierzchniowych. Najmniejsze zaś stężenia tych związków stwierdzono w zbiorniku nr 9, ze średnią wynoszącą 4,32 mg K⁺/dm³, przy czym absolutne minimum na poziomie 1,8 mg K⁺/dm³ 2-krotnie wystąpiło w zbiorniku nr 8 położonym w Zabrzcu (tabela 11).

Tabela 11. Ekstremalne oraz średnie stężenia sodu i potasu [mg/dm³] w wodach zbiorników wodnych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej w latach hydrologicznych 2003—2005

Table 11. Extreme and average concentrations of sodium and potassium [mg/dm³] in waters of reservoirs located in subsidence depressions in the Katowice Upland in hydrological years 2003—2005

Numer zbiornika	Sód			Potas		
	minimum	średnia	maksimum	minimum	średnia	maksimum
1	13,50	34,02	49,80	6,80	10,99	15,65
2	176,00	352,80	574,00	23,10	51,33	95,00
3	177,00	246,54	338,00	20,70	31,87	44,40
4	75,00	210,64	346,00	16,90	40,72	75,00
5	61,90	97,25	140,00	20,40	32,46	42,90
6	96,40	161,95	208,00	33,40	49,77	63,80
7	31,55	49,68	68,50	12,35	17,21	23,90
8	81,50	445,90	836,00	1,80	15,52	29,60
9	5,50	15,48	24,00	2,22	4,32	6,58
10	4,30	12,17	20,60	2,32	4,64	7,42

5.3. Metale ciężkie

Pierwiastki występujące w czystych wodach powierzchniowych w niewielkich stężeniach często określa się mianem mikroelementów lub pierwiastków śladowych (STARMACH i in., 1978). Wśród nich wyróżnia się tzw. metale ciężkie, które M. ŚWIDERSKA-BRÓZ (1993) określa jako mikrozanieczyszczenia nieorganiczne. W środowisku wodnym metale ciężkie występują najczęściej w formie jonowej (CHELMICKI, 2001), choć obecne są także w zawiesinie, z którą w procesie sedymentacji kumulują w osadach dennych (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2003).

Podobnie jak w przypadku osadów dennych, w wodach limnicznych opisywanych zbiorników analizą objęto pięć metali ciężkich (cynk, ołów, kadm, miedź

i nikiel). We wstępnych założeniach przyjęto, że wymienione pierwiastki mogą występować w dość znacznych stężeniach, gdyż na terenie Wyżyny Katowickiej zlokalizowanych jest wiele zakładów przemysłowych związanych z przeróbką metali nieżelaznych. Jednak już pierwsze pomiary wykazały, że opisywane pierwiastki są obecne w stosunkowo niskich stężeniach bądź też zupełnie nie występują. W latach 2003—2005 generalnie w największych ilościach stwierdzono cynk, następnie ołów i miedź, a w dalszej kolejności nikiel i kadm. Ten ostatni metal bardzo często zupełnie nie był wykrywalny w wodach zbiorników wodnych w nieckach osiadania.

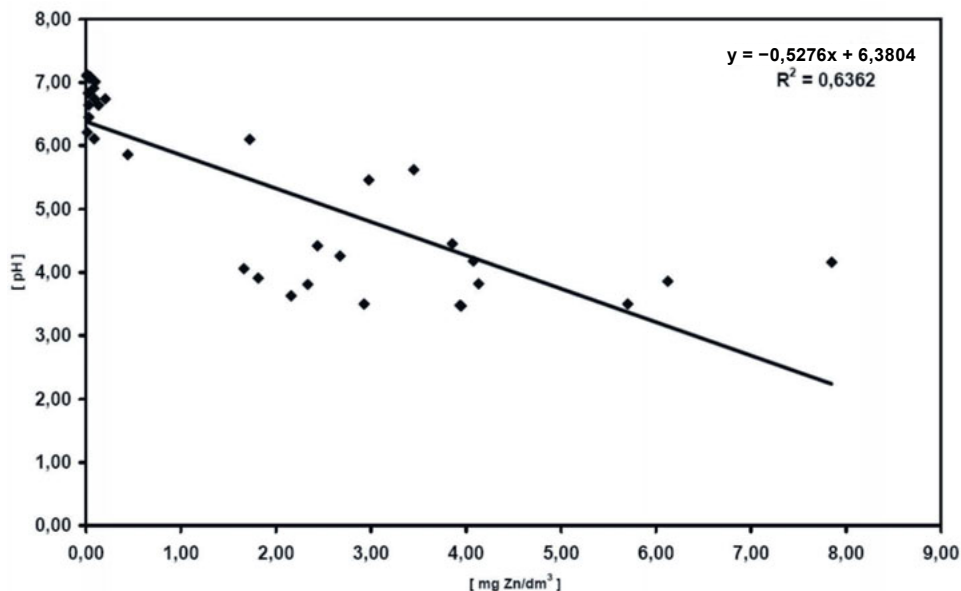
W niezanieczyszczonych wodach powierzchniowych cynk występuje na poziomie około $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, ołów i nikiel nie przekraczają poziomu $3 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, natomiast miedź zmienia się w zakresie od $1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ do $2 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (KABATA-PENDIAS, PENDIAS, 1993; DOJLIDO, 1995). Najmniej rozpowszechnionym pierwiastkiem jest kadm, który w czystych wodach praktycznie nie występuje (CHELMICKI, 2001); za naturalną wartość przyjmuje się poziom liczący $0,02 \mu\text{g Cd}/\text{dm}^3$ (KABATA-PENDIAS, PENDIAS, 1993). Podwyższone stężenia metali ciężkich w wodach powierzchniowych w głównej mierze związane są z działalnością człowieka i dotyczą obszarów uprzemysłowionych oraz zurbanizowanych; tylko w szczególnych przypadkach większe ich ilości mogą pochodzić ze źródeł naturalnych (STARMACH i in., 1978). Najczęściej ponadnormatywny poziom zanieczyszczeń związany jest z odprowadzaniem ścieków z kopalń, hut i zakładów metalurgicznych. Pośrednio także spalanie węgla oraz emisja spalin samochodowych przyczyniają się do zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego, w przypadku ołowiu bowiem aż 98% jego emisji dostaje się do atmosfery właśnie w ten sposób (DOJLIDO, 1995).

Obserwowane stężenia cynku w opisywanych zbiornikach w okresie badań zmieniały się w dosyć szerokim zakresie. Największe różnice wystąpiły w zbiorniku nr 10; tu bowiem absolutne maksimum było nieco ponad 800 razy wyższe od minimalnych ilości cynku (tabela 12). W 2003 r. cynk w wodach tego zbiornika występował w niewielkich ilościach, maksymalnie osiągając wartość nieco ponad $0,2 \text{ mg Zn}/\text{dm}^3$. Podobna tendencja utrzymywała się przez pierwsze trzy miesiące kolejnego roku. Dopiero w lutym 2004 r. nastąpił wyraźny wzrost zawartości cynku w wodach tego zbiornika; od tego też momentu stężenie tego metalu w wodzie utrzymywało się na wysokim poziomie. Maksymalną wartość zanotowano w kwietniu 2005 r., kiedy to cynk był obecny w ilości $7,8505 \text{ mg Zn}/\text{dm}^3$. Znaczny wzrost stężeń cynku w wodach zbiornika wywołują dwa podstawowe czynniki. Pierwszym z nich jest powolny, ale systematyczny spadek odczynu retencjonowanych wód, wynikający z większego udziału wód atmosferycznych w zasilaniu. W obniżaniu pH wody pewną rolę mogą również odgrywać piaszczyste podłoże oraz zakwaszająca ściółka drzew iglastych porastających przylegające tereny. Środowisko wodne o kwaśnym odczynie sprzyja dłuższemu utrzymywaniu się w toni wodnej opisywanego metalu (rys. 46), ale także powoduje jego uwalnianie z osadów dennych (DOJLIDO, 1995). Kolejnym ważnym czynnikiem jest konsekwentna utrata zretencjonowanych wód z misy zbiornika. Wydaje się, że obser-

Tabela 12. Ekstremalne oraz średnie roczne stężenia cynku [mg/dm³] w wodach zbiorników wodnych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej w latach hydrologicznych 2003—2005

Table 12. Extreme and average concentrations of zinc [mg/dm³] in waters of reservoirs located in subsidence depressions in the Katowice Upland in hydrological years 2003—2005

Numer zbiornika	Lata 2003—2005			
	minimum	średnia	maksimum	mediana
1	0,0000	0,0155	0,0749	0,0123
2	0,0328	0,1486	0,9610	0,0891
3	0,0037	0,0300	0,3540	0,0193
4	0,0000	0,0286	0,0902	0,0232
5	0,0000	0,0543	0,5086	0,0220
6	0,0000	0,0249	0,0973	0,0163
7	0,0000	0,0243	0,0633	0,0193
8	0,0000	0,0521	0,7760	0,0184
9	0,0079	0,2049	1,3889	0,0617
10	0,0094	1,9732	7,8505	1,7241



Rys. 46. Zależność stężeń cynku od odczynu wód w zbiorniku nr 10 położonym w Zabrze-Makoszowach

Fig. 46. Dependence of zinc concentrations on water pH-reaction in reservoir No. 10 located in Zabrze-Makoszow

wowany zanik zbiornika jest pochodną strat wywołanych intensywnym parowaniem w ciepłej porze roku, jak również możliwych ucieczek wody w podłoże. Zmniejszenie objętości zretencjonowanej wody na skutek parowania przyczynia się do zwiększenia koncentracji rozpuszczonych związków i poszczególnych pierwiastków, w tym także cynku.

Pozostałe zbiorniki znajdujące się na terenie Zabrza odznaczały się występowaniem o wiele mniejszych ilości cynku, przy czym pomierzone wartości maksymalne i tak były jednymi z największych wśród uzyskanych wyników (tabela 12). W latach 2003—2005 cynk zawsze występował w wodach zbiornika nr 9, co należy wiązać z nieco obniżonym odczynem wód zbiornika. Jego misa usytuowana jest na piaszczystym podłożu, a najbliższe otoczenie porasta las z dominacją sosny. Dostatecznie wysokie stężenia cynku występowały także w zbiorniku nr 2 położonym w Sosnowcu, natomiast w pozostałych obiektach ilości tego metalu były już nieco niższe. Zauważono jednak, że w przypadku zbiorników z Sosnowca w pierwszym roku obserwacji maksymalne stężenia cynku wystąpiły w czerwcu (MACHOWSKI, 2003). Ponadto w zbiornikach nr 2—4 pomierzone w tym czasie wartości stanowiły maksymalne stężenia dla całego okresu badawczego. Jedynie w zbiorniku nr 1 większe ilości cynku wystąpiły w ostatnim roku obserwacji. Szeroki zakres zmian tego pierwiastka w zbiornikach położonych w tej części Wyżyny Katowickiej jest konsekwencją odwadniania przez Bobrek i jego dopływy terenów przemysłowych Huty „Katowice” i KWK „Kazimierz-Juliusz” (OLEŚ, 2003). Należy wspomnieć, że teoretyczny spływ jednostkowy cynku po profil w Nivce kształtuje się na poziomie aż 43,73 kg/dobę (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 1997c). Przeprowadzone badania w obrębie przepływowego zbiornika położonego w korycie Bobrka pozwalają jednak stwierdzić, że poziom cynku w wodach tej rzeki systematycznie się obniża.

Największe ilości cynku w zbiornikach z centralnej części Wyżyny Katowickiej w 2003 r. wystąpiły w okresie zimy (styczeń, luty, marzec). W kolejnych sezonach obserwacyjnych maksymalne stężenia cynku w większości zbiorników wystąpiły w marcu bądź kwietniu. Wysokie stężenia cynku w tych miesiącach mogą być konsekwencją jego znacznej dostawy wraz z wodami pochodzącymi z topniejącej pokrywy lodowej i śnieżnej. Kilkumiesięczny okres zlodzenia opisywanych zbiorników sprzyja gromadzeniu się dużych ilości pyłów przemysłowych, które są istotnym elementem wzbogacania środowiska wodnego zarówno w cynk, jak i pozostałe metale ciężkie.

W przypadku występowania minimalnych zawartości cynku w wodach trudno dostrzec prawidłowości w ich sezonowej zmienności. Na uwagę zasługuje fakt całkowitego braku tego pierwiastka w lipcu 2004 r. aż w 6 zbiornikach (tabela 12). Poza akwenem nr 1, w którym taka sytuacja miała miejsce także w styczniu 2004 r., cynk zawsze był obecny w wodach analizowanych zbiorników. Jednak obserwowane stężenia na ogół kształtowały się na poziomie setnych części miligramu. Taka sytuacja jest charakterystyczna dla wszystkich zbiorników, poza wymienionymi

wcześniej akwenami nr 9 i 10 oraz zbiornikiem nr 2 położonym w korycie Bobrka. W porównaniu z wodami naturalnymi, gdzie cynk występuje w niewielkich ilościach, omawiane zbiorniki charakteryzują się znacznie wyższym poziomem koncentracji tego pierwiastka w wodach. Szczególnie notowane maksymalne wartości przewyższają kilkadziesiąt, a nawet kilkaset razy poziom uznawany za naturalny (KABATA-PENDIAS, PENDIAS, 1993). Jednak biorąc pod uwagę wartości graniczne wskaźników jakości wód z grupy substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (specyficzne zanieczyszczenia syntetyczne i niesyntetyczne) odnoszące się do dobrego i wyższego niż dobry stanu ekologicznego jednolitych części wód powierzchniowych, w których wyszczególniony jest cynk (Rozporządzenie..., 2008), należy stwierdzić, że metal ten w wodach opisywanych zbiorników nie przekraczał 1 mg Zn/dm^3 . Niestety, w sporadycznych przypadkach w zbiornikach nr 9 i 10 położonych w Zabrze koncentracja cynku przekraczała wartość graniczną, co obniżało ich stan ekologiczny (Rozporządzenie..., 2008). Szczególnie źle pod tym względem przedstawia się sytuacja w zbiorniku nr 10, w którym obserwowane stężenia cynku kilkakrotnie przekraczały wspomnianą wartość graniczną.

W latach 2003—2005 obecność łożwiu w wodach zbiorników zmieniała się w dosyć szerokim zakresie (tabela 13). Zaobserwowano pewną czasową powtarzalność, jeśli chodzi o związki łożwiu oraz minimalne jego stężenia. W 2003 r. minimum wystąpiło w marcu, gdy w siedmiu zbiornikach łożwiu zupełnie nie występował, a w pozostałych trzech obiektach w tym czasie zanotowano jego minimalne wartości. Zupełny brak łożwiu w 2004 r. po raz pierwszy stwierdzono w kwietniu w ośmiu zbiornikach, natomiast drugi raz minimum zaznaczyło się w lipcu w pięciu zbiornikach. W 2005 r. brak łożwiu w większości opisywanych zbiorników miał miejsce od stycznia do marca, jednak najdłuższa tego typu sytuacja to okres od listopada do kwietnia 2005 r. w zbiorniku nr 5, położonym w centralnej części Wyżyny Katowickiej. W zbiorniku nr 10 jedynie w marcu 2003 r. oraz w styczniu i lutym 2005 r. stwierdzono brak łożwiu w wodach limnicznych. W latach 2003—2005 przypadków braku łożwiu było znacznie więcej, od 6 do 9 pomiarów, co stanowi przedział od nieco ponad 17% do 25% wszystkich obserwacji. Można sądzić, że w opisywanych zbiornikach występują dłuższe okresy całkowitego braku łożwiu (MACHOWSKI, 2003). Jednak aby potwierdzić taką sytuację, pomiary należałoby prowadzić znacznie częściej.

Nieco inaczej przedstawia się sytuacja w przypadku maksymalnych stężeń łożwiu zaobserwowanych w wodach zbiorników. Brak jest bowiem wyraźniej sezonowej ich powtarzalności. Jednak ogólnie można stwierdzić, że maksymalne stężenia łożwiu występowały w okresie letnim (czerwiec, sierpień), chociaż także w innych okresach roku obserwowano największą koncentrację tego metalu w wodach. Zarówno maksymalne, a tym bardziej średnie stężenia łożwiu we wszystkich zbiornikach kształtowały się na podobnym poziomie (tabela 13). Wyjątek w tym względzie stanowi obiekt nr 10, w obrębie którego stężenia łożwiu są wyraźnie wyższe niż w pozostałych zbiornikach. Znaczny wzrost łożwiu noto-

wano jednak dopiero od kwietnia 2005 r., do tego czasu zaś pierwiastek ten występował w ilościach podobnych do poziomów charakterystycznych dla pozostałych zbiorników. Sytuację taką należy wiązać, jak w przypadku zmienności stężeń cynku, z obniżeniem pH wody w tym zbiorniku, co ułatwiło wymywanie ołowiu z osadów dennych. Tylko w przypadku tego zbiornika obserwuje się tendencję wzrostową w koncentracji ołowiu w retencjonowanych wodach. Natomiast w pozostałych zbiornikach występuje spadek zawartości tego pierwiastka.

Tabela 13. Ekstremalne oraz średnie roczne stężenia ołowiu [mg/dm³] w wodach zbiorników wodnych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej w latach hydrologicznych 2003—2005

Table 13. Extreme and average concentrations of lead [mg/dm³] in waters of reservoirs located in subsidence depressions in the Katowice Upland in hydrological years 2003—2005

Numer zbiornika	Lata 2003—2005			
	minimum	średnia	maksimum	mediana
1	0,0000	0,0172	0,0437	0,0156
2	0,0000	0,0157	0,0436	0,0128
3	0,0000	0,0162	0,0609	0,0147
4	0,0000	0,0168	0,0462	0,0161
5	0,0000	0,0145	0,0455	0,0081
6	0,0000	0,0170	0,0417	0,0161
7	0,0000	0,0155	0,0547	0,0124
8	0,0000	0,0151	0,0381	0,0142
9	0,0000	0,0161	0,0462	0,0156
10	0,0000	0,0371	0,0981	0,0359

Ołów jako jeden z metali ciężkich nie został ujęty w Rozporządzeniu..., 2008, w którym wyszczególniono substancje wyjątkowo szkodliwe dla środowiska wodnego, i obecnie nie podlega klasyfikacji charakteryzującej stan jakościowy wód powierzchniowych. Jednak pierwiastek ten w poprzednim (nieobowiązującym) Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód został uwzględniony. Biorąc pod uwagę wartości graniczne podawane w tym Rozporządzeniu... (2004), należy stwierdzić, że w latach 2003—2005 poziom stężeń ołowiu w wodach opisywanych zbiorników w większości przypadków był zaliczany do IV klasy czystości wód powierzchniowych, a w przypadku akwenów nr 3, 7 i 10 — nawet do V klasy. Jednak analizując poszczególne sezony badawcze,

można zauważyć wyraźną poprawę jakości badanych wód pod względem koncentracji tego pierwiastka. W 2003 r. we wszystkich zbiornikach dominowały stężenia ołowiu charakterystyczne dla IV klasy czystości wód. Stężenia na tym poziomie występowały także w kolejnym roku, jednak obserwowane ilości ołowiu pozwalają znacznie częściej zaklasyfikować wody do III, a w nawet do I klasy czystości wód powierzchniowych. Najwięcej takich przypadków miało miejsce w 2005 r., kiedy to przez większą jego część ołów nie przekraczał wartości granicznych dla I klasy czystości wód. Zdarzały się jednak okresy, w których stężenia tego metalu były znacznie większe. Sumaryczna ocena pozwala zaliczyć wody do klas III i IV, z przewagą tej pierwszej. Wyjątek w tym względzie stanowił zbiornik nr 5, w obrębie którego przez cały 2005 r. ołów występował na niskim poziomie, właściwym I klasie czystości wód powierzchniowych. W zbiorniku tym obserwuje się intensywny rozwój fitoplanktonu, który w istotny sposób może redukować ilości ołowiu w wodzie (KOSTECKI, 2003). Natomiast odstępstwem od reguły jest zbiornik nr 10, w obrębie którego następowało systematyczne pogarszanie jakości wody związane ze wzrostem koncentracji ołowiu w jego wodach. W 2005 r. przez większą część czasu dominowały wody odpowiadające V (najgorszej) klasie jakości wód. Jak już wcześniej wspomniano, wynika to z dość znacznego obniżenia odczynu wody, co spowodowało systematyczne uwalnianie i przechodzenie do toni wodnej związków ołowiu znajdujących się w osadach dennych tego zbiornika.

We wszystkich opisywanych zbiornikach miedź występowała na podobnym poziomie. Świadczą o tym zarówno wartości średnie, minimalne, jak i maksymalne (tabela 14). Miedź, jako jedyny z opisywanych metali ciężkich, przez cały okres 2003—2005 była obecna w wodach wszystkich zbiorników. W przypadku tego metalu występuje pewna sezonowa zmienność, właściwa większości opisywanych zbiorników. W pierwszym roku aż w 7 akwenach maksymalne wartości wystąpiły w czerwcu, a jedynie w trzech zbiornikach — nr 2, 4 i 9 — miało to miejsce we wrześniu (MACHOWSKI, 2004). Jeszcze większa zbieżność maksymalnych stężeń charakteryzowała kolejny sezon badań. W 2004 r., jeśli chodzi o największe ilości miedzi, generalnie wystąpiło czasowe powtórzenie z poprzedniego roku, we wszystkich zbiornikach bowiem maksymalne stężenia tego pierwiastka były charakterystyczne dla czerwca. Nieco inaczej przedstawiała się sytuacja w 2005 r. W większości zbiorników następował stopniowy wzrost koncentracji tego metalu w wodach; dopiero w październiku zanotowano największe jego stężenia. Jedynie zbiorniki nr 3 i 10 odbiegały od tego schematu, gdyż w pierwszym z nich maksimum wystąpiło 2-krotnie w marcu i lipcu, natomiast w drugim największe ilości miedzi stwierdzono w kwietniu. Generalnie obserwowane maksymalne stężenia miedzi w wodach zbiorników w poszczególnych sezonach były coraz niższe, jedynie w zbiorniku nr 10 następował stopniowy wzrost stężeń tego metalu.

Nieco większe zróżnicowanie czasowe charakteryzuje występowanie minimalnych stężeń miedzi w wodach zbiorników w nieckach osiadania. W 2003 r. w połowie zbiorników minimum wystąpiło w kwietniu, przy czym w pozostałych

Tabela 14. Ekstremalne oraz średnie roczne stężenia miedzi [mg/dm^3] w wodach zbiorników wodnych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej w latach hydrologicznych 2003—2005

Table 14. Extreme and average concentrations of copper [mg/dm^3] in waters of reservoirs located in subsidence depressions in the Katowice Upland in hydrological years 2003—2005

Numer zbiornika	Lata 2003—2005			
	minimum	średnia	maksimum	mediana
1	0,0025	0,0120	0,0249	0,0115
2	0,0041	0,0128	0,0255	0,0119
3	0,0018	0,0120	0,0240	0,0119
4	0,0009	0,0126	0,0285	0,0111
5	0,0052	0,0122	0,0270	0,0117
6	0,0043	0,0127	0,0329	0,0121
7	0,0045	0,0120	0,0229	0,0108
8	0,0039	0,0127	0,0282	0,0120
9	0,0031	0,0122	0,0358	0,0120
10	0,0065	0,0151	0,0334	0,0132

akwenach w tym miesiącu stężenia miedzi także były niskie, ale minima pojawiły się w innych miesiącach (MACHOWSKI, 2004). W kolejnym roku (2004) generalnie powtórzyła się sytuacja z poprzedniego sezonu. Minimalne stężenia miedzi w 6 zbiornikach ponownie wystąpiły w kwietniu, a w trzech pozostałych akwenach nastąpiło czasowe przesunięcie o miesiąc. Tylko w zbiorniku nr 8 minimalne ilości miedzi wystąpiły we wrześniu. Zupełnie inaczej sytuacja przedstawiała się w 2005 r. Jedynie w czterech zbiornikach nastąpiło czasowe powtórzenie, kiedy to minima wystąpiły w maju. W pozostałych przypadkach najmniejsze ilości tego metalu były charakterystyczne dla zimy. W trzech zbiornikach miało to miejsce w grudniu (nr 7, 8 i 10), a w trzech innych — w lutym (zbiorniki nr 2, 6 i 9). Najmniejsze ilości tego metalu w większości zbiorników występowały w 2003 r., natomiast w kolejnych latach zaznacza się wzrost minimalnych stężeń miedzi. Należy podkreślić, że obserwowany wzrost nie jest zbyt wielki, a ilości miedzi w wodach zbiorników nie są szkodliwe dla organizmów żywych zasiedlających te środowiska. Stężenia te jednak mogą utrudniać proces samooczyszczania, który hamowany jest przez ten metal już w ilości $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (DOJLIDO, 1995). Obserwowane stężenia miedzi w wodach zbiorników, mimo sezonowej zmienności, utrzymywały się na stosunkowo niskim poziomie. Uwzględniając wartość graniczną ($0,05 \text{ mg Cu}/\text{dm}^3$) podawaną jako stężenie graniczne wskaźników jakości wód z grupy substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Rozporządzenie..., 2008), należy

stwierdzić, że metal ten w żadnym z opisywanych zbiorników nie osiągnął takiego poziomu w okresie 2003—2005 (tabela 14).

Stężenia niklu w wodach charakteryzowanych zbiorników w okresie 2003—2005 utrzymywały się na podobnym poziomie, o czym świadczą między innymi wartości średnie, zmieniające się w przedziale od 0,0064 mg Ni/dm³ w zbiornikach nr 6 i 7 do 0,0144 mg Ni/dm³ w zbiorniku nr 5 (tabela 15). Jedynie w zbiorniku nr 10 nikiel występował w nieco większych ilościach, dzięki czemu średnie stężenie w lat 2003—2005 kształtowało się na poziomie 0,0306 mg Ni/dm³. We wszystkich zbiornikach występowała dosyć duża czasowa zmienność koncentracji opisywanego metalu. Bywało, że po całkowitym braku niklu w następnym miesiącu jego stężenie osiągało maksymalną wartość dla całego okresu obserwacyjnego. Miały również miejsce sytuacje odwrotne, gdy po okresie występowania największych ilości niklu następował całkowity zanik tego metalu w wodach. Pomiarów, podczas których nie stwierdzono niklu, było dosyć dużo. Największą liczbą takich przypadków (16 pomiarów) odznaczały się zbiorniki nr 6 i 7, położone w centralnej części Wyżyny Katowickiej, w obrębie których brak tego metalu stwierdzono przez nieco ponad 45% pomiarów. Natomiast najmniej takich przypadków (4 pomiary) zaobserwowano w zbiorniku nr 5, zlokalizowanym w tej samej części opisywanego obszaru. W 2003 r. jedynie kwiecień był miesiącem, w którym we wszystkich zbiornikach stwierdzono zanik niklu. Także w grudniu oraz we wrześniu w większości zbiorników nie potwierdzono tego pierwiastka. W kilku przypadkach wystąpiły 3-miesięczne okresy, w których retencjonowane wody były wolne od niklu. Dwukrotnie warunki takie pojawiły się w zbiorniku nr 7, po raz pierwszy od marca do maja, a następnie od sierpnia do października 2003 r. W zbiorniku nr 1 tego typu okres trwał od kwietnia do czerwca, a w akwenach nr 6 i 10 — od marca do maja. Natomiast w przypadku zbiornika nr 9 brak niklu stwierdzono przez kolejne cztery miesiące, począwszy od marca aż po czerwiec. Jeszcze dłuższe okresy braku niklu w wodach limnicznych wystąpiły w 2004 r. W zbiornikach nr 6 i 7 od stycznia aż do maja opisywany metal nie był wykrywany, natomiast w przypadku zbiornika nr 1 brak niklu obserwowano już w grudniu, z tym że w kwietniu występował on w niewielkiej ilości, osiągając stężenie na poziomie 0,0006 mg Ni/dm³. Poza wymienionymi przypadkami, w każdym ze zbiorników wykonano pojedyncze pomiary, które potwierdzały brak opisywanego metalu w retencjonowanych wodach. W 2005 r. tylko w marcu wystąpił synchroniczny brak niklu w charakteryzowanych zbiornikach. Wyjątek w tym względzie stanowił akwen nr 10, w obrębie którego już od lutego 2004 r. nikiel zawsze był obecny. Podobnie jak w dwu poprzednich latach, w 2005 r. w pojedynczych przypadkach nie stwierdzono tego pierwiastka w wodach opisywanych zbiorników.

Także w przypadku wartości maksymalnych wystąpiła pewna sezonowa i przestrzenna zmienność stężeń niklu. W 2003 r. w 6 zbiornikach maksymalne stężenia miały miejsce w styczniu, a w pozostałych 4 przypadkach (zbiorniki: nr 5, 6, 9 i 10) — w lutym (MACHOWSKI, 2003). Następnym rok charakteryzowała

jeszcze większa zbieżność, bo aż w 9 zbiornikach maksymalne ilości opisywanego metalu pomierzono w sierpniu, a tylko w akwenu nr 3 okres ten przypadał na czerwiec. Dużo większe zróżnicowanie jest charakterystyczne dla 2005 r. W zbiornikach o numerach 4, 5 i 8 maksimum wystąpiło w październiku. Miesiąc wcześniej największe ilości niklu stwierdzono w zbiornikach: nr 6, 7 i 10, a w dwu kolejnych obiektach (nr 2 i 3) — w styczniu. Natomiast w wodach zbiornika nr 1 największe ilości niklu były charakterystyczne dla lutego, w zbiorniku nr 9 zaś maksymalne stężenie opisywanego metalu pomierzono w grudniu.

Tabela 15. Ekstremalne oraz średnie roczne stężenia niklu [mg/dm³] w wodach zbiorników wodnych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej w latach hydrologicznych 2003—2005

Table 15. Extreme and average concentrations of nickel [mg/dm³] in waters of reservoirs located in subsidence depressions in the Katowice Upland in hydrological years 2003—2005

Numer zbiornika	Lata 2003—2005			
	minimum	średnia	maksimum	mediana
1	0,0000	0,0081	0,0680	0,0020
2	0,0000	0,0134	0,0543	0,0120
3	0,0000	0,0086	0,0284	0,0073
4	0,0000	0,0069	0,0308	0,0020
5	0,0000	0,0144	0,0475	0,0146
6	0,0000	0,0064	0,0253	0,0003
7	0,0000	0,0064	0,0250	0,0026
8	0,0000	0,0100	0,0350	0,0079
9	0,0000	0,0108	0,0598	0,0065
10	0,0000	0,0306	0,0887	0,0210

Podobnie jak w przypadku ołowiu, nikiel nie podlega klasyfikacji charakteryzującej stan jakościowy wód powierzchniowych (Rozporządzenie..., 2008). Uzyskane wyniki odniesiono do wartości granicznych podawanych w Rozporządzeniu..., 2004, w którym metal ten był klasyfikowany. Duża liczba przypadków, w których w retencjonowanych wodach nie stwierdzono niklu, sprawia, że przez znaczną część czasu wody limniczne pod tym względem zaliczane były do I klasy czystości wód powierzchniowych. Jednak w 2003 r. występowały okresy, w których stężenia niklu zawierały się w przedziale dla III klasy czystości wód, a w zbiorniku nr 2 — nawet w IV klasie. W kolejnym roku sytuacja generalnie uległa powtórzeniu, gdyż nikiel występował w stężeniach charakterystycznych dla I klasy czystości wód, a tylko w pojedynczych przypadkach były to nieco wyższe wartości z prze-

działu II i III klasy. Niższą jakością, w IV klasie czystości wód powierzchniowych, odznaczały się jedynie wody zbiornika nr 10, kiedy to od lipca do września 2004 r. nikiel występował w stężeniach większych od 0,05 mg Ni/dm³. Natomiast w przypadku zbiorników nr 1 i 3 nastąpiła niewielka poprawa, opisywany metal w wodach tych akwenów nie przekraczał stężeń wyższych od 0,02 mg Ni/dm³, mieszcząc się w II klasie czystości wód. Natomiast 2005 r. charakteryzował się pogorszeniem stanu jakościowego, ponieważ w zbiornikach nr 1, 9 i 10 wystąpiły przypadki stężeń niklu w IV klasie czystości wód powierzchniowych, a w pozostałych zbiornikach były to ilości z III klasy czystości wód.

Kolejnym poddanym analizie pierwiastkiem zaliczanym do grupy metali ciężkich był kadm. We wszystkich zbiornikach stężenia tego pierwiastka w okresie 2003—2005 ulegały znacznym wahaniom. Jednak cechą charakterystyczną była stosunkowo duża liczba przypadków, w których w wodach limnicznych zupełnie brak było kadmu. Już w pierwszym roku badań stwierdzono liczne tego typu przypadki (MACHOWSKI, 2003). Natomiast w całym wspomnianym okresie najczęściej, bo aż 16, metalu tego nie wykryto w zbiorniku nr 6, a w 2005 r., od marca do sierpnia (6 miesięcy), wody tego zbiornika były wolne od kadmu. Podobna sytuacja w okresie od kwietnia do września wystąpiła w zbiorniku nr 4. W pozostałych obiektach nie obserwowano już tak długich okresów zaniku kadmu w wodach. W latach 2003—2005 w poszczególnych zbiornikach wystąpiło od 7 do 16 pomiarów, w których kadm w wodach zupełnie nie występował, co stanowiło od 17,5% do 45% wszystkich przypadków. Generalnie w zbiornikach wodnych w nieckach osiadania w poszczególnych sezonach obserwacyjnych miała miejsce czasowa zbieżność zaniku kadmu. W 2003 r. w zbiornikach wodnych w nieckach osiadania od czerwca do lipca wystąpił okres braku tego metalu. W przypadku akwenu nr 6 czas ten przedłużył się nawet do września, a w zbiorniku nr 8 trwał o miesiąc dłużej. Także w marcu pomiar wykazał brak kadmu w wodach wszystkich zbiorników. Poza wymienionymi przypadkami, w 2003 r. w poszczególnych obiektach miały miejsce pojedyncze pomiary, podczas których nie stwierdzono kadmu. Podobne przypadki zaobserwowano także w 2004 r., jednak zarówno czasowa, jak i przestrzenna zbieżność zaniku opisywanego metalu nie była już tak wyraźna. W ostatnim sezonie jedynie pomiar z maja i czerwca we wszystkich zbiornikach (poza obiektem nr 10) wykazał brak kadmu. Natomiast przez pozostałą część okresu badawczego między poszczególnymi zbiornikami występowały czasowe różnice w zaniku tego pierwiastka, chociaż ogólna liczba przypadków jego braku była porównywalna z poprzednimi latami. Wyjątek stanowił zbiornik nr 10, w którego wodach kadm występował przez cały 2005 r.

Również jeśli chodzi o maksymalne stężenia kadmu zaobserwowano pewną czasową i przestrzenną zgodność. W 2003 r. nie była ona jeszcze tak wyraźna, gdyż największe ilości kadmu jedynie w zbiornikach położonych w Zabrze wystąpiły w lutym. Natomiast w akwenach nr 1, 4 i 7 maksymalne stężenia pomierzono w grudniu, a w zbiornikach nr 5, 6 i 3 największa koncentracja miała miejsce

w maju. Jedynie w wodach zbiornika nr 2 maksimum wystąpiło w kwietniu. W 2004 r. stwierdzono większą zgodność odnośnie do występowania największych ilości kadmu. W zbiornikach położonych w centralnej części Wyżyny Katowickiej, a także w akwenach nr 2, 3 i 9 takim miesiącem był sierpień. Natomiast w pozostałych zbiornikach w tym miesiącu wystąpiły drugie co do wielkości stężenia opisywanego metalu, a największe jego ilości stwierdzono w marcu (zbiornik nr 1), maju (zbiornik nr 4), lutym (zbiornik nr 8) i w kwietniu (zbiornik nr 10). Ostatni rok (2005) odznaczał się jeszcze większą czasową zbieżnością maksymalnych stężeń kadmu. Aż w 7 zbiornikach największe ilości tego pierwiastka stwierdzono w grudniu, a w dwu następnych zbiornikach (nr 1 i 7) nastąpiło pod tym względem czasowe przesunięcie na styczeń. Jedynie zbiornik nr 10 stanowił wyjątek, a w jego przypadku maksimum stwierdzono dopiero w kwietniu. Pomierzone w 2005 r. wartości we wszystkich zbiornikach były zarazem największe dla całego wspomnianego okresu (tabela 16).

Tabela 16. Ekstremalne oraz średnie roczne stężenia kadmu [mg/dm³] w wodach zbiorników wodnych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej w latach hydrologicznych 2003—2005

Table 16. Extreme and average concentrations of cadmium [mg/dm³] in waters of reservoirs located in subsidence depressions in the Katowice Upland in hydrological years 2003—2005

Numer zbiornika	Lata 2003—2005			
	minimum	średnia	maksimum	mediana
1	0,0000	0,0011	0,0051	0,0004
2	0,0000	0,0014	0,0056	0,0007
3	0,0000	0,0010	0,0046	0,0004
4	0,0000	0,0012	0,0066	0,0006
5	0,0000	0,0012	0,0048	0,0004
6	0,0000	0,0010	0,0053	0,0002
7	0,0000	0,0011	0,0056	0,0003
8	0,0000	0,0014	0,0062	0,0003
9	0,0000	0,0015	0,0061	0,0010
10	0,0000	0,0115	0,0414	0,0109

Mimo swych toksycznych właściwości, także kadm nie został zaliczony do substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Rozporządzenie..., 2008). Uwzględniając stężenia graniczne charakterystyczne dla poszczególnych klas jakościowych podawanych w Rozporządzeniu..., 2004, należy stwierdzić, że okresowo kadm występował w stężeniach mieszczących się w IV i V

klasie czystości wód powierzchniowych. Tego typu przypadki występowały praktycznie każdego roku, a retencjonowane wody pod względem ilości zawartego w nich kadmu zaliczane były do niezadowalającej IV klasy oraz do złej V klasy jakości wód. W 2003 r. wody odznaczające się niską jakością stwierdzono w niemal połowie przypadków, natomiast przez pozostałą część czasu stężenia kadmu nie przekraczały wartości $0,0005 \text{ mg Cd/dm}^3$, mieszcząc się w przedziale I klasy czystości wód. W kolejnym sezonie generalnie sytuacja się powtórzyła, jednak w przypadku zbiornika nr 10 nastąpiło wyraźne pogorszenie jakości retencjonowanych wód pod względem koncentracji kadmu. Natomiast 2005 r. charakteryzowała wyraźna dwudzielność. Przez pierwsze cztery miesiące stężenia kadmu były tak wysokie, że obniżały jakość wody do IV i V klasy czystości wód powierzchniowych. Natomiast od marca kadm występował w ilościach mieszczących się w I klasie czystości wód, z wyjątkiem pojedynczych przypadków, w których opisywany metal osiągał wartości właściwe III i IV klasie czystości wód.

Czasowe tendencje zmian metali ciężkich w wodach opisywanych zbiorników są dosyć zróżnicowane. Wśród nich występują obiekty, które cechuje spadek, wzrost, a także względna stałość obserwowanych stężeń, przy czym w kilku zbiornikach wspomniane tendencje nie są zbyt wyraźne. Trzyletni okres pomiarów wydaje się zbyt krótki, aby można było stwierdzić faktyczne trendy zmian stężeń metali ciężkich w wodach tych zbiorników. Ilość metali ciężkich w wodach limnicznych pochodzi zarówno z ich dostawy ze składowisk odpadów górniczych i hutniczych, jak również w sprzyjających warunkach uwalniane są one z osadów dennych. Istotny udział przypada także na dostawę metali ciężkich na drodze suchej i mokrej depozycji z atmosfery. Jednak z uwagi na zazwyczaj zaskądny bądź obojętny odczyn retencjonowanych wód limnicznych w opisywanych zbiornikach metale ciężkie utrzymują się w toni wodnej przez bardzo krótki czas, a następnie wytrącają się i akumulują w osadach dennych. Obserwowana w ostatnich latach wyraźna poprawa stanu sanitarnego powietrza atmosferycznego w ogromnym stopniu wpływa na sukcesywny spadek ilości metali ciężkich w opisywanych geosystemach zbiorników wodnych w nieckach osiadania. Sezonowa dynamika zmian obserwowanych stężeń poszczególnych metali ciężkich w wodach wynika zarówno z uwarunkowań środowiskowych (np.: odczyn wód limnicznych, intensywne opady, wiosenne roztopy itp.), jak również jest modyfikowana przez działalność człowieka (np.: nadsypywanie brzegów skałą płoną, tworzenie nowych składowisk odpadów w sąsiedztwie zbiorników, odprowadzanie zanieczyszczeń itp.).

Zbiorniki w nieckach osiadania jako nowe nisze ekologiczne

Występowanie zbiorników wodnych w nieckach osiadania na obszarze przemysłowej i zurbanizowanej Wyżyny Katowickiej z przyrodniczego punktu widzenia jest zjawiskiem niezwykle korzystnym. Powodują one wprawdzie dość istotne przeobrażenia abiotycznych warunków, jednak ich funkcjonowanie na tych terenach przyczynia się do wyraźnego zróżnicowania nisz siedliskowych. Zmiany zainicjowane osiadaniem terenu wpływają na ewolucję flory, a w ostatecznym etapie kształtują się ekosystemy roślinności wodno-łądowej. W ślad za tymi zmianami obserwuje się migracje wielu nowych gatunków przedstawicieli fauny, zarówno kręgowców, jak i bezkręgowców. Jak podają B. TOKARSKA-GUZIŁ i A. ROSTAŃSKI (1996), zróżnicowanie roślinności otaczającej zbiorniki w nieckach osiadania w głównej mierze zależy od wieku zbiornika, jego głębokości, a także sposobu wykorzystania. Ponadto o zróżnicowaniu jakościowym i ilościowym roślinności w tak specyficznych środowiskach wodnych decydują także fizykochemiczne właściwości retencjonowanych wód i osadów dennych, jak również okresowe wysychanie wody (STRZELEC, 1993). Całokształt warunków środowiskowych sprawia, że nawet w obrębie jednego zbiornika występują dosyć istotne różnice w rozwoju roślinności, przy czym często są to także gatunki przypadkowe. Ponadto pojawiające się zbiorowiska roślinne mają charakter pionierski, inicjalny, charakterystyczny dla początkowych stadiów sukcesji roślinnej (HOLAK i in., 1996). W przypadku zbiorników powstałych w nieckach osiadania obserwuje się najczęściej strefy roślinne wykształcone w sposób fragmentaryczny, które O. RAHMONOV i in. (2006) określają jako mozaikowe. Do najbardziej pospolitych gatunków roślin występujących w obrębie opisywanych zbiorników należą (STRZELEC, 1993): trzcina pospolita (*Phragmites communis* TRIN), pałka szerokolistna (*Typha latifolia* L.), rogatek sztywny (*Ceratophyllum demersum* L.), moczarka kanadyjska (*Elodea canadensis* Michx), rdestnica pływająca (*Potamogeton natans* L.), rzęsa wodna (*Lemna* sp.), tatarak zwyczajny (*Acorus calamus* L.), wywłócznik okółkowy

(*Myriophyllum verticillatum* L.), strzałka wodna (*Sagittaria sagittifolia* L.), żabieniec babka wodna (*Alisma plantago-aquatica* L.) oraz manna mielec (*Glyceria aquatica* L.). Kilka z wymienionych gatunków roślin porasta dosyć duże powierzchnie w otoczeniu zbiorników wodnych w nieckach osiadania. Największy areal przypada na zbiorowiska z trzcina pospolitą, która odznacza się szeroką amplitudą ekologiczną oraz cechuje się znaczną ekspansywnością. Wśród analizowanych zbiorników duże powierzchnie zajęte przez tę roślinę stwierdzono zwłaszcza w obrębie akwenów położonych w centralnej części Wyżyny Katowickiej (fot. 6). Także w zbiornikach nr 1 i 4 w Sosnowcu, na całej długości ich wschodnich brzegów, występuje trzcina pospolita, natomiast w położonym nieopodal zbiorniku nr 3 stwierdzono szuwar pałkowy, który szerokim pasem porasta całą długość zachodniego brzegu zbiornika (fot. 15). Nieco mniejsze skupiska pałki wodnej występują wokół zbiorników nr 4—6 położonych w centralnej części Wyżyny Katowickiej (DOBOSZ i in., 1993). Zbiorniki w Zabrze powstały na zalesionych terenach dzielnicy Makoszowy. W związku z rozwojem osiadań i podtapianiem lasu dochodzi do uszkodzeń drzewostanu, a w konsekwencji do całkowitego obumierania pewnych jego fragmentów (fot. 16 i 17). W przypadku zbiornika nr 9, zwłaszcza podczas obniżenia poziomu wody, wyrastają z jego dna jedynie



Fot. 16. Podtopiony fragment obumarłego lasu w zbiorniku nr 8 w Zabrze-Makoszowach (fot. R. MACHOWSKI, 2007)

Photo 16. Flooded fragment of dead forest in reservoir No. 8 in Zabrze-Makoszowy (photo by R. MACHOWSKI, 2007)



Fot. 17. Wpływ osiadań na podtapianie zalesionych terenów w okolicy zbiornika nr 8 w Zabrze-Makoszowach (fot. R. MACHOWSKI, 2003)

Photo 17. Influence of subsiding on the flooding of forested terrains in the neighbourhood of reservoir No. 8 in Zabrze-Makoszowy (photo by R. MACHOWSKI, 2003)

krótkie fragmenty pni drzew (fot. 1), które świadczą o tym, że tereny te przed zalaniem pokrywał las. Dookoła zbiornika nadal występuje las mieszany, a w składzie gatunkowym dominują: sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris*), brzoza brodawkowata (*Betula pendula*) i dąb szypułkowy (*Quercus robur*). Wymienione drzewa, jak również pozostałe pospolite gatunki wchodzące w skład drzewostanu, mają antropogeniczny charakter. Jednak tego typu zbiorniki wodne występujące na obszarach leśnych odznaczają się dość dużymi możliwościami renaturalizacyjnymi. Jak podają B. TOKARSKA-GUZIŁ i A. ROSTAŃSKI (1996), właśnie takie zbiorniki podlegają spontanicznej naturalizacji, stwarzając dogodne miejsce dla bytowania rzadkich i chronionych roślin. Na północnym brzegu opisywanego zbiornika stwierdzono kwitnące okazy kosańca żółtego (*Iris pseudacorus* L.), które występują w niewielkich skupieniach (fot. 18).

W obrębie zbiorników wodnych w niekach osiadania na Wyżynie Katowickiej występują także rzadkie gatunki roślin naczyniowych, zarówno w skali lokalnej, jak i regionalnej (HOLAK i in., 1996; TOKARSKA-GUZIŁ, ROSTAŃSKI, 1996). K. JĘDRZEJKO (1987) do interesujących zbiorowisk zalicza przede wszystkim formacje tworzone przez jeżogłówki (*Sparganium erectum*, *S. minimum*, *S. emersum*) oraz okrzężnicę (*Hottonia palustris*). Zaobserwowano także (HOLAK i in., 1996) kilka gatunków podlegających ścisłej ochronie, jak: skrzyp olbrzymi (*Equisetum telemateia*), grzybień biały (*Nymphaea alba* L.) i grąźel żółty (*Numphar luteum* L.).



Fot. 18. Stanowisko kwitnących okazów kosańca żółtego na północnym brzegu zbiornika nr 9 w Zabrze-Makoszowach (fot. R. MACHOWSKI, 2004)

Photo 18. Site of blooming individuals of yellow Iris at northern shore of reservoir No. 9 in Zabrze-Makoszowoy (photo by R. MACHOWSKI, 2004)

Natomiast spośród gatunków rzadkich na Wyżynie Śląskiej, w zbiornikach w nieckach osiadania, spotkać można między innymi: żabiściek pływający (*Hydrocharis morsus-ranae* L.), łączeń baldaszkowaty (*Butomus umbellatus* L.), rzęsę garbatą (*Lemna gibba* L.) oraz czermień błotną (*Calla palustris* L.) (HOLAK i in., 1996). Ponadto według B. TOKARSKIEJ-GUZIŁ i A. ROSTAŃSKIEGO (1996), na podmokłych obszarach przylegających do tego typu zbiorników wodnych pojawiają się niewielkie płyty roślinności bagiennej i torfowiskowej z dominującym udziałem wełnianki wąskolistnej (*Eriophorum angustifolium*).

Zbiorniki w nieckach osiadania, a zwłaszcza te obiekty, które retencjonują czystą wodę, stanowią dogodne miejsce bytowania i rozrodu wielu gatunków zwierząt. Tym bardziej są one cennymi obiektami, zwłaszcza na opisywanych terenach Wyżyny Katowickiej, która pozbawiona jest naturalnych środowisk wodnych (STRZELEC, SERAFIŃSKI, 2004). W tego typu zbiornikach występuje liczna populacja bezkręgowców, wśród której wyróżniono 18 gatunków ślimaków. Poszczególne akweny na ogół zasiedla od 1 do 9 gatunków, a najczęściej spotyka się 1 lub 2 gatunki. Także zagęszczenie ślimaków nie jest zbyt wielkie, zwykle nie przekracza 50 osobników/m². Wyjątek stanowi masowe pojawianie się nowozytki nowozelandzkiej (*Potamopyrgus antipodarum*), gatunku obcego dla terenów Polski, przywleczonego z Nowej Zelandii, który dość skutecznie wypiera rodzime gatunki malakofauny (SERAFIŃSKI, STRZELEC, 1995). Jak podaje I. LEWIN (2003),

na jednym liście manny mielec może żyć nawet do 1 000 osobników. Zbiorniki wodne w nieckach osiadania są miejscem występowania zagrożonych i znajdujących się na czerwonej liście mięczaków Górnego Śląska kilku gatunków ślimaków oraz małży (LEWIN, 2003). Ponadto na terenach utożsamianych z Wyżyną Katowicką stwierdzono występowanie 9 gatunków pijawek, spośród 22 gatunków obecnych w wodach Polski. Dominującą rolę odgrywa *Helobdella stagnalis* L., która stanowi nieco ponad 80% liczebności spotykanych osobników. Dosyć często występuje także *Erpobdella octoculata* L., która jednak jest znacznie mniej liczna. Oba wymienione gatunki pijawek są dosyć odporne na zanieczyszczenia wody. Znacznie rzadziej w tej grupie antropogenicznych zbiorników wodnych odnaleźć można pozostałe 7 gatunków pijawek, które odznaczają się wyższymi wymaganiami (STAŃKO, STRZELEC, 1992).

Na terenach Wyżyny Katowickiej, w zbiornikach wodnych w nieckach osiadania, występuje większość krajowych przedstawicieli płazów, jak również w ich otoczeniu często spotykane są gady (TOKARSKA-GUZIĆ, 1997). Właśnie tego typu środowiska wodne stanowią cenne stanowiska rozrodu płazów. Do tej grupy zbiorników wodnych zaliczono także akwen nr 9 położony w Zabrze-Makoszowach. Na opisywanym terenie stwierdzono 12 gatunków płazów nizinnych spośród 14 występujących w Polsce (MATUSIAK, WOJTCZAK, 2007). Do najpowszechniejszych przedstawicieli płazów należą: żaba trawna, wodna i jeziorkowa oraz ropucha szara i traszka zwyczajna. Dość powszechnie opisywane geosystemy zamieszkują także żaby moczarowe i ropuchy zielone. Stosunkowo liczna jest również populacja grzebiuszki ziemnej, przy czym gatunek ten zamieszkuje tereny pól i łąk sąsiadujących ze zbiornikami wodnymi. Znacznie rzadziej tego typu środowiska wodne zamieszkiwane są przez rzekotki drzewne i kumaki nizinne. Podobnie jest też w przypadku traszki grzebieniastej, która ze względu na swe przystosowania życiowe jest trudna do wykrycia (CEMPULIK i in., 2004). Natomiast do najrzadziej występujących gatunków obecnych w wodach zbiorników w nieckach osiadania należą żaba śmieszka oraz traszka górską (MATUSIAK, WOJTCZAK, 2007). Natomiast spośród gadów najpowszechniej spotykane są jaszczurka zwinka, a także wąż zaskroniec.

Wody stojące Wyżyny Katowickiej, do których zaliczane są także zbiorniki wodne w nieckach osiadania, stanowią miejsce występowania wielu gatunków ryb. Opisywane zbiorniki odznaczają się dogodnymi warunkami rozrodu ryby; szczególnie sprzyja temu roślinność porastająca płytką strefę litoralną. Z uwagi na dość znaczną żyzność retencjonowanych wód oraz występujące braki tlenu dominującymi gatunkami są ryby, które charakteryzują się niewielkimi wymaganiami tlenowymi. Zarówno zbiorniki w Zabrze, jak i te położone w Zespole Przyrodniczo-Krajobrazowym „Żabie Doły” użytkowane są wędkarsko. Akweny te umieszczone zostały w *Wykazie łowisk...* (2008) oraz na *Mapie wędkarskiej...* (2003). Ich planowe zarybienia prowadzi koła wędkarskie Polskiego Związku Wędkarskiego Okręgu Katowice. Dość powszechnie występują w nich takie gatunki ryb, jak: karaś złocisty (*Carassius auratus*) i srebrzysty (*Carassius gibelio*), lin (*Tinca tinca*),

karp (*Cyprinus carpio*), leszcz (*Abramis brama*), płoć (*Rutilus rutilus*), wzdreğa (*Scardinius erythrophthalmus*) i okoń (*Perca fluviatilis*), oraz nieco rzadziej łowione: szczupak (*Esox lucius*), sandacz (*Lucioperca lucioperca*) i jaź (*Leuciscus idus*). Należy jednak zaznaczyć, że wymienione gatunki nie osiągnęły zbyt dużych rozmiarów. Zbiorniki położone w Sosnowcu także wykorzystywane są przez wędkarzy, jednak akweny te nie są administrowane przez Polski Związek Wędkarski. Skład gatunkowy występujących w nich ryb jest o wiele uboższy, a ich pochodzenie w dużej mierze ma charakter naturalny, związany z przypadkowym przeniesieniem ikry przez ptactwo wodne lub też sporadyczne wpuszczanie ryb przez samych wędkarzy. W zbiornikach tych występuje zjawisko karłowacenia, które odnosi się szczególnie do obu gatunków karasi. Ryby te nie osiągnęły dużych rozmiarów; obserwuje się zahamowanie ich wzrostu przy jednoczesnym wygrzbiecieniu, co sprawia, że ryby przybierają kształt okrągły. Ponadto wymienione zbiorniki zasiedlają inne gatunki spokojnego żeru, jak: płocie i wzdregi, oraz ryby drapieżne reprezentowane przez okonie i szczupaki.

Powierzchnie wodne stanowią doskonałe miejsce do gniazdowania oraz lęgu ptaków wodno-błotnych. Dotyczy to szczególnie opisywanych zbiorników wodnych, które odznaczają się występowaniem dużych powierzchni w strefie brzegowej, zajętych przez roślinność wysoką i zielną. Do bardzo cennych pod tym względem terenów zalicza się zbiorniki wodne położone w centralnej części Wyżyny Katowickiej. Jak już wcześniej zaznaczono, na tego typu unikatowych pod względem przyrodniczym i krajobrazowym obszarach ustanawia się prawne formy ochrony przyrody. Z tych też względów utworzono Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy „Żabie Doły” (BETLEJA, CEMPULIK, 1992; KOMPALA i in., 2004), obejmujący zarówno zbiorniki w nieckach osiadania, jak i przyległe do nich tereny. Jednak nawet celowe zabiegi służące ochronie tych geosystemów nie zapobiegają bezmyślnym działaniom, które prowadzą do ich niszczenia. Najpowszechniejszym przejawem takiej działalności jest niekontrolowane wypalanie traw i trzcinowisk, które rozprzestrzenia się na tereny przyległe. Tego typu sytuacja miała miejsce wiosną 2004 r. w obrębie opisywanego kompleksu „Żabich Dołów” (fot. 19); w rezultacie doszczętnie zniszczone zostały miejsca gniazdowania wielu gatunków ptaków.

Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy „Żabie Doły” to jeden z najcenniejszych terenów na Wyżynie Katowickiej, na którym obserwuje się liczną populację ptaków wodno-błotnych. W trakcie opracowywania dokumentacji projektowanego zespołu przyrodniczo-krajobrazowego stwierdzono występowanie na tym terenie łącznie 121 gatunków ptaków, z czego 68 zaklasyfikowano do lęgowych, wśród których kilka zalicza się do rzadkich (np.: pójdzka, remiz, kokoszka wodna i kszyk). Gniazdujące na tych terenach i jednocześnie narażone na wyginięcie są następujące gatunki: bąk i rozeniec, które wymieniane są w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt (GŁOWACIŃSKI, 1992). Stwierdzono także występowanie ptaków drapieżnych, których obecność na tych terenach świadczy o bogatej i różnicowa-

nej faunie (BETLEJA, CEMPULIK, 1992). Także pozostałe zbiorniki wodne stanowią dosyć dobre miejsce dla bytowania i lęgu ptaków wodno-błotnych. Dość powszechnie spotykane są łabędzie nieme, które każdego roku wyprowadzają lęgi.



Fot. 19. Zniszczone na skutek wypalania miejsca lęgowe ptaków w obrębie Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego „Żabie Doły” (fot. R. MACHOWSKI, 2004)

Photo 19. Bird breeding sites disturbed in result of burning within the Natural-Landscape Complex „Żabie Doły” (“Frog pits”) (photo by R. MACHOWSKI, 2004)

Zbiorniki wodne w nieckach osiadania przyczyniają się do powstawania wielu siedlisk oraz mikrosiedlisk, które oddziałują na bioróżnorodność oraz bogactwo gatunkowe roślin i zwierząt. Wynika to z faktu, że zbiorniki tego typu cechuje duża zmienność zarówno pod względem liczebności, jak i powierzchni (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 1996). Szczególnie dynamiczne zmiany powierzchni zachodzą w zbiorniku nr 10. W listopadzie 2003 r. jego powierzchnia była największa. Przez kolejnych kilka miesięcy poziom wody utrzymywał się na względnie podobnej wysokości. Dopiero w okresie lata nastąpił dość znaczny ubytek wody, a z uwagi na płaskie ukształtowanie misy tego zbiornika doszło do odsłonięcia dużych powierzchni jego dna. Dynamiczne zmiany poziomu wody w tym zbiorniku stwarzają dogodne warunki sukcesji roślinności na wolne od wody i żyzne podłoże. W zależności od intensywności zmian poziomu wody następuje szybsze bądź też wolniejsze wkraczanie roślinności. Jednak w ostateczności misa opisywanego zbiornika w całości została zajęta przez wilgociolubną roślinność. W październiku 2005 r. o tym, że jeszcze nie tak dawno funkcjonował tu zbiornik wodny świadczyła już tylko podmokłość terenu. Zatem nie ulega wątpliwości, że pojawianie się zbiorników wodnych w nieckach osiadania na obszarze Wyżyny Katowickiej wpływa

na lokalny obieg wody. Modyfikacji podlegają poszczególne jego składowe, następuje bowiem widoczny wzrost powierzchni wodnej, co przekłada się na zwiększone parowanie. Tylko w przypadku zbiornika nr 10 w ciągu dwóch — trzech letnich miesięcy mogło przedostać się do atmosfery kilkanaście tysięcy metrów sześciennych wody. Natomiast zbiorniki wodne powstające w obrębie dolin rzecznych przyczyniają się do spowolnienia odpływu wody z opisywanego obszaru, a tym samym następuje dłuższe jej zatrzymanie na tych terenach. Jednocześnie powstałe rozlewiska zwiększają powierzchnię zajętą przez wodę, z której to z kolei następuje zwiększone parowanie przyczyniające się do modyfikacji obiegu wody na tym terenie. Poza czysto hydrologicznym znaczeniem powstałe rozlewiska rzeczne stanowią swego rodzaju naturalne oczyszczalnie hydrobiologiczne, jak w przypadku opisywanego zbiornika nr 2 w dolinie Bobrka. Można zatem stwierdzić, że duża liczba zbiorników wodnych w nieckach osiadania na obszarze Wyżyny Katowickiej przyczynia się do zwiększenia tzw. małej retencji, programu ukierunkowanych działań, który lansowany jest szczególnie w okresie ostatnich kilkunastu lat (np.: CZAMARA i in., 1993; RYSZKOWSKI, KĘDZIORA, 1996; ŻMUDA i in., 1997).

Opisywane zbiorniki to doskonałe obiekty, w obrębie których można prześledzić wiele procesów biocenotycznych, począwszy od środowiska abiotycznego, przez naturalną, pierwotną sukcesję roślinności, a w ślad za tym migracje wielu gatunków zwierząt, po ustalenie się ubogiej, ale trwałej biocenozy (STRZELEC, 1995). Pożądane jest utrzymanie opisywanych zbiorników zwłaszcza na antropogenicznie przekształconych terenach Wyżyny Katowickiej (RAHMONOV i in., 2006).

Podsumowanie

Grupa zbiorników wodnych wypełniających niecki osiadania bezsprzecznie jest wynikiem interakcji między człowiekiem a środowiskiem. Niewątpliwie są one niezamierzonym efektem gospodarczej działalności prowadzonej na Wyżynie Katowickiej. Powstawały, tworzą się i nadal będą się pojawiać niezależnie od człowieka (JANKOWSKI i in., 2001). Przestrzenna i czasowa zmienność występowania zbiorników bezpośrednio wynika z intensywności procesu osiadania, a złożoność czynników geologiczno-górnicznych na opisywanym terenie sprawia, że deformacje terenu wywołane wglębnym górnictwem ujawniają się zarówno w trakcie eksploatacji surowców mineralnych, jak i po jej zaprzestaniu. Obserwowana jeszcze nie tak dawno tendencja do zamykania kopalń jedynie w niewielkim stopniu wpłynie na zahamowanie tempa powstawania zbiorników, gdyż osiadania mogą ujawniać się nawet po kilkudziesięciu latach od zaprzestania wydobywania. Dopiero po całkowitym ustabilizowaniu górotworu proces formowania się zbiorników zostanie zakończony. Geosystemy zbiorników wodnych w nieckach osiadania są elementem krajobrazu, który odznacza się dużą dynamiką zmian zarówno pod względem liczebności, jak i powierzchni (tabela 17).

Zbiorniki w nieckach osiadania zazwyczaj swym kształtem nawiązują do powstającej niecki osiadania, a układ linii brzegowej przyjmuje kształt owalny. Jednak ze względu na obecność licznych barier terenowych (np. nasypy kolejowe i drogowe) oraz ingerencję człowieka w nowo powstające zbiorniki, a zwłaszcza obiekty, które funkcjonują w środowisku już od jakiegoś czasu, ich wygląd w dużej mierze zostaje zmodyfikowany. Na obszarze Wyżyny Katowickiej dominują zbiorniki bardzo małe i małe, ich zasięg bowiem w istotny sposób jest stale ograniczany. Ogromną ich większość cechuje powierzchnia jednostkowa, która nie przekracza 10 ha, a tylko nieliczne obiekty odznaczają się większym arealem. Podobnie jest w przypadku ich głębokości, które są niewielkie i zazwyczaj kształtują się na poziomie 2–3 m, dużo rzadziej osiągając w najgłębszych miejscach większe wartości.

Tabela 17. Zmiany powierzchni opisywanych zbiorników w okresie od 1960 r. do 2006 r.**Table 17.** Changes in area of described reservoirs in the period from 1960 till 2006 year

Numer zbiornika	Powierzchnia [ha]				
	1960	1975	1983	1994	2006
1	—	—	0,44	0,64	0,64
2	2,63	—	3,08	2,72	2,30
3	—	—	—	1,05	0,34
4	5,00	—	0,67	1,39	1,27
5	1,38	2,31	2,78	2,26	2,26
6	3,31	7,06	8,82	11,02	11,02
7	0,44	1,56	2,63	2,62	2,47
8	—	—	—	1,27	1,43
9	—	—	0,55	2,43	2,43
10	1,19	5,75	4,66	2,54	0,69

Niewielka powierzchnia i pojemność opisywanych zbiorników wodnych w dużej mierze wywierają wpływ na ograniczenie rozwoju procesów brzegowych. Zachodzą wprawdzie różnego rodzaju zmiany w morfologii strefy brzegowej, ale powstające formy mają o wiele częściej charakter akumulacyjny niż abrazyjny. Jednocześnie ich liczba jest niewielka i mało zróżnicowana. Wśród naturalnych czynników modelujących brzegi tych zbiorników największe znaczenie odgrywa falowanie wiatrowe, jednak to działalność człowieka powoduje najbardziej widoczne zmiany w ich morfologii. W opisywanych akwenach dominują brzegi płaskie, które prawie zawsze porasta roślinność; są one jednocześnie brzegami naturalnymi. Duży udział przypada także na brzegi antropogeniczne, ukształtowane przez człowieka, które są zarazem brzegami wysokimi. W obrębie analizowanych zbiorników wodnych w nieckach osiadania nie stwierdzono naturalnych brzegów wysokich, jak również pozbawione są one antropogenicznych brzegów płaskich.

Geosystemy zbiorników wodnych w nieckach osiadania Wyżyny Katowickiej odznaczają się bardzo dużym zanieczyszczeniem osadów dennych metalami ciężkimi. Z pięciu analizowanych pierwiastków zwłaszcza cynk, ołów i kadm wielokrotnie przekraczały poziom przyjętego tła geochemicznego (KABATA-PENDIAS, PENDIAS, 1993). Dotyczy to głównie zbiorników położonych na terenie Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego „Żabie Doły”. Spośród nich wymienić należy akwen nr 6, w przypadku którego maksymalna ilość cynku wynosiła 5 404,43 mg/kg, średnia koncentracja ołowiu ukształtowała się na poziomie 1 335,43 mg/kg, a kadm był obecny w ilości 41,68 mg/kg. W kilku zbiornikach także ponadnormatywna zawartość miedzi wskazywała na skażenie osadów dennych. Zjawisko to odnosi

się również do wielu innych sztucznych zbiorników wodnych z obszaru Wyżyny Katowickiej (RZĘTAŁA, 2003). Potwierdza to tym samym zróżnicowany wpływ antropopresji, który decyduje o stopniu zanieczyszczenia osadów dennych. Z tych też względów to właśnie osady denne świadczą o ekologicznych zmianach, jakie zachodzą w otoczeniu opisywanych zbiorników jako geosystemach.

Funkcjonowanie zbiorników wodnych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej w warunkach zróżnicowanej antropopresji decyduje także o odmiennych właściwościach fizykochemicznych retencjonowanych wód. Jednak dla większości z nich znamienne jest zanieczyszczenie zwłaszcza związkami biogenymi (fosforany i azotany) odpowiedzialnymi za eutrofizację tych geosystemów. W zbiornikach nr 1 i 2 w okresie 2003—2005 kilkakrotnie stwierdzono obecność fosforanów na poziomie przekraczającym $1 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, a w przypadku akwenu nr 5 ich stężenia były większe od $2 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, z maksimum wynoszącym $2,444 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. W opisywanych zbiornikach występowały także bardzo duże ilości azotanów, często przekraczające $100 \text{ mg NO}_3^-/\text{dm}^3$. Związki te w takich ilościach były charakterystyczne zwłaszcza dla akwenów nr 3, 4, 6 i 8. Natomiast absolutne maksima odnosiły się do zbiornika nr 2 usytuowanego w Sosnowcu, w którym azotany sporadycznie obecne były na poziomie $340 \text{ mg NO}_3^-/\text{dm}^3$. Duże ilości biopierwiastków w opisywanych geosystemach powodują systematyczny wzrost żyzności wód, potęgujący produkcję biologiczną w postaci intensywnego przyrostu biomasy glonów. Do niekorzystnych przejawów eutrofizacji zalicza się także: zmniejszenie przezroczystości wody, przetlenienie powierzchniowych warstw wody przy jednoczesnym braku tlenu przy dnie, a tym samym zagrożenie życia organizmów tlenowych, pogorszenie warunków świetlnych, wyraźny wzrost odczynu wody oraz intensywne zarastanie zbiorników. O degradacji większości charakteryzowanych geosystemów zbiorników świadczy również wysoki stopień zasolenia wód oraz obecność w nich metali ciężkich. Zwłaszcza chlorki występowały w ponadnaturalnych ilościach, co dotyczy głównie zbiorników: nr 2, 3, 4, 6 i 8 (rys. 41), w których na ogół ich ilość przekraczała $200 \text{ mg Cl}^-/\text{dm}^3$. Związki te dość często osiągały poziom $1000 \text{ mg Cl}^-/\text{dm}^3$, a absolutne maksimum dotyczy zbiornika nr 8, w którym pomierzono chlorki w ilości $1580 \text{ mg Cl}^-/\text{dm}^3$. Podobnie przedstawia się sytuacja w przypadku siarczanów, które w największych ilościach występowały w zbiorniku nr 5, z maksimum wynoszącym $1450 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. Z tych też względów wymienione parametry zwykle zaliczane były do najniższych klas jakościowych wód powierzchniowych (Rozporządzenie..., 2004), a notowane stężenia metali ciężkich, takich jak cynk, przekraczały wartości graniczne wskaźników jakości wód odnoszące się do dobrego i wyższego niż dobry stanu ekologicznego wód powierzchniowych (Rozporządzenie..., 2008). Jednak zły stan jakościowy wód nie jest charakterystyczny dla wszystkich opisywanych zbiorników. Akwenu, które poddane są umiarkowanym wpływom antropopresji, mają wody względnie dobrej jakości, chociaż także i w tych przypadkach następuje okresowe pogarszanie parametrów fizykochemicznych.

Zbiorniki wodne w nieckach osiadania w istotny sposób modyfikują lokalny obieg wody. Bez wątplenia są to obiekty hydrograficzne stanowiące nowe ogniwo, dzięki któremu następują zmiany kierunków migracji wody na obszarze Wyżyny Katowickiej.

Ujawniające się na powierzchni terenu procesy osiadania z jednej strony generują wymierne szkody materialne, ale z drugiej strony opisywane zbiorniki, zwłaszcza na zdegradowanych częściach Wyżyny Katowickiej, mogą wpłynąć na poprawę estetyki krajobrazu tych terenów. Zbiorniki wodne wraz z najbliższym otoczeniem spełniają również ważne funkcje przyrodnicze, stanowiąc siedlisko bytowania i rozrodu wielu gatunków zwierząt, a także przyczyniają się do zwiększenia różnorodności biologicznej. Tym bardziej, że tę genetyczną grupę antropogenicznych zbiorników wodnych według A.T. JANKOWSKIEGO i in. (2001) cechują w pełni ukształtowane powiązania z poszczególnymi komponentami środowiska przyrodniczego i to już od początku formowania misy, a zachodzące procesy mają charakter *quasi-naturalny*.

Zbiorniki w nieckach osiadania traktowane są jako szkody górnicze i w myśl przepisów prawnych powinny być rekultywowane do przywrócenia stanu poprzedzającego ich powstanie. Jednak liczne badania dowodzą, że w wielu przypadkach najlepsze efekty daje rekultywacja prowadzona przede wszystkim w kierunku wodnym. Finalnym efektem takich działań jest całkowite unaturalnienie opisywanych zbiorników, które ostatecznie mogą spełniać podobne funkcje, jak naturalne jeziora. Na obszarze Wyżyny Katowickiej, w nieckach osiadania, występuje wiele zbiorników, które pozostawione same sobie podlegały spontanicznej regeneracji i obecnie stanowią cenny element krajobrazu tych terenów. Powinno się dążyć do zachowania takich zbiorników, a także odtwarzania kolejnych biotopów wodno-błotnych na poeksploatacyjnych terenach tej Wyżyny.

Literatura

- ABSALON D., JANKOWSKI A.T., LEŚNIOK M., 2001: *Komentarz do mapy hydrograficznej w skali 1 : 50 000. Arkusz M-34-63-A, Katowice*. Poznań, Główny Geodeta Kraju, GEOPOL.
- ABSALON D., JANKOWSKI A.T., LEŚNIOK M., WIKI S., 1995a: *Komentarz do mapy sozologicznej w skali 1 : 50 000, ark. M-34-50-D, Bytom*. Poznań, Główny Geodeta Kraju, GEOPOL.
- ABSALON D., JANKOWSKI A.T., LEŚNIOK M., WIKI S., 1995b: *Komentarz do mapy sozologicznej w skali 1 : 50 000, ark. M-34-51-C, Siewierz*. Poznań, Główny Geodeta Kraju, GEOPOL.
- ABSALON D., JANKOWSKI A.T., LEŚNIOK M., WIKI S., 1995c: *Komentarz do mapy sozologicznej w skali 1 : 50 000, ark. M-34-62-A, Gliwice*. Poznań, Główny Geodeta Kraju, GEOPOL.
- ABSALON D., JANKOWSKI A.T., LEŚNIOK M., WIKI S., 1995d: *Komentarz do mapy sozologicznej w skali 1 : 50 000, ark. M-34-62-B, Zabrze*. Poznań, Główny Geodeta Kraju, GEOPOL.
- ABSALON D., JANKOWSKI A.T., LEŚNIOK M., WIKI S., 1995e: *Komentarz do mapy sozologicznej w skali 1 : 50 000, ark. M-34-62-D, Tychy*. Poznań, Główny Geodeta Kraju, GEOPOL.
- ABSALON D., JANKOWSKI A.T., LEŚNIOK M., WIKI S., 1995f: *Komentarz do mapy sozologicznej w skali 1 : 50 000, ark. M-34-63-A, Katowice*. Poznań, Główny Geodeta Kraju, GEOPOL.
- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E., 1987: *Ocena naturalnej podatności jezior na degradację i rola zlewni w tym procesie*. „Wiadomości Ekologiczne” T. 33, z. 3, s. 279—289.
- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E., 2002: *Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych*. Warszawa, Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, 274 s.
- BETLEJA J., 1993: „*Żabie Doły*” — przykład ochrony struktur przyrodniczych w środowiskach silnie skażonych. W: *Dziedzictwo przyrody terenów zanieczyszczonych. Materiały seminarium. Gliwice, 13—15 maja 1993*. Katowice, Polski Klub Ekologiczny Okręg Górnośląski, s. 27—29.

- BETLEJA J., CEMPULIK P., 1992: *Dokumentacja projektowanego Zespołu przyrodniczo-krajobrazowego „Żabie Doły”*. Część 1. Wrocław, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Przyrody „Pro Natura” [maszynopis], 15 s.
- „Biuletyn Państwowej Służby Meteorologicznej” 2003—2005. Warszawa, IMiGW.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1998: *Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych*. „Przegląd Geologiczny” vol. 46, nr 1, s. 49—54.
- BOROWIAK D., 1993: *Pochodzenie i morfometria niecek jeziornych*. W: *Metody badań fizyczno-limnologicznych*. Red. W. LANGE. Gdańsk, Uniwersytet Gdański, s. 20—29.
- BORÓWKA R.K., 2007: *Geochemiczne badania osadów jeziornych strefy umiarkowanej*. W: „*Studia Limnologica et Telmatologica*”. Vol. 1. No. 1. Toruń, PTLim., s. 33—42.
- BUCZKOWSKI R., KONDIŹLSKI I., SZYMAŃSKI T., 2002: *Metody remediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi*. Toruń, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, 110 s.
- BUGAJ A., 1997: *Oddziaływanie podziemnej eksploatacji węgla na kształtowanie środowiska geograficznego na obszarze pola górniczego KWK „Kazimierz-Juliusz”*. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi UŚ [maszynopis pracy magisterskiej], 110 s.
- BUKOWY S., 1974: *Monoklina śląsko-krakowska i zapadlisko górnośląskie*. W: *Budowa geologiczna Polski*. T. 4. Cz. 1. Red. W. POŻARYSKI. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne, s. 363—375.
- BURCHARD J., HEREŹNIAK-CIOTOWA U., KACA W., 1990: *Metody badań i ocena jakości wód powierzchniowych i podziemnych*. Łódź, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 250 s.
- CABAŁA S., 1990: *Zróżnicowanie i rozmieszczenie zbiorowisk leśnych na Wyżynie Śląskiej*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 144 s.
- CABAŁA S., WIKA S., WILCZEK Z., 1999: *Zbiorowiska leśne województwa*. W: *Lasy województwa śląskiego wczoraj — dziś — jutro*. Krzeszowice, Wydawnictwo Kubajak, 152 s.
- CELIŃSKI F., SZCZYPEK T., WIKA S., 1991: *Zmiany środowiska geograficznego w warunkach silnej antropopresji (wybrane zagadnienia)*. Część 3: *Waloryzacja szaty leśnej województwa katowickiego na tle przeobrażeń niektórych elementów środowiska geograficznego*. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi UŚ, Fundacja Ekologiczna „SILESIA”, 43 s.
- CEMPULIK P., DOBOSZ R., KASPEREK-CEMPULIK J., PISZCZEK M., SOŁTYSIAK M., 2000: *Ścieżka dydaktyczna po zespole przyrodniczo-krajobrazowym Żabie Doły*. W: „*Przyrodnicze Ścieżki Województwa Śląskiego*”. Nr 8. Sosnowiec, Wyd. Progres, 48 s.
- CEMPULIK P., GÓRA J., OCHMANN A., SKOWROŃSKA K., SOCHACKA M., WOJTCZAK J., 2004: *Płazy. Cenne miejsca rozrodu w województwie śląskim*. Wrocław—Bytom, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Przyrody „Pro Natura”, 96 s.
- Charakterystyka klimatologiczna województwa katowickiego*. 1992. Katowice, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział w Katowicach [maszynopis].
- CHELCHOWSKI W., WISZNIEWSKI W., 1987: *Regiony klimatyczne Polski*. W: *Atlas hydrologiczny Polski*. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne.
- CHELMICKI W., 2001: *Woda. Zasoby, degradacja, ochrona*. Warszawa, PWN, 306 s.
- CHMIEL S., MICHALCZYK Z., TURCZYŃSKI M., 2002: *Hydrological changes of waters in reservoirs formed and a result of mining deformations*. „*Limnological Review*” vol. 2 (2002), s. 57—62.

- CHOIŃSKI A., 1995: *Zarys limnologii fizycznej Polski*. Poznań, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, 298 s.
- CHOIŃSKI A., 2000: *Jeziora kuli ziemskiej*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 204 s.
- CHOIŃSKI A., 2007a: *Sztuczne zbiorniki w Polsce na południe od linii zasięgu zlodowacenia bałtyckiego*. W: *Badania hydrograficzne w poznawaniu środowiska*. Red. Z. MICHALCZYK. T. 8: *Obieg wody w środowisku naturalnym i przekształconym*. Lublin, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, s. 149—156.
- CHOIŃSKI A., 2007b: *Limnologia fizyczna Polski*. Poznań, Wydawnictwo Naukowe UAM, 547 s.
- CHOIŃSKI A., GRZEBISZ W., SKOWRON R., 1999: *Chemizm osadów dennych jeziora Hańcza*. W: *Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior*. Red. A. CHOIŃSKI, J. JAŃCZAK. Warszawa, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział w Poznaniu, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej IGF, s. 27—33.
- CIEŚLIŃSKI R., MACHOWSKI R., RUMAN M., 2009: *Charakterystyka fizykochemiczna wód rozlewiska Bobrka w strefie górniczych osiadań terenu (Wyżyna Śląska)*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. T. 40. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 19—28.
- CYBERSKA B., 1984: *Oddziaływanie zbiorników retencyjnych na reżim termiczny rzek*. „Czasopismo Geograficzne” T. 55, z. 3, s. 345—354.
- CZAJA S., 1988: *Zmiany działu wodnego Wisła — Odra w obrębie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 11. Red. J. TREMBACZOWSKI. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 95—100.
- CZAJA S., 1994: *Zmiany zagospodarowania przestrzennego i powierzchniowej sieci hydrograficznej na obszarze miasta Sosnowca w latach 1783—1985*. W: „Rocznik Sosnowiecki”. Red. A.T. JANKOWSKI. Sosnowiec, Urząd Miejski, s. 88—84.
- CZAJA S., 1995: *Zmiany użytkowania ziemi i powierzchniowej sieci hydrograficznej na obszarze miasta Katowice w latach 1801—1985*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 19. Red. T. SZCZYPEK. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 7—23.
- CZAJA S., 1997a: *Antropogeniczne przeobrażenia powierzchniowej sieci hydrograficznej w zlewni Rawy w latach 1801—1994*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. T. 24. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 12—18.
- CZAJA S., 1997b: *Anthropogene Umweltveränderungen im oberschlesischen Industriebiet (GOP). Untersuchungen am Beispiel der Stadt Swietichlowice*. „Geowissenschaften” [Berlin, Germany], 15, H. 12, s. 396—401.
- CZAJA S., 1999: *Zmiany stosunków wodnych w warunkach silnej antropopresji (na przykładzie konurbacji katowickiej)*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 192 s.
- CZAJA S., 2003: *Zbiorniki i pojezierza antropogeniczne*. W: *Człowiek i woda*. Red. T. SZCZYPEK, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, Polskie Towarzystwo Geograficzne Oddział Katowicki, s. 22—30.
- CZAJA S., DEGÓRSKA V., 1989: *Geneza i czasowe zmiany zbiorników wodnych w rejonie Radzionkowa i Bytomia*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 12. Red. T. SZCZYPEK. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 7—15.

- 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. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 9—29.
- CZAJA S., RZĘTAŁA M., 1999: *Zmiany użytkowania ziemi i powierzchniowej sieci hydrograficznej na obszarze miasta Chorzowa od końca XVIII wieku do czasów współczesnych*. W: „Zeszyty Chorzowskie”. Vol. 3 (1998). Red. Z. KAPALA. Chorzów, Muzeum w Chorzowie, s. 22—36.
- CZAMARA W., RADCZUK L., URBAŃSKI I., 1993: *Mała retencja w dorzeczu górnej i środkowej Odry*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu”. Nr 233: *Inżynieria środowiska*. 4. Wrocław, Akademia Rolnicza, s. 123—139.
- DERYŁO A., KOSTECKI M., KOWALCZYK D., SZILMAN P., 2002: *Planktonowa fauna skorupiakowa wybranych zbiorników zapadliskowych województwa śląskiego*. W: „Archiwum Ochrony Środowiska”. Vol. 28, no. 3. Wrocław—Warszawa—Kraków, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, s. 99—111.
- DERYŁO A., KOSTECKI M., NARLOCH L., SZILMAN P., 1998: *Badania hydrobiologiczne rzeki Bobrek (woj. katowickie). Część 1: Charakterystyka hydrochemiczna rzeki Bobrek*. W: „Archiwum Ochrony Środowiska”. Vol. 24, no. 4. Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańsk—Łódź, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wydawnictwo PAN, s. 119—130.
- DERYŁO A., KOSTECKI M., NARLOCH L., SZILMAN P., 1999: *Badania hydrobiologiczne rzeki Bobrek (woj. katowickie). Część 2: Organizmy mikrobentosu na tle wskaźników hydrochemicznych*. W: „Archiwum Ochrony Środowiska”. Vol. 25, no. 1. Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańsk—Łódź, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wydawnictwo PAN, s. 109—116.
- DOBOSZ R., HOLEKSA K., LIS J.A., KLYS G., 1993: *Dokumentacja projektowanego Zespołu przyrodniczo-krajobrazowego „Zabie Doły”*. Część 2. Wrocław, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Przyrody „Pro Natura” [maszynopis], 52 s.
- DOJLIDO J., 1987: *Chemia wody*. Warszawa, Wydawnictwo Arkady, 352 s.
- DOJLIDO J., 1995: *Chemia wód powierzchniowych*. Białystok, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, 344 s.
- DOJLIDO J., ZERBE J., 1997: *Instrumentalne metody badania wody i ścieków*. Warszawa, Arkady, 274 s.
- DUKOWSKA M., 1999: *Wpływ zbiornika Jeziorsko na ochotkowate (Chironomidae, Diptera) i ich bazę pokarmową w Warcie poniżej piętrzenia*. Łódź, Uniwersytet Łódzki, 68 s.
- DULIAS R., HIBSZER A., 2004: *Województwo śląskie. Przyroda. Gospodarka. Dziedzictwo kulturowe*. Krzeszowice, Wydawnictwo Kubajak, 224 s.
- DULIAS R., RUDNICKA M., 2000: *Typy brzegów antropogenicznych zbiorników wodnych na obszarze między Sosnowcem, Katowicami i Mysłowicami*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. T. 30. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 7—14.
- DUŚ E., 2008a: *Rolnictwo*. W: *Województwo śląskie. Zarys geograficzno-ekonomiczny*. Red. M. TKOCZ. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi UŚ, s. 46—67.

- DUŚ E., 2008b: *Rolnictwo i leśnictwo na obszarze Górnośląskiego Związku Metropolitalnego*. W: *Górnośląski Związek Metropolitalny. Zarys geograficzny*. Red. R. DULIAS, A. HIBSZER. Sosnowiec, Polskie Towarzystwo Geograficzne Oddział Katowicki, s. 190—207.
- DWUCET K., KRAJEWSKI W., WACH J., 1992: *Rekultywacja i rewitalizacja środowiska przyrodniczego*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 152 s.
- DWUCET K., WACH J., 1994: *Obliczanie zmian powierzchni ziemi wywołanych wglębną eksploatacją górnictwem na przykładzie województwa katowickiego*. W: *Przewodnik do ćwiczeń z ochrony środowiska*. Red. A. DOMINIK. Katowice, Akademia Ekonomiczna im. K. Adamieckiego, s. 95—97.
- GILEWSKA S., 1972: *Wyżyny śląsko-malopolskie*. W: *Geomorfologia Polski*. T. 1: *Polska południowa. Góry i wyżyny*. Red. M. KLIMASZEWSKI. Warszawa, PWN, s. 232—339.
- GŁOC R., 1980: *Mapa hydrograficzna woj. katowickiego. 1 : 100 000*. Katowice, Urząd Wojewódzki w Katowicach, Wydział Ochrony Środowiska.
- GŁOWACIŃSKI Z., red., 1992: *Polska Czerwona Księga Zwierząt*. Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 452 s.
- GOŁĘBIEWSKI R., 1993: *Skład chemiczny wód jeziornych*. W: *Metody badań fizyczno-limnologicznych*. Red. W. LANGE. Gdańsk, Uniwersytet Gdański, s. 109—135.
- GOMÓLKA E., SZAYNOK A., 1997: *Chemia wody i powietrza*. Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 433 s.
- GREGORY S., 1976: *Metody statystyki w geografii*. Warszawa, PWN, 300 s.
- GROBELSKA H., 2006: *Ewolucja strefy brzegowej Zbiornika Pakoskiego (Pojezierze Gnieźnieńskie)*. W: „Prace Geograficzne”. Nr 205. Warszawa, Polska Akademia Nauk Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyńskiego, 122 s.
- GUTRY-KORYCKA M., WERNER-WIĘCKOWSKA H., red., 1996: *Przewodnik do hydrograficznych badań terenowych*. Warszawa, PWN, 275 s.
- HEBLIŃSKI J., BUDNY A., 2006: *100 lat kopalni „Makoszowy” — 1906—2006*. Kompania Węglowa, Oddział Kopalnia Węgla Kamiennego „Sośnica-Makoszowy”, 288 s.
- HERCZEK A., GORCZYCA J., 1997: *Świat zwierzęcy*. W: *Przyroda województwa katowickiego*. Red. K. ROSTAŃSKI. Krzeszowice, Wydawnictwo Kubajak, s. 43—67.
- HERMANOWICZ W., 1984: *Chemia sanitarna*. Warszawa, Wydawnictwo Arkady, 538 s.
- HERMANOWICZ W., DOJLIDO J., DOZAŃSKA W., KOZIOROWSKI B., ZERBE J., 1999: *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*. Warszawa, Arkady, 556 s.
- HOLAK E., KANIA E., WRONA A., 1996: *Rzadkie i chronione gatunki roślin naczyniowych w wybranych antropogenicznych zbiornikach wodnych położonych w obrębie Bytomia, Jaworzna, Czerwionki-Leszczyn, Zabrze i Knururowa*. W: *Gospodarka terenami zniszczonymi działalnością człowieka*. Red. C. ROSIK-DULEWSKA, J. GOŁUBOWICZ. Zabrze, Polska Akademia Nauk, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska, s. 147—150.
- HRYNIEWICZ R., PRZYBYLSKA G., 1993: *Zanieczyszczenie opadów atmosferycznych w Polsce*. W: *Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych*. Red. I. DYNOWSKA. Kraków, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Komitet Badań Naukowych, Instytut Geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego, s. 11—52.
- JACHNIAK E., 2006: *Glony — bioindykatory zanieczyszczenia ekosystemu wodnego*. „Aura” nr 12, s. 26—27.

- JAGUŚ A., MICHAŁEWICZ M., RZĘTAŁA M., 1995: Czynniki stymulujące rozwój procesów brzegowych popiaskowych zbiorników wodnych Wyżyny Śląskiej. W: XXIV Ogólnopolski Zjazd Studenckich Kół Naukowych Geografów. Streszczenia referatów. Wycieczka terenowa. Katowice, KK SKNG, SKNG UŚ, s. 42—45.
- JAGUŚ A., RAHMONOV O., RZĘTAŁA M., RZĘTAŁA M.A., 2004: *The essence of cultural landscape transformation in the neighbourhood of selected artificial water reservoirs in southern Poland*. In: *Cultural Landscape*. Eds. K. KIRCHNER, J. WOJTANOWICZ. Brno, Regiograph, s. 37—55.
- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M., 1996: *Antropogeniczne uwarunkowania wielkości splywu jonowego w zlewni Przemyszy*. W: *Z badań nad wpływem antropopresji na kształtowanie warunków hydrologicznych. Materiały konferencyjne*. Sosnowiec, SKNG UŚ, WNoZ UŚ, s. 51—57.
- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M., 1997: *Przestrzenne zróżnicowanie wielkości jednostkowego splywu jonów Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} ze zlewni Przemyszy w nawiązaniu do stopnia zagospodarowania jej powierzchni*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. T. 24. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 26—34.
- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M., 2000: *Zbiornik Poraj — charakterystyka fizyczno-geograficzna*. Sosnowiec, WNoZ UŚ, 82 s.
- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M., 2003: *Zbiornik Kozłowa Góra. Funkcjonowanie i ochrona na tle charakterystyki geograficznej i limnologicznej*. Warszawa, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Komisja Hydrologiczna, 156 s.
- 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*. T. 23. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 5—13.
- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M., 2008: *Znaczenie zbiorników wodnych w kształtowaniu krajobrazu (na przykładzie kaskady jezior Pogorii)*. Bielsko-Biała—Sosnowiec, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Nauk o Materiałach i Środowisku, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, 152 s.
- JANIA J., 1983: *Antropogeniczne zmiany rzeźby terenu wschodniej części Wyżyny Śląskiej*. W: *Teledetekcja w badaniach środowiska geograficznego. Dokumentacja teledetekcyjna*. Red. A.T. JANKOWSKI. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 69—91.
- JANIEC B., 1992: *Tło hydrogeochemiczne i hydrochemiczne w interpretacji zanieczyszczeń wód podziemnych*. W: *V Naukowa Konferencja nt. „Chemizm opadów atmosferycznych, wód powierzchniowych i podziemnych”*. Łódź, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, s. 37—38.
- JANIEC B., 1997: *Tło hydrochemiczne i/czy antropogeniczne zmiany jakości wód?* W: *X Jubileuszowa Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt. „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”*. Łódź, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, s. 23—27.
- JANKOWSKI A.T., 1986: *Antropogeniczne zmiany stosunków wodnych na obszarze uprzemysłowionym i urbanizowanym (na przykładzie Rybnickiego Okręgu Węglowego)*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 280 s.

- JANKOWSKI A.T., 1987: *Wpływ urbanizacji i uprzemysłowienia na zmianę stosunków wodnych w regionie śląskim w świetle dotychczasowych badań*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 10. Red. J. TREMBACZOWSKI. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 62—98.
- JANKOWSKI A.T., 1990: *The Upper Silesia region as an area of ecological calamity*. In: *Global change regional research centers: Scientific Problems and Concept Developments*. Ed. A. BREYMEYER. Warszawa, Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, s. 118—133.
- JANKOWSKI A.T., 1991: *Występowanie antropogenicznych zbiorników wodnych na terenie Bytomia w okresie 1811—1989*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. T. 3. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 21—30.
- 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*. Sosnowiec, WNoZ UŚ, PTG Oddział Katowicki, s. 12—18.
- JANKOWSKI A.T., 1999: *Antropogeniczne zbiorniki wodne na obszarze górnośląskim*. W: „Acta Universitatis Nicolai Copernici”. Nauki Matematyczno-Przyrodnicze. Z. 103. *Geografia*. 29. Toruń, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, s. 129—142.
- JANKOWSKI A.T., MACHOWSKI R., MOLENDĄ T., NITKIEWICZ-JANKOWSKA A., RZĘTAŁA M., 2003: *Quantitative-qualitative characteristics and bases of water reservoirs revitalisation in the area of the hummock of Tarnowskie Góry*. „Limnological Review” vol. 3/2003, s. 95—100.
- JANKOWSKI A.T., MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M., 2004: *Sztuczne jeziora w regionie górnośląskim*. W: *Inżynieria środowiska*. 13. Wrocław, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, s. 115—123.
- JANKOWSKI A.T., MOLENDĄ T., BEBEK M., MITKO K., 2006: *Zinc (Zn) and copper (Cu) as indicators of bottom deposits anthropogenic pollution*. „Limnological Review” vol. 6 (2006), s. 129—134.
- JANKOWSKI A.T., MOLENDĄ T., MATUSIAK R., 2007: *Wpływ działalności górniczej na kształtowanie stosunków wodnych dolin rzecznych na przykładzie Kochłówki (Potoku Bielszowickiego)*. W: „Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG”. Nr 7: *Doliny rzeczne*. Red. U. MYGA-PIĄTEK. Sosnowiec, Przyroda — Krajobraz — Człowiek. Komisja Krajobrazu Kulturowego Polskiego Towarzystwa Geograficznego, s. 337—341.
- JANKOWSKI A.T., MOLENDĄ T., RZĘTAŁA M., 2001: *Reservoirs in subsidence basins and depression hollows in the Silesian Upland — selected hydrological matters*. „Limnological Review” vol. 1 (2001), s. 143—150.
- JANKOWSKI A.T., MOLENDĄ T., RZĘTAŁA M., 2005b: *Renaturyzacja i ochrona wód powierzchniowych. Priorytety — środowisko aglomeracji wielkoprzemysłowych. Informator specjalistyczny branży ekologicznej*. Część 1. Katowice, Wydawnictwo InfoMax, s. 22—27.
- JANKOWSKI A.T., MOLENDĄ T., RZĘTAŁA M., BEBEK M., MITKO K., 2005a: *Heavy metals in bottom deposits of anthropogenic water reservoirs (a case study of settlement tanks of mine waters)*. „Limnological Review” vol. 5 (2005), s. 101—105.

- JANKOWSKI A.T., MOLENDĄ T., RZĘTAŁA M.A., RZĘTAŁA M., 2002: *Heavy metals in bottom deposits of artificial water reservoirs of the Silesian Upland as an indicator of human impact into the environment*. „Limnological Review” vol. 2 (2002), s. 171—180.
- JANKOWSKI A.T., RZĘTAŁA M., 1996: *Zmiany ilościowo-jakościowe zbiorników wodnych w warunkach silnej antropopresji*. W: „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu”. Nr 289. Wrocław, Akademia Rolnicza, s. 75—82.
- JANKOWSKI A.T., RZĘTAŁA M., 1997a: *Problemy wykorzystania retencji zbiornikowej w warunkach silnej antropopresji*. W: *Wpływ antropopresji na jeziora*. Red. A. CHOIŃSKI. Poznań—Bydgoszcz, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej IGF, Wydawnictwo Homini, s. 37—42.
- JANKOWSKI A.T., RZĘTAŁA M., 1997b: *Zmiany ilościowo-jakościowe zbiorników wodnych w warunkach silnej antropopresji*. „Gospodarka Wodna” [Warszawa, Wydawnictwo „Sigma-Not”] nr 4, s. 117—120.
- JANKOWSKI A.T., RZĘTAŁA M., 1997c: *Przestrzenne zróżnicowanie zanieczyszczenia metalami ciężkimi wód powierzchniowych w zlewni Przemszy*. W: *X Jubileuszowa Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt. „Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych”*. Łódź, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, s. 34—38.
- JANKOWSKI A.T., RZĘTAŁA M., 1998: *Eutrofizacja sztucznych zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach*. W: *Zagrożenia degradacyjne a ochrona jezior*. T. 1: *Badania limnologiczne*. Red. W. LANGE, D. BOROWIAK. Gdańsk, Wydawnictwo DJ, s. 27—31.
- JANKOWSKI A.T., RZĘTAŁA M., 1999: *Pochodzenie i stopień zasolenia wód limnicznych na Wyżynie Śląskiej i terenach przyległych*. W: *Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior*. Red. A. CHOIŃSKI, J. JAŃCZAK. Warszawa, IMiGW Oddział w Poznaniu, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu ZHiGW IGF, IMiGW, s. 97—105.
- JANKOWSKI A.T., RZĘTAŁA M., 2000: *Wyżyna Śląska i jej obrzeża — stan i antropogeniczne zmiany jakości wód powierzchniowych*. W: *Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce*. Red. J. BURCHARD. Łódź, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, s. 143—154.
- JANKOWSKI A.T., RZĘTAŁA M., 2004: *Stan badań limnologicznych w regionie górnośląskim*. W: *Jeziora i sztuczne zbiorniki wodne — funkcjonowanie, rewitalizacja i ochrona*. Red. A.T. JANKOWSKI, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, Uniwersytet Śląski — Wydział Nauk o Ziemi, Polskie Towarzystwo Limnologiczne, Polskie Towarzystwo Geograficzne — Oddział Katowicki, s. 101—115.
- JANKOWSKI A., RZĘTAŁA M., WACH J., 1999: *Sztuczne zbiorniki wodne a ilościowo-jakościowe zmiany obiegu materii*. W: *Chemizm opadów atmosferycznych, wód powierzchniowych i podziemnych*. XI Ogólnopolska Konferencja Naukowa. Red. J. BURCHARD, M. ZIUŁKIEWICZ. Łódź, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, s. 58—60.
- JANKOWSKI A.T., WACH J., 1980: *Uwagi o zbiornikach antropogenicznych na terenie GOP i jego obrzeżenia*. W: *Przeobrażenia środowiska geograficznego w obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. Sosnowiec—Kozubnik, IGUS, PTG Oddział Katowicki, s. 64—76.
- JANKOWSKI A.T., ZOBEK E., 1987: *Podtopienia terenu na obszarze województwa katowickiego (przyczyny wystąpienia i metody przeciwdziałania)*. W: *Problemy geograficz-*

ne górnośląsko-ostrawskiego regionu przemysłowego. Materiały sympozjum polsko-czechosłowackiego. Sosnowiec—Katowice, Oddział Doskonalenia Nauczycieli IKN, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, s. 42—48.

- JAROS J., 1975: *Zarys dziejów górnictwa węglowego.* Warszawa—Kraków, PWN, 536 s.
- 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.* T. 25. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 23—27.
- JĘDRZAK A., 1992: *Skład chemiczny wód pojezierza antropogenicznego w Łuku Mużakowskim.* Zielona Góra, Wydawnictwo WSI, 139 s.
- JĘDRZEJKO K., 1987: *Szata roślinna w krajobrazie terenów przemysłowych Wyżyny Śląskiej.* W: *Problemy geograficzne górnośląsko-ostrawskiego regionu przemysłowego. Materiały sympozjum polsko-czechosłowackiego.* Sosnowiec—Katowice, Oddział Doskonalenia Nauczycieli IKN, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, s. 49—56.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993: *Biogeochemia pierwiastków śladowych.* Warszawa, PWN, 364 s.
- KABZIŃSKI A.K.M., 2006: *Zakwity sinicowe.* „Aura” nr 7, s. 6—8.
- KAJAK Z., 1979: *Eutrofizacja jezior.* Warszawa, PWN, 232 s.
- KAJAK Z., 1995: *Eutrofizacja nizinnych zbiorników zaporowych.* W: *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych.* Red. M. ZALEWSKI. Łódź, Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, WIOŚ, ZES UŁ, s. 33—41.
- KAJAK Z., 1998: *Hydrobiologia-Limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych.* Warszawa, PWN, 355 s.
- KAMIŃSKI A., 1987: *Meteorologiczne warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń atmosferycznych w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym.* W: *Problemy geograficzne Górnośląsko-Ostrawskiego Regionu Przemysłowego.* Red. T. SZCZYPEK, J. WACH. Sosnowiec, ODN IKN Katowice, UŚ, s. 57—59.
- KAMIŃSKI A., RZĘTAŁA M., SZCZYPEK T., 2003: *Rola zbiorników wodnych w kształtowaniu krajobrazu.* W: *Człowiek i woda.* Red. T. SZCZYPEK, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, Polskie Towarzystwo Geograficzne Oddział Katowicki, s. 54—63.
- KARAŚ-BRZOZOWSKA C., 1960: *Charakterystyka geomorfologiczna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego.* Red. M. KLIMASZEWSKI. W: „Biuletyn”. Nr 37. Warszawa, Polska Akademia Nauk, Komitet dla Spraw GOP, 218 s.
- KIMS A T., 1993: *Szata roślinna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego.* W: *Referaty na konferencję naukową pt. „Problemy zagrożenia środowiska przyrodniczego aglomeracji miejsko-przemysłowej Zabrze”.* Red. E. KONSTANTYNOWICZ. Sosnowiec, Oddział Górnośląski PTPNoZ, s. 69—78.
- KŁOS L., WIECZOREK E., 2002: *Bytom i Wyżyna Miechowska — przyroda i zabytki.* Bytom, Oddział PTTK im. Stefana Lachowicza w Bytomiu, 128 s.
- KOŃPAŁA A., BŁOŃSKA A., WOŹNIAK G., 2004: *Vegetation of the „Żabie Doły” area (Bytom) covering the wastelands of zinc-lead industry.* „Archiwum Ochrony Środowiska” vol. 30, no. 3, s. 59—76.
- KONDRACKI J., 1978: *Geografia fizyczna Polski.* Warszawa, PWN, 463 s.
- KONDRACKI J., 2002: *Geografia regionalna Polski.* Warszawa, PWN, 440 s.

- KONSTANTYNOWICZ E., 1994: *Geologia złóż kopalin*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 496 s.
- KORCZ M., STRZYSZCZ Z., 1995: *Zanieczyszczenie metalami ciężkimi osadów dennych wybranych zbiorników antropogenicznych województwa katowickiego*. W: *Materiały XVI Sympozjum „Problemy ochrony, zagospodarowania i rekultywacji antropogenicznych zbiorników wodnych*. Red. M.J. GROMIEC. Zabrze, Polski Komitet Międzynarodowego Stowarzyszenia Jakości Wody IAWQ d IAWPRC, s. 265—283.
- KORZENIEWSKI K., 1986: *Hydrochemia*. Słupsk, Wyższa Szkoła Pedagogiczna, 226 s.
- KOSTECKI M., 2003: *Alokacja i przemiany wybranych zanieczyszczeń w zbiornikach zaporowych hydrowęzła rzeki Kłodnicy i Kanale Gliwickim*. Zabrze, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, 124 s.
- KOSTECKI M., 2009: *Zmiany wybranych wskaźników jakości wody antropogenicznego zbiornika Pławniowice w pierwszych pięciu latach rekultywacji metodą usuwania wód hypolimnionu*. W: *Polska Inżynieria Środowiska pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej*. Red. J. OZONEK, M. PAWŁOWSKA. T. 1. „Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN”. Vol. 58. Lublin 2009, s. 113—127.
- KOTAS A., 1982: *Zarys budowy geologicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. W: *Przewodnik LIV Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego*. Red. A. RÓZKOWSKI, J. ŚLUSARZ. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne, s. 45—72.
- KOTAS A., 1987: *Górnośląskie Zagłębie Węglowe*. W: *Budowa geologiczna Polski*. T. 6: *Złoża surowców mineralnych*. Red. R. SOJA. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne, s. 104—139.
- KOTLICKA G., 1964: *Zarys ukształtowania powierzchni podzwartorzędowej Górnego Śląska*. „Przegląd Geologiczny” [Warszawa] R. 12, nr 7/8, s. 304—307.
- KOWALCZYK A., 2003: *Formowanie się zasobów wód podziemnych w utworach węglanowych triasu śląsko-krakowskiego w warunkach antropopresji*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 196 s.
- KOWALCZYK Z., 1972: *Określenie wpływów eksploatacji górniczej metodą przekrojów pionowych*. Katowice, Wydawnictwo „Śląsk”, 126 s.
- KOZACKI L., 1980: *Przeobrażenia środowiska geograficznego spowodowane wgłębnym górnictwem węgla brunatnego na obszarze Środkowego Poodrza*. W: „Geografia”. Nr 21. Poznań, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, 153 s.
- KOZŁOWSKI J., KOSTECKI M., 1995: *Metale ciężkie jako element zagrożenia antropogenicznego zbiornika wodnego*. W: *Materiały XVI Sympozjum „Problemy ochrony, zagospodarowania i rekultywacji antropogenicznych zbiorników wodnych*. Red. M.J. GROMIEC. Zabrze, Polski Komitet Międzynarodowego Stowarzyszenia Jakości Wody IAWQ d IAWPRC, s. 323—328.
- KOZYREVA E., RZĘTAŁA M.A., 1999: *Anthropogenic water reservoirs and development of natural relief transformation processes (a case study from the Silesian Upland and its borders)*. In: *Modern nature use and anthropogenic processes*. Eds. V.A. SNYTKO, T. SZCZYPEK. Irkutsk—Sosnowiec, IG SB RAS, University of Silesia, s. 56—60.
- KRAWCZYK W.E., 1989: *Jonoselektywna metoda oznaczania zawartości azotanów w wodach*. W: *Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski*. Red. J. OSSOWSKI. Wrocław, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, s. 437—441.

- KRAWCZYK W.E., 1992: *Metody terenowej analityki wód krasowych*. W: *Metody hydrochemiczne w geomorfologii dynamicznej — wybrane problemy*. Red. A. KOSTRZEWSKI, M. PULINA. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 65—83.
- KRAWCZYK W.E., 1999: *Hydrochemia. Ćwiczenia laboratoryjne dla III roku geografii*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 92 s.
- 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. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 16—29.
- KRODKIEWSKA M., 2003: *Leech (Hirudinea) communities of post-exploitation water bodies in industrial region (Upper Silesia, Poland)*. „Polish Journal of Ecology” No. 51 (1), s. 101—108.
- KROPKA J., 1986: *Warunki hydrogeologiczne dolnego odcinka doliny Białej Przemszy w warunkach intensywnego drenażu górniczego*. W: *Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski*. Red. J. OSSOWSKI. Wrocław, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, s. 95—100.
- KROPKA J., 1996: *Drogi krążenia, zasoby i zagospodarowanie wód podziemnych w triasowym zbiorniku Bytom w warunkach aktywnej działalności górnictwa*. „Przegląd Geologiczny” nr 8, s. 845—849.
- KRZYSZTOFIK R., 2008: *Podział administracyjny*. W: *Województwo śląskie. Zarys geograficzno-ekonomiczny*. Red. M. TKOCZ. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, s. 14—33.
- KUCHARSKI R., 1993: *Zanieczyszczenie gleb i roślin jadalnych i paszowych na terenie województwa katowickiego*. W: *Aktualne problemy ekologiczne regionu górnośląskiego. Materiały pomocnicze dla nauczycieli*. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Regionalny Ośrodek Edukacji Środowiskowej, Wojewoda Katowicki, Wydział Ekologii Urzędu Wojewódzkiego w Katowicach, s. 62—68.
- KUCZERA A., 1992: *Zasoby ciepła w wodzie Zbiornika Rybnickiego na tle wybranych jezior z obszaru Polski*. Red. T. SZCZYPEK. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 16. Red. T. SZCZYPEK. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 80—92.
- KWIATKOWSKI S., POKORA Z., 2003: *Badania nad pasożytofauną słonecznicy *Leucaspius delineatus* (Heckel, 1843) w wybranych antropogenicznych zbiornikach wodnych Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. „Archiwum Ochrony Środowiska” Vol. 29, no. 3, s. 61—70.
- LANGE W., 1986: *Fizyczno-limnologiczne uwarunkowania tolerancji systemów jeziornych Pomorza*. Gdańsk, Uniwersytet Gdański, 177 s.
- LANGE W., red., 1993: *Metody badań fizyczno-limnologicznych*. Gdańsk, Uniwersytet Gdański, 175 s.
- LANGHAMER L., 1990: *Warunki przyrodnicze produkcji rolnej — woj. katowickie*. Puławy, Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, 87 s.
- LAZAR J., 1962: *Gleby województwa katowickiego*. Warszawa, Śląski Instytut Naukowy, Komisja Geografii, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 303 s.
- LEDWOŃ K., IMIELSKI M., KOJ A., 1999a: *Charakterystyka zespołu przyrodniczego Żabie Doły*. „Aura” nr 3, s. 30—31.
- LEDWOŃ K., IMIELSKI M., KOJ R., 1999b: *Prace rekultywacyjne prowadzone na terenie Żabich Dołów (2)*. „Aura” nr 4, s. 19—20.

- LEŚNIOK M., 1996: *Zanieczyszczenie wód opadowych w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 124 s.
- LEŚ-ROGOŹ A., 1962: *Charakterystyka hydrograficzna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. Red. M. KLIMASZEWSKI. W: „Biuletyn”. Nr 64. Warszawa, Polska Akademia Nauk, Komitet dla Spraw GOP, 168 s.
- LEWANDOWSKI J., 1987: *Złodowacenie Odry na Wyżynie Śląskiej*. „Biuletyn Geologiczny” [Warszawa, Uniwersytet Warszawski], T. 31, s. 247—301.
- LEWIN I., 2002: *Tajemnice przyrody zbiorników zapadliskowych w Czulowie*. „Przyroda Górnego Śląska” nr 38, s. 6—7.
- LEWIN I., 2003: *Mięczaki Wyżyny Śląskiej w obliczu antropopresji ich środowisk wodnych*. „Przyroda Górnego Śląska” nr 34, s. 24—24.
- LEWIN I., SMOLINSKI A., 2006: *Rare and vulnerable species in the mollusc communities in the mining subsidence reservoirs of an industrial area (The Katowicka Upland, Upper Silesia, Southern Poland)*. „Limnologia” No. 36 (3), s. 181—191.
- LINDSTRÖM M., 2001: *Urban land use influences on heavy metals fluxes and surface sediment concentrations of small lakes*. „Water, Air and Soil Pollution” No. 126, s. 363—383.
- MACHOWSKI R., 2003: *Zbiorniki w nieckach osiadania i zapadliskach w krajobrazie Wyżyny Śląskiej*. W: *Woda w przestrzeni przyrodniczej i kulturowej*. Red. U. MYGA-PIĄTEK. „Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego”. T. 2. Sosnowiec, Komisja Krajobrazu Kulturowego PTG, Oddział Katowicki PTG, s. 113—123.
- MACHOWSKI R., 2004: *Heavy metals in water of anthropogenic water reservoirs in subsidence and collapse depressions in Katowice Upland*. „Limnological Review” vol. 4(2004), s. 153—158.
- MACHOWSKI R., 2005a: *Charakterystyka zbiorników wodnych w nieckach osiadania na obszarze górniczym KWK „Kazimierz-Juliusz”*. W: *Hydrograficzne i meteorologiczne aspekty badań wybrzeża Bałtyku i wybranych obszarów Polski*. Red. J.P. GIRJATOWICZ, C. KOŹMIŃSKI. Szczecin, Uniwersytet Szczeciński, Instytut Nauk o Morzu, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Oddział Szczeciński, Oficyna in Plus, s. 76—80.
- MACHOWSKI R., 2005b: *Badania limnologiczne antropogenicznych zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej*. W: *Rola stacji terenowych w badaniach geograficznych*. Red. K. KRZEMIEŃ, J. TREPIŃSKA, A. BOKWA. Kraków, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, s. 285—296.
- MACHOWSKI R., 2007: *Eutrofizacja zbiorników wodnych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej*. W: *Badania hydrograficzne w poznawaniu środowiska*. T. 8: *Obieg wody w środowisku naturalnym i przekształconym*. Red. Z. MICHALCZYK. Lublin, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, s. 351—360.
- MACHOWSKI R., NITKIEWICZ-JANKOWSKA A., 2003: *Jakość wód antropogenicznych zbiorników wodnych z obszaru Garbu Tarnogórskiego*. W: *Człowiek i woda*. Red. T. SZCZYPEK, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, Polskie Towarzystwo Geograficzne Oddział Katowicki, s. 82—90.
- MACHOWSKI R., OBROŚLAK Ł., PATACZ G., 2000: *Artificial water reservoirs in Rawa catchment — qualitative and quantitative changes*. In: *Студентські наукові студії. Збірник наукових робіт*. Випуск 3. Миколаїв, Національний університет „Кієво-Могилянська Академія” Миколаївська філія. Видавництво МФ НаУКМА, s. 8—10.

- MACHOWSKI R., RUMAN M., 2007: *Wpływ osiadań górniczych na morfologię i stosunki wodne w obrębie wybranych dolin rzecznych na Wyżynie Śląskiej*. W: *Systemy dolinne i ich funkcjonowanie*. Red. R. SOŁTYSIK. Kielce, Akademia Świętokrzyska im. Jana Kochanowskiego, Instytut Geografii, s. 91—101.
- MACHOWSKI R., RUMAN M., 2008: *Zanieczyszczenia wód na obszarze Górnośląskiego Związku Metropolitalnego*. W: *Górnośląski Związek Metropolitalny. Zarys geograficzny*. Red. R. DULIAS, A. HIBSZER. Sosnowiec, Polskie Towarzystwo Geograficzne Oddział Katowicki, s. 82—89.
- MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M.A., RZĘTAŁA M., 2006a: *Procesy i formy brzegowe w obrębie jeziora poeksploatacyjnego w początkowym okresie funkcjonowania na przykładzie zbiornika Kuźnica Wareżyńska*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. T. 37. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 29—36.
- MACHOWSKI R., RUMAN M., RZĘTAŁA M., 2006b: *Silesian Upland as an anthropogenic lake-land*. In: *Anthropogenic aspects of landscape transformations*. 4. Eds. O. RAHMONOV, M.A. RZĘTAŁA. Sosnowiec—Będzin, University of Silesia Faculty of Earth Sciences, Landscape Parks Group of the Silesian Voivodeship, s. 55—61.
- MACHOWSKI R., RUMAN M., RZĘTAŁA M., 2006c: *Abiotic manifestations of eutrophication of water in cases of extreme agricultural and industrial anthropopressure*. „Limnological Review” vol. 6(2006), s. 179—186.
- MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M., 2002: *Garb Tarnogórski — przykład opisu komponentów środowiska mezoregionu fizyczno-geograficznego (na potrzeby zajęć terenowych)*. W: *Z badań nad wpływem antropopresji na środowisko*. T. 3. Red. M. RZĘTAŁA, T. SZCZYPEK. Sosnowiec, Studenckie Koło Naukowe Geografów Uniwersytetu Śląskiego, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, s. 143—158.
- MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M., 2006a: *Wyżyna Śląska i jej obrzeżenie jako „pojezierze antropogeniczne”*. „Wszechświat. Pismo Przyrodnicze” T. 107, nr 1—3, s. 45—50.
- MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M., 2006b: *Geneza, liczebność oraz perspektywy użytkowania zbiorników wodnych na obszarze Pagórów Jaworznickich*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 28. Red. T. SZCZYPEK. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 127—139.
- MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M., SERWECIŃSKA D., 2003: *Wody powierzchniowe i podziemne województwa śląskiego*. „Przyroda Górnego Śląska” nr 34, s. 6—7.
- MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M.A., 2007: *Metale ciężkie w osadach dennych antropogenicznych zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej*. W: *Monitoring funkcjonowania i przemian geosystemów jeziornych. Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt. „Funkcjonowanie geosystemów jeziornych”*. Red. A. KOSTRZEWSKI. Poznań, Instytut Paleogeografii i Geoekologii, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, s. 47—49.
- Mapa geologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Mapa bez utworów czwartorzędowych*. 1954a. Arkusz 5 Stalinogród. 1 : 50 000. Warszawa, Instytut Geologiczny.
- Mapa geologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Mapa bez utworów czwartorzędowych*. 1954b. Arkusz 2 Bytom. 1 : 50 000. Warszawa, Instytut Geologiczny.
- Mapa geologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Mapa bez utworów czwartorzędowych*. 1954c. Arkusz 4 Gliwice. 1 : 50 000. Warszawa, Instytut Geologiczny.

- Mapa geologiczna Polski. A — Mapa utworów powierzchniowych. Arkusz Gliwice.* 1977. Skala 1 : 200 000. Warszawa, Instytut Geologiczny, Wydawnictwa Geologiczne.
- Mapa geologiczna Polski. A — Mapa utworów powierzchniowych. Arkusz Kraków.* 1978. Skala 1 : 200 000. Warszawa, Instytut Geologiczny, Wydawnictwa Geologiczne.
- Mapa geologiczna Polski. B — Mapa bez utworów czwartorzędowych. Arkusz Gliwice.* 1977. Skala 1 : 200 000. Warszawa, Instytut Geologiczny, Wydawnictwa Geologiczne.
- Mapa geologiczna Polski. B — Mapa bez utworów czwartorzędowych. Arkusz Kraków.* 1978. Skala 1 : 200 000. Warszawa, Instytut Geologiczny, Wydawnictwa Geologiczne.
- Mapa geomorfologiczna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego.* 1959. Skala 1 : 50 000. Warszawa, Polska Akademia Nauk.
- Mapa hydrograficzna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego.* 1959. Skala 1 : 50 000. Warszawa, Polska Akademia Nauk.
- Mapa przeobrażeń powierzchni ziemi województwa katowickiego.* 1982. Skala 1 : 50 000. Katowice, OPGK.
- Mapa wędkarska. Okręg Katowice. Okręg Bielsko-Biała.* 2003. Katowice, Zarząd Okręgu Katowice Polskiego Związku Wędkarskiego.
- MARCHWIŃSKA E., KUCHARSKI R., KARPIŃSKA-BISANZ D., 1988: *Zanieczyszczenie gleb i wybranych roślin uprawnych metalami ciężkimi i benzo-a-pirenem w obrębie Zabrza.* W: *Referaty na konferencję naukową pt. „Problemy zagrożenia środowiska przyrodniczego aglomeracji miejsko-przemysłowej Zabrza”.* Red. E. KONSTANTYNOWICZ. Sosnowiec, Oddział Górnośląski PTPNoZ, s. 83—92.
- MARKOWICZ M., PULINA M., 1979: *Ilościowa półmikroanaliza chemiczna wód w obszarach krasu węglanowego.* Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 68 s.
- MARSZELEWSKI W., 2005: *Zmiany warunków abiotycznych w jeziorach Polski północno-wschodniej.* Toruń, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 288 s.
- MATUSIAK R., WOJTCZAK J., 2007: *Najcenniejsze stanowiska rozrodu płazów w Rudzie Śląskiej.* „Przyroda Górnego Śląska” nr 47, s. 6—7.
- MATUSZKIEWICZ W., 1981: *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych polskich.* Warszawa, PWN, 298 s.
- MATYSIK M., MOLENDĄ T., 1999: *Wstępna charakterystyka hydrograficzna i hydrochemiczna wybranych źródeł na terenie Katowic.* W: *Górnośląsko-ostrowski region przemysłowy — wybrane problemy ochrony i kształtowania środowiska.* Red. J. PEŁKA-GOŚCINIAK, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, s. 141—146.
- MICHALCZYK Z., CHMIEL S., CHMIELEWSKI J., TURCZYŃSKI M., 2007: *Hydrologiczne konsekwencje eksploatacji złoża węgla kamiennego w rejonie Bogdanki (LZW).* „Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego” nr 422, s. 113—126.
- MICHAŁEWICZ M., RZĘTAŁA M., WACH J., 1995: *Procesy brzegowe w obrębie antropogenicznych zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej.* W: *Procesy geomorfologiczne zapis w rzeźbie i osadach. III Zjazd Geomorfologów Polskich. 1. Streszczenia komunikatów, posterów i referatów.* Sosnowiec, WNoZ UŚ, SGP, s. 54—56.
- MIGASZEWSKI Z.M., 1998: *Metodyka badań geochemicznych gleb i biowskaźników roślinnych.* „Przegląd Geologiczny” vol. 46, nr 2, s. 159—163.
- MIKULSKI J.S., 1974: *Biologia wód śródlądowych.* Warszawa, PWN, 434 s.

- MILECKA K., 2007: *Możliwości oceny rozwoju jezior w świetle badań palinologicznych*. W: „Studia Limnologica et Telmatologica”. Vol. 1. No. 1. Toruń, PTLim., s. 61—66.
- MOLENDĄ T., 1998: *Warunki termiczno-tlenowe antropogenicznych zbiorników wodnych podczas trwania zjawisk lodowych*. W: *Przeobrażenia elementów środowiska geograficznego pod wpływem antropopresji. Materiały konferencyjne*. Sosnowiec, WNoZ UŚ, SKNG UŚ, s. 37—43.
- MOLENDĄ T., 1999a: *Charakterystyka hydrograficzna i hydrochemiczna użytku ekologicznego „Staw Grünfeld”*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. T. 29. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 28—33.
- MOLENDĄ T., 1999b: *Wpływ działalności górniczej na kształtowanie stosunków wodnych (na wybranych przykładach z obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego)*. W: *Górnośląsko-ostrawski region przemysłowy: wybrane problemy środowiska i kształtowania środowiska. Materiały sympozjum polsko-czeskiego*. Red. J. PEŁKA-GOŚCINIĄK, M. RZĘTAŁĄ. Sosnowiec, WNoZ UŚ, Přírodovědecká Fakulta Ostravské Univerzity, s. 154—157.
- MOLENDĄ T., 2001: *Heavy metals in bottom deposits of anthropogenic water reservoirs in Katowice*. „Limnological Review” vol. 1 (2001), s. 213—217.
- MOLENDĄ T., 2004: *Renaturyzacja ekosystemów wodnych, czyli o naprawie zdegradowanych rzek i jezior*. W: *Problemy środowiska i jego ochrony*. Red. M. NAKONIECZNY, P. MIGULĄ. Katowice, Centrum Studiów nad Człowiekiem i Środowiskiem, Uniwersytet Śląski, s. 175—185.
- MOLENDĄ T., 2005: *O niektórych specyficznych właściwościach fizykochemicznych wód zbiorników antropogenicznych*. W: *Jeziora i sztuczne zbiorniki wodne — procesy przyrodnicze i znaczenie społeczno-gospodarcze*. Red. A.T. JANKOWSKI, M. RZĘTAŁĄ. Sosnowiec, Uniwersytet Śląski — Wydział Nauk o Ziemi, Polskie Towarzystwo Limnologiczne, Polskie Towarzystwo Geograficzne — Oddział Katowicki, s. 161—168.
- MOLENDĄ T., 2006: *Charakterystyka hydrograficzno-hydrochemiczna wypływów wód odciekowych wybranych składowisk odpadów przemysłowych*. W: „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”. Nr 1732. Seria: *Górnictwo*. Nr 272. Gliwice, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, s. 95—103.
- MOLENDĄ T., RZĘTAŁĄ M., 2002: *Zmiany stężeń siarczanów (SO_4^{2-}) w wodach wybranych zbiorników antropogenicznych Katowic*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. T. 33. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 29—34.
- MOLENDĄ T., WACH J., 2003: *Warunki termiczno-tlenowe i jakość wód antropogenicznych zbiorników wodnych kaskady Potoku Leśnego*. W: *Człowiek i woda*. Red. T. SZCZYPEK, M. RZĘTAŁĄ. Sosnowiec, Polskie Towarzystwo Geograficzne Oddział Katowicki, s. 101—105.
- NAWRAT H., 1990: *Zmiany powierzchni terenu i warunków wodnych spowodowane podziemną eksploatacją węgla na obszarze górniczym KWK „Makoszowy”*. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi UŚ [maszynopis pracy magisterskiej], 147 s.
- NIEDZWIEDŹ T., 1998: *Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu Górnego Śląska*. W: 47. Zjazd PTG „Geografia w kształtowaniu i ochronie środowiska oraz transfor-

- macji gospodarczej regionu górnośląskiego” — obrady plenarne. Red. M. RZĘTAŁA, T. SZCZYPEK. Sosnowiec, Uniwersytet Śląski, s. 35—49.
- Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi. 1980. Katowice, Wydawnictwo „Śląsk”, 967 s.
- OKOŁOWICZ W., 1978: *Regiony klimatyczne*. W: *Narodowy atlas Polski*. Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańsk, Instytut Geografii PAN.
- OLEŚ W., 1991: *Zmiany powierzchniowej sieci hydrograficznej zlewni Bobrka pod wpływem silnej antropopresji*. W: *Przeobrażenia stosunków wodnych na obszarach silnej antropopresji*. Sosnowiec, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Sekcja Hydrograficzna, Fundacja Ekologiczne „Silesia”, Uniwersytet Śląski, Wydział Ekologii Urzędu Wojewódzkiego w Katowicach, s. 101—107.
- OLEŚ W., 2003: *Potok Bobrek jako ważny czynnik kształtowania krajobrazu obszaru przemysłowego*. W: *Człowiek i woda*. Red. T. SZCZYPEK, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, Polskie Towarzystwo Geograficzne Oddział Katowicki, s. 106—110.
- Operat wodnoprawny na odwadnianie Kopalni Węgla Kamiennego „Kazimierz-Juliusz” oraz odprowadzanie nadmiaru niewykorzystanych wód kopalnianych do rzeki Bobrek*. 2003. Katowice, Główny Instytut Górnictwa [maszynopis], 38 s.
- Opinia dotycząca konieczności dalszego pompowania wody w wyrobiskach rudnych ZGH „Orzeł Biały” S.A.* 1999. *Dokumentacja pracy badawczo-usługowej*. Katowice, Główny Instytut Górnictwa [maszynopis], 35 s.
- ORZEL J., 1986: *Wpływ wglębnej eksploatacji węgla na zmiany powierzchni terenu na obszarze górniczym Kopalni Węgla Kamiennego „Kazimierz-Juliusz” w Sosnowcu*. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi UŚ [maszynopis pracy magisterskiej], 90 s.
- OSTROWSKA E., OŚRÓDKA L., 1987: *Klimat województwa katowickiego*. W: *Materiały 36. Ogólnopolskiego Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*. Część 2: *Obrady sekcyjne*. Sosnowiec—Katowice, WNoZ UŚ, Oddział Katowicki PTG, s. 28—30.
- OŚRÓDKA L., ŚWIECH-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., WOJTYŁAK M., 1987: *Zmiany temperatury powietrza w GOP pod wpływem gospodarczej działalności człowieka*. W: *Materiały 36. Ogólnopolskiego Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*. Część 2: *Obrady sekcyjne*. Sosnowiec—Katowice, WNoZ UŚ, Oddział Katowicki PTG, s. 89—91.
- PACZYŃSKI B., red., 1995: *Atlas hydrogeologiczny Polski*. Część 2: *Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych*. Warszawa, Państwowy Instytut Geologiczny.
- PASCHALSKI J., 1959: *Obserwacje warunków środowiskowych drobnych zbiorników wodnych okolic Warszawy*. „Ekologia Polska” 22, s. 279—298.
- PEŁKA-GOŚCINIAK J., 2006: *Restoring nature in mining areas of the Silesian Upland (Poland)*. „Earth Surface Processes and Landforms” vol. 31 (13), s. 1685—1691.
- PEŁKA-GOŚCINIAK J., RAHMONOV O., SZCZYPEK T., 2008: *Water reservoirs in subsidence depressions in landscape of the Silesian Upland (Southern Poland)*. In: *The 7th International Conference: Environmental Engineering*. Vilnius, Faculty of Environmental Engineering Vilnius Gediminas Technical University, s. 274—281.
- PEŁKA-GOŚCINIAK J., SZCZYPEK T., 1995: *Przeobrażenia środowiska geograficznego w przygranicznej strefie górnośląsko-ostrowskiego regionu gospodarczego*. W: *Materiały*

- Symposium Polsko-Czeskiego*. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Park Krajobrazowy „Cysterskie Kompozycje Krajobrazowe Rud Wielkich”, s. 91—99.
- PELKA-GOŚCINIAK J., WAGA J.M., 2003: *Wpływ eksploatacji węgla kamiennego na przyrodę w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym — analiza skutków ubytku masy z górotworu*. W: *Problemy geoekologiczne górnośląsko-ostrowskiego okręgu przemysłowego*. Red. A.T. JANKOWSKI, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi UŚ, s. 117—124.
- PIONTEK D., 2001: *Zespół przyrodniczo-krajobrazowy „Żabie Doły” jako przykład regeneracji obszarów zdegradowanych*. W: *Z badań nad wpływem antropopresji na środowisko*. T. 2. Red. M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, SKNG UŚ, WNoZ UŚ, s. 108—111.
- PIWOWARSKI W., DŻEGNIUK B., NIEDOJADŁO Z., 1995: *Współczesne teorie ruchów górotworu i ich zastosowania*. Kraków, Wydawnictwo AGH, 246 s.
- PODBIELKOWSKI Z., TOMASZEWICZ H., 1982: *Zarys hydrobotaniki*. Warszawa, PWN, 531 s.
- Podział hydrograficzny Polski*. Część 2. 1980. *Mapa 1 : 200 000*. Warszawa, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.
- POSKROBKO B., POSKROBKO T., SKIBA K., 2007: *Ochrona biosfery*. Warszawa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 271 s.
- POSZYŁEK E., ROGOŹ M., 2003: *Zagrożenia wodne w kopalniach*. W: *Hydrogeologia polskich złóż kopalin i problemy wodne górnictwa*. T. 1. Red. Z. WILK. Kraków, Wydawnictwo AGH, s. 224—266.
- PSIUK J., red., 2006: *Monografia rzeki Rawy*. Katowice, Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji, 196 s.
- RAHMONOV O., 1999: *Procesy zarastania Pustyni Błędowskiej*. Sosnowiec, WNoZ UŚ, 72 s.
- RAHMONOV O., RAHMONOV M., SZCZYPEK S., 2006: *Przestrzenna i czasowa zmienność oraz współczesne znaczenie ekologiczne antropogenicznych zbiorników wodnych w okolicach Szczygłowic na Płaskowyżu Rybnickim*. W: „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Ekologii”. Seria: *Ekologia*. Z. 2. Sosnowiec, Wyższa Szkoła Ekologii, s. 117—131.
- RAHMONOV O., SZCZYPEK T., WIKI S., 2008: *Промышленные отвалы как составляющая ландшафта Южной Полюы*. In: *Экзогенные процессы в геологической среде. Оценка природных опасностей*. Red. A.T. Янковский, Е.А. Козырева. Иркутск—Сосновец, Сибирское Отделение Российской Академии Наук Институт Земной Коры Силезский Университет Факультет Наук о Земле, с. 78—82.
- Regulacja rzeki Bobrek. Zakożenia techniczno-ekonomiczne*. Część 1: *Sprawozdanie techniczne*. 1969. Kraków, Hydroprojekt, Oddział Kraków [maszynopis], 123 s.
- ROGOŹ M., POSZYŁEK E., 1999: *Opinia dotycząca konieczności dalszego pompowania wody w wyrobiskach rudnych ZGH „Orzeł Biały” S.A. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej*. Katowice, Główny Instytut Górnictwa [maszynopis], 30 s.
- Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. „Dziennik Ustaw” 2004, nr 32, poz. 284.
- Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych. „Dziennik Ustaw” 2008, nr 162, poz. 1008.

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 czerwca 2006 r. w sprawie przebiegu granic obszarów dorzeczy i regionów wodnych. „Dziennik Ustaw” 2006, nr 126, poz. 878.
- RÓŻKOWSKI A., 2003a: *Górnośląskie Zagłębie Węglowe (GZW)*. W: *Hydrogeologia polskich złóż kopalin i problemy wodne górnictwa*. T. 1. Red. Z. WILK. Kraków, Wydawnictwo AGH, s. 57—145.
- RÓŻKOWSKI A., 2003b: *Wpływ czynnika antropogenicznego na kształtowanie się chemizmu wód podziemnych w utworach karbonu w rejonach górniczych kopalń węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym*. W: *Człowiek i woda*. Red. T. SZCZYPEK, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, Polskie Towarzystwo Geograficzne Oddział Katowicki, s. 111—121.
- RÓŻKOWSKI A., 2005: *Środowisko hydrogeochemiczne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW)*. W: *Hydrogeologia obszarów zurbanizowanych i uprzemysłowionych*. T. 2: *30 lat hydrogeologii na Uniwersytecie Śląskim*. Red. A. KOWALCZYK, A. RÓŻKOWSKI. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi UŚ, s. 129—141.
- RÓŻKOWSKI A., CHMURA A., SIEMIŃSKI A., 1997: *Użytkowe wody podziemne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia*. Warszawa, Państwowy Instytut Geologiczny, 152 s.
- RÓŻKOWSKI A., RÓŻKOWSKI J., 1994: *Pochodzenie zasolenia wód górnej Wisły*. W: *Zasolenie rzeki Wisły. Materiały z Sympozjum*. Kraków, Sekcja Ochrony Jakości Wód KGW PAN, NFOŚ i GW, ODGW w Krakowie, RZGW w Krakowie, Zakład Odnowy Wód IMiGW, s. 33—37.
- RÓŻKOWSKI A., red., 2004: *Środowisko hydrogeochemiczne karbonu produktywnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 174 s.
- RÓŻKOWSKI A., CHMURA A., red., 1996: *Mapa dynamiki zwykłych wód podziemnych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia. Skala 1 : 100 000*. Warszawa, PIG.
- RÓŻKOWSKI A., WILK Z., red., 1982: *Warunki hydrogeologiczne złóż rud cynku i ołowiu regionu śląsko-krakowskiego*. „Prace IG” 310, 319 s.
- RÓŻKOWSKI J., 2006: *Wody podziemne utworów węglanowych południowej części Jury Krakowsko-Częstochowskiej i problemy ich ochrony*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 264 s.
- RUMAN M., 2004a: *Zmiany liczby i powierzchni sztucznych zbiorników wodnych na terenie Gliwic od połowy XIX wieku*. W: *Jezióra i sztuczne zbiorniki wodne — funkcjonowanie, rewitalizacja i ochrona*. Sosnowiec, Uniwersytet Śląski — Wydział Nauk o Ziemi, Polskie Towarzystwo Limnologiczne, Polskie Towarzystwo Geograficzne — Oddział Katowicki, s. 193—203.
- RUMAN M., 2004b: *Zmiany właściwości fizykochemicznych wód wybranych zbiorników na terenie Gliwic*. W: *Z badań nad wpływem antropopresji na środowisko*. T. 5. Red. R. MACHOWSKI, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, SKNG UŚ, WN0z UŚ, s. 86—97.
- RUNGE J., 2006: *Metody badań w geografii społeczno-ekonomicznej — elementy metodologii, wybrane narzędzia badawcze*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 700 s.
- RUNGE J., ZADROŻNY T., 1989: *Delimitacja konurbacji katowickiej*. W: *Struktury i procesy społeczno-demograficzne w regionie katowickim*. Red. Z. RYKIEL. „Prace Geo-

- graficzne”. Nr 151. Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańsk—Łódź, Polska Akademia Nauk, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, s. 23—28.
- RYNCARZ T., 1992: *Ruchy górotworu wywołane wyrobiskami podziemnymi*. Kraków, Wydawnictwo AGH, 174 s.
- RYSZKOWSKI L., KĘDZIORA A., 1996: *Mała retencja w krajobrazie rolniczym*. W: *Materiały Konferencji nt. „Mała retencja w kształtowaniu środowiska”*. Wrocław, Wydawnictwo AR, s. 217—226.
- RZEPECKI P., 1983: *Klasyfikacja i główne typy litologiczne osadów jeziornych*. W: „Geologia”. T. 9. Z. 1. Warszawa, Wydawnictwo Geologiczne, s. 73—94.
- RZĘTAŁA M., 1994: *Klasyfikacja wybrzeży i procesy brzegowe wybranych zbiorników antropogenicznych Kotliny Dąbrowskiej*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. T. 14. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 29—37.
- RZĘTAŁA M., 1995: *Zróżnicowanie występowania zbiorników wodnych na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. T. 20. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 5—10.
- RZĘTAŁA M., 1996: *Retencja zbiornikowa na obszarze Wyżyny Katowickiej*. W: *Polska w Europie Bałtyckiej*. 45. Zjazd Polskiego Towarzystwa Geograficznego. Słupsk—Ustka, PTG Oddział Słupsk, WSP w Słupsku Instytut Geografii, s. 149—151.
- RZĘTAŁA M., 1998a: *Zróżnicowanie występowania zbiorników wodnych na obszarze Wyżyny Katowickiej*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 22. Red. T. SZCZYPEK. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 52—67.
- RZĘTAŁA M., 1999: *Some hydrochemical consequences of artificial water reservoirs functioning in anthropogenetically transformed catchment (a case study from the Silesian Upland and its borders)*. In: *Modern nature use and antropogenic processes*. Eds. V.A. SNYTKO, T. SZCZYPEK. Irkutsk—Sosnowiec, IG SB Ras, University of Silesia, s. 88—93.
- RZĘTAŁA M., 2000a: *Wybrane problemy eksploatacji i ochrony zbiorników wodnych na obszarze województwa śląskiego*. W: *Środowisko przyrodnicze regionu górnośląskiego — stan poznania, zagrożenia i ochrona*. Red. A.T. JANKOWSKI, U. MYGA-PIĄTEK, S. OSTAFICZUK. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Oddział Katowicki Polskiego Towarzystwa Geograficznego, s. 117—131.
- RZĘTAŁA M., 2000b: *Bilans wodny oraz dynamika zmian wybranych zanieczyszczeń zbiornika Dzierżno Duże w warunkach silnej antropopresji*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 176 s.
- RZĘTAŁA M., 2007: *Rola antropogenicznych zbiorników wodnych w kształtowaniu krajobrazu dolin rzecznych (na przykładzie regionu górnośląskiego, południowa Polska)*. W: *Doliny rzeczne. Przyroda — krajobraz — człowiek*. Red. U. MYGA-PIĄTEK. „Prace Komisji krajobrazu Kulturowego PTG”. Nr 7. Sosnowiec, Komisja Krajobrazu Kulturowego Polskiego Towarzystwa Geograficznego, s. 375—387.
- RZĘTAŁA M., 2008: *Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 172 s.

- RZĘTAŁA M., RAHMONOV O., 2000: *Selected matters of protecting water reservoirs of the Upper Silesia region due to their genetic and functional diversity*. In: *Anthropogenic aspects of landscape transformations*. 1. Proceedings of Hungarian-Polish Symposium. Eds. J. LÓKI, J. SZABÓ. Debrecen, University of Debrecen, s. 51—57.
- RZĘTAŁA M., RAHMONOV O., MALIK I., OLEŚ W., PYTEL S., 2006: *Study on use of artificial water reservoirs in Silesian Upland (southern Poland) as element of cultural landscape*. „*Ekologia*” [Bratislava] 25, Suppl. 1 (2006), s. 212—220.
- RZĘTAŁA M., WACH J., 1995: *Zmiany zasolenia wody zbiornika antropogenicznego Dzierżno Duże*. W: *Materiały Sympozjum Polsko-Czeskiego nt. „Przeobrażenia środowiska geograficznego w przygranicznej strefie górnośląsko-ostrowskiego regionu przemysłowego”*. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Park Krajobrazowy „Cysterskie Kompozycje Krajobrazowe Rud Wielkich”, s. 112—116.
- RZĘTAŁA M., WACH J., 1997: *Pochodzenie i stopień zasolenia wód powierzchniowych województwa katowickiego*. In: *Změny geografického prostředí v pohraničních oblastech ostravského a hornoslezského regionu*. Ostrava, Ostravská Univerzita Přírodověcká fakulta, Sosnowiec, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, s. 120—127.
- RZĘTAŁA M., WACH J., 1999: *Ocena właściwości fizykochemicznych wód limnicznych jako źródło informacji o obiegu materii*. W: *Górnośląsko-ostrowski region przemysłowy — wybrane problemy ochrony i kształtowania środowiska*. Red. J. PEŁKA-GOŚCINIAK, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Ostrava, Přírodověcká Fakulta Ostravské Univerzity, s. 205—209.
- RZĘTAŁA M.A., 1998b: *Procesy brzegowe w obrębie zbiornika Dzierżno Duże*. W: „*Geographia. Studia et Dissertationes*”. T. 22. Red. T. SZCZYPEK. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 29—51.
- RZĘTAŁA M.A., 2003: *Procesy brzegowe i osady denne wybranych zbiorników wodnych w warunkach zróżnicowanej antropopresji (na przykładzie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży)*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 147 s.
- RZĘTAŁA M.A., MOLENDĄ T., RZĘTAŁA M., 2002: *Bottom deposits as an indicator of ecological changes (on the example of artificial water reservoirs in the Pogoria catchment — Silesian Upland)*. In: *Anthropogenic Aspects of Landscape Transformations*. 2. Eds. T. SZCZYPEK, J. WACH. Sosnowiec, Faculty of Earth Sciences University of Silesia, s. 60—67.
- RZĘTAŁA M.A., RZĘTAŁA M., 2001: *Wyżyna Śląska — przykład opisu wybranych komponentów środowiska regionu fizyczno-geograficznego (na potrzeby wycieczki po województwie śląskim)*. W: *Z badań nad wpływem antropopresji na środowisko*. T. 2. Red. M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, Studenckie Koło Naukowe Geografów UŚ, Wydział Nauk o Ziemi UŚ, s. 133—145.
- SERAFIŃSKI W., STRZELEC M., 1995: *Przybysz z Nowej Zelandii — potamopyrgus antipodarum (gray) w zbiornikach antropogenicznych Górnego Śląska*. W: *Materiały XVI Sympozjum nt. „Problemy ochrony, zagospodarowania i rekultywacji antropogenicznych zbiorników wodnych”*. Red. M.J. GROMIEC. Zabrze, Polski Komitet Międzynarodowego Stowarzyszenia Jakości Wody IAWQ d IAWPRC, s. 173—180.
- SOBCZYŃSKI T., 1992: *Oznaczanie ortofosforanów w wodzie metodą spektrofotometryczną*. W: *Fizyczno-chemiczna analiza wód i gruntów*. Red. J. SIEPAK. Poznań, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, s. 99—103.

- SOKOŁOWSKI J., 1990: *Geologia regionalna i złożowa Polski*. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne, 339 s.
- SOŁTYSIK M., 2004: *Cenne miejsca występowania plazów w Chorzowie*. „Przyroda Górnego Śląska” nr 37, s. 11—12.
- Stan środowiska w województwie śląskim w 2005 roku*. 2006. Katowice, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Wojewoda Śląski, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach, 177 s.
- STAŃKO M., STRZELEC M., 1992: *Wstępne badania nad fauną pijawek zbiorników zapadliskowych na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. T. 5. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 49—54.
- STARMACH K., WRÓBEL S., PASTERNAK K., 1978: *Hydrobiologia — Limnologia*. Warszawa, PWN, 621 s.
- STRZELEC M., 1993: *Ślimaki (Gastropoda) antropogenicznych środowisk wodnych Wyżyny Śląskiej*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 103 s.
- STRZELEC M., 1996: *Zbiorniki zapadliskowe jako środowisko życia wybranych grup bentosu*. W: *Materiały XVI Sympozjum nt. „Problemy ochrony, zagospodarowania i rekultywacji antropogenicznych zbiorników wodnych”*. Red. M.J. GROMIEC. Zabrze, Polski Komitet Międzynarodowego Stowarzyszenia Jakości Wody IAWQ d IAWPRC, s. 181—190.
- STRZELEC M., SERAFIŃSKI W., 2004: *Biologia i ekologia ślimaków w zbiornikach antropogenicznych*. Katowice, Centrum Przyrody Górnego Śląska, 83 s.
- SZAFLARSKI J., 1955: *Zarys rozwoju ukształtowania Wyżyny Śląskiej*. W: *Górny Śląsk*. Red. A. WRZOSK. Kraków, Wydawnictwo Literackie, s. 65—121.
- Szczegółowa mapa geologiczna Polski*. 1954. Arkusz M 34-50 D Bytom. Skala 1 : 50 000. Warszawa, Instytut Geologiczny.
- Szczegółowa mapa geologiczna Polski*. 1956. Arkusz M 34-63 A Katowice. Skala 1 : 50 000. Warszawa, Instytut Geologiczny.
- Szczegółowa mapa geologiczna Polski*. 1957. Arkusz M 34-62 B Zabrze. Skala 1 : 50 000. Warszawa, Instytut Geologiczny.
- SZCZEPAŃSKI A., 2005: *Systemy odwadniające kopalń likwidowanych w północnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. W: *Hydrogeologia obszarów zurbanizowanych i uprzemysłowionych*. T. 2: *30 lat hydrologii na Uniwersytecie Śląskim*. Red. A. KOWALCZYK, A. RÓZKOWSKI. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi UŚ, s. 156—164.
- SZCZYPEK T., 1995: *Anthropogenic relief in the eastern part of the Silesian Upland*. „Quaestiones Geographicae” [Poznań, UAM] Special Issue 4, s. 265—270.
- SZCZYPEK T., 1997: *Warunki naturalne*. W: *Przyroda województwa katowickiego*. Red. K. ROSTAŃSKI. Krzeszowice, Wydawnictwo Kubajak, s. 5—16.
- SZPETKOWSKI S., 1978: *Pomiary deformacji na terenach górniczych*. Katowice, Wydawnictwo „Śląsk”, 276 s.
- SZPETKOWSKI S., 1980: *Charakterystyka wpływów robót górniczych na górotwór i na powierzchnię terenu*. W: *Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi*. Katowice, Wydawnictwo „Śląsk”, s. 39—77.
- SZTYLER 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*. Część 2: *Obrady sekcyjne*. Sosnowiec—Katowice, WNoZ UŚ, Oddział Katowicki PTG, s. 33.
- ŚWIDERSKA-BRÓZ M., 1993: *Mikrozanieczyszczenia w środowisku wodnym*. Wrocław, Politechnika Wrocławska, 144 s.
- TKOCZ M., 2007: *Zmiany w funkcjonowaniu górnictwa węgla kamiennego w Polsce po roku 1989*. W: „Acta Geographica Silesiana”. T. 2. Sosnowiec, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, s. 51—58.
- TKOCZ M., 2008a: *Przemysł Górnośląskiego Związku Metropolitalnego*. W: *Górnośląski Związek Metropolitalny. Zarys geograficzny*. Red. R. DULIAS, A. HIBSZER. Sosnowiec, Polskie Towarzystwo Geograficzne — Oddział Katowice, s. 208—220.
- TKOCZ M., 2008b: *Ludność*. W: *Województwo śląskie. Zarys geograficzno-ekonomiczny*. Red. M. TKOCZ. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi UŚ, s. 34—45.
- TOBOLSKI K., 2000: *Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych*. Warszawa, PWN, 508 s.
- TOKARSKA-GUZIUK B., 1997: *Ochrona przyrody*. W: *Przyroda województwa katowickiego*. Red. K. ROSTAŃSKI. Krzeszowice, Wydawnictwo Kubajak, s. 69—135.
- TOKARSKA-GUZIUK B., ROSTAŃSKI A., 1996: *Zapadliska górnicze w aglomeracji katowickiej ich znaczenie i możliwości zagospodarowania*. W: *Gospodarka terenami zniszczonymi działalnością człowieka*. Red. C. ROSIK-DULEWSKA, J. GOLUBOWICZ. Zabrze, Polska Akademia Nauk, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska, s. 147—150.
- TREMBACZOWSKI J., JANKOWSKI A.T., 1980: *Inwentaryzacja i klasyfikacja zbiorników wodnych pochodzenia antropogenicznego na terenie GOP i jego obrzeżenia*. Sosnowiec, Instytut Geografii UŚ [maszynopis], 45 s.
- TROC M., 1975: *Drewno w górnictwie węglowym Zagłębia Górnośląskiego*. „Czasopismo Geograficzne” T. 46, z. 4, s. 389—397.
- 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, 159 s.
- WACH J., 1987: *Zmiany profilu podłużnego Kłodnicy w wyniku osiadań górniczych*. W: *Problemy geograficzne górnośląsko-ostrawskiego regionu przemysłowego. Materiały sympozjum polsko-czechosłowackiego*. Katowice—Sosnowiec, Oddział Doskonalenia Nauczycieli IKN, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, s. 126—130.
- WACH J., 1991: *Wpływ antropopresji na kształtowanie się rzeźby terenu województwa katowickiego*. W: *Człowiek i jego środowisko w górnośląsko-ostrawskim regionie przemysłowym. Materiały sympozjum polsko-czeskiego*. Sosnowiec, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, s. 115—119.
- WILK Z., ADAMCZYK A.F., NAŁĘCKI T., 1990: *Wpływ działalności górnictwa na środowisko wodne w Polsce*. Warszawa, Wydawnictwo SGGW-AR, 220 s.
- WIŚNIEWSKI R., 1995: *Rola resuspensji osadów dennych w funkcjonowaniu ekosystemów wodnych*. Toruń, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, 102 s.
- WIŚNIEWSKI R., 1999: *Phosphate inactivation with iron chloride during sediment resuspension*. „Lakes & Reservoirs: Research and Management” vol. 4, Issue 1, s. 65—73.

- WOŁAK W., LEBODA R., HUDICKI Z., 1995: *Metale ciężkie w środowisku i ich analiza*. Chełm, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Chełmie, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, 140 s.
- WOŚ A., 1999: *Klimat Polski*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 306 s.
- Wykaz łowisk. Wody ogólnodostępne Okręgów Katowice — Częstochowa objęte rejestracją połowu ryb*. 2008. Zarząd Okręgu Częstochowa, Zarząd Okręgu Katowice, 28 s.
- ZIEMOŃSKA Z., 1979: *Rola zbiorników wodnych pochodzenia antropogenicznego w uprzemysłowionym obszarze Wyżyny Śląskiej*. W: „Folia Geographica”. Seria: *Geographica-Physica*. Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańska, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, Komisja Nauk Geograficznych, s. 123—136.
- ŻABA J., 1977: *Historia eksploatacji węgla brunatnego na terenie środkowego Nadodrza*. W: „Geologia”. T. 1. Red. K. KOZŁOWSKI. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 108—142.
- ŻELAZNY M., red., 2005: *Dynamika związków biogennych w wodach opadowych, powierzchniowych i podziemnych w zlewniach o różnym użytkowaniu na Pogórzu Wiśnickim*. Kraków, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, 216 s.
- ŻMUDA K., RYTELEWSKI M., MIODUSZEWSKI W., 1997: *Wpływ małej retencji na ochronę przeciwpowodziową dolin rzecznych*. W: *Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Zagrożenie powodziowe w zlewniach górskich”*. Katowice, MOŚZNIŁ, RZGW, Wrocław, RZGW, IMiGW, Bielsko-Biała, UW, Filia PŁ, s. 143—150.
- ŻMUDA S., 1973: *Antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego konurbacji górnośląskiej*. Katowice, Śląski Instytut Naukowy, 211 s.
- ŻYCHOWSKI J., 2008: *Wpływ masowych grobów z I i II wojny światowej na środowisko przyrodnicze*. Kraków, Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej, 305 s.

Materiały kartograficzne

- Mapa topograficzna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (obwódka)*. 1960. Skala 1 : 25 000. Ark. 2, 4, 6. Warszawa, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.
- Mapa topograficzna*. 1975a. Skala 1 : 25 000. Ark. 532.11 *Strzemieszyce*. Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne.
- Mapa topograficzna*. 1975b. Skala 1 : 25 000. Ark. 531.22 *Sosnowiec*. Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne.
- Mapa topograficzna*. 1975c. Skala 1 : 25 000. Ark. 531.21 *Ruda Śląska*. Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzna.
- Mapa topograficzna*. 1975d. Skala 1 : 25 000. Ark. 531.12 *Gliwice*. Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne.

- Mapa topograficzna.* 1975e. *Skala 1 : 25 000. Ark. 531.14 Knurów.* Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne.
- Mapa topograficzna.* 1975f. *Skala 1 : 25 000. Ark. 531.23 Katowice Zach.* Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne.
- Mapa topograficzna.* 1983a. *Skala 1 : 10 000. Ark. 532.113 Sosnowiec-Kazimierz Górniczy.* Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne.
- Mapa topograficzna.* 1983b. *Skala 1 : 10 000. Ark. 531.212 Bytom.* Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne.
- Mapa topograficzna.* 1983c. *Skala 1 : 10 000. Ark. 531.124 Gliwice.* Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne.
- Mapa topograficzna.* 1983d. *Skala 1 : 10 000. Ark. 531.142 Knurów.* Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne.
- Mapa topograficzna.* 1983e. *Skala 1 : 10 000. Ark. 531.213 Zabrze.* Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne.
- Mapa topograficzna.* 1983f. *Skala 1 : 10 000. Ark. 531.231 Ruda Śląska-Halemba.* Warszawa, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne.
- Mapa topograficzna.* 1993a. *Skala 1 : 10 000. Ark. M-34-63-A-b-4 Sosnowiec-Klimontów.* Warszawa, Państwowa Służba Geodezyjna i Kartograficzna, Główny Geodeta Kraju.
- Mapa topograficzna.* 1993b. *Skala 1 : 10 000. Ark. M-34-62-B-b-2 Chorzów.* Warszawa, Państwowa Służba Geodezyjna i Kartograficzna, Główny Geodeta Kraju.
- Mapa topograficzna.* 1993c. *Skala 1 : 10 000. Ark. M-34-62-B-a-3 Zabrze-Makoszowy.* Warszawa, Państwowa Służba Geodezyjna i Kartograficzna, Główny Geodeta Kraju.

Robert Machowski

Transformations of geosystems of water reservoirs originated in subsidence depressions (a case study of the Katowice Upland)

Summary

The group of water reservoirs filling subsidence depressions is unquestionably result of interaction between human and the environment. These reservoirs undoubtedly are an unintentional effect of human activity, carried out in the Katowice Upland. They originated, are formed and still will appear irrespective of human being. Spatial and temporal variability of analysed reservoir occurrence directly results from the intensity of subsiding process, and the complexity of geological-mining factors in the area described causes, that terrain deformations, induced by deep mining, appear during mineral resource exploitation and after its finishing. The tendency to close mines, observed not long before now, will influence on the rate reduction of reservoir origination only inconsiderably, because subsiding can be observed even after tens of years after output stopping. The process of reservoir forming will be finished not before the complete stabilisation of rock mass. Owing to these reasons the described water reservoirs are element of landscape, which is characterised by large dynamics of changes in their number and occupied area as well.

Considering shape, the reservoirs in subsidence depressions usually refer to forming subsidence depression, therefore the outline of shoreline often assumes an oval shape. But in respect of the presence of numerous terrain barriers (e.g. railway and road embankments) and human interference in newly originating reservoirs, and especially objects, which function in the environment for a certain time, their appearance becomes notably modified. In the area of the Katowice Upland very small and small reservoirs predominate because their range is permanently limiting in an essential way. The decided majority of them possesses the unitary area, which does not exceed 10 ha, but only not numerous objects are characterised by larger size. In the case of their depth the situation is similar, these depths are small and usually shaped at the level of 2—3 meters, more rarely reaching greater values in the deepest places.

Not great area and capacity of described water reservoirs influences the limitation of shore processes development considerably. There are, admittedly, changes of different kind in morphology of shore zone but originated landforms have decidedly more accumulation than abrasion character. Simultaneously, their number is small and little varied. Among natural factors modelling shores of these reservoirs the largest importance is played by wind waving, but then human activity causes

the most visible changes in their morphology. In described water reservoirs flat shores predominate. They are almost usually overgrown by vegetation, and these shores have a natural character simultaneously. Large contribution is also typical for anthropogenic shores, which are shaped by human being. They are high shores. Within analysed water reservoirs in subsidence depressions natural high shores were not observed, they are also devoid of anthropogenic flat shores.

Water reservoirs in subsidence depressions located in the Katowice Upland are characterised by very large pollution of bottom deposits by heavy metals. Among five analysed elements especially zinc, lead and cadmium exceeded many times the level of accepted geochemical background. It especially refers to reservoirs located in the terrain of natural-landscape complex „Zabie Doły” (“Frog pits”). Among them one should mention reservoir No. 6, in case of which maximum zinc content amounted to 5 404.43 mg/kg, whereas average lead concentration was shaped at the level 1 335.43 mg/kg, and cadmium was present in amount of 41.68 mg/kg. In some reservoirs over-standard copper content also pointed at the contamination of bottom deposits. This phenomenon also refers to many other artificial water reservoirs located in the area of Katowice Upland. Thereby, it confirms varied influence of human impact, which decides of pollution degree of bottom deposits. Bottom deposits prove ecological changes occurring in the neighbourhood of water reservoirs as geosystems.

Functioning of water reservoirs in subsidence depressions in the Katowice Upland under conditions of varied anthropopression decides also of different physicochemical properties of stored waters. But for the majority of them significant pollution, especially by biogenic compounds (phosphates and nitrates), is observed. The last-mentioned compounds are responsible for eutrophication of these geosystems. In reservoirs No. 1 and 2 in the period 2003—2005 the presence of phosphates at the level above 1 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ was stated many times, and in the case of reservoir No. 5 phosphate concentration exceeded 2 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ with maximum amounting to 2.444 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. In described water reservoirs very large nitrate amounts occurred, they often exceeded the level of 100 mg $\text{NO}_3^-/\text{dm}^3$. These compounds in such amounts were especially typical for reservoirs No. 3, 4, 6 and 8, whereas absolute maximum values referred to reservoir No. 2 situated in Sosnowiec, in which sporadically present nitrates were observed at the level of 340 mg $\text{NO}_3^-/\text{dm}^3$. Large amounts of bioelements in the described geosystems cause systematic growth in water fertility, intensifying biological production in a form of increase in algae biomass. Among disadvantageous signs of eutrophication in the described reservoirs are also numbered as follows: decrease in water transparency, overoxygenation of surface water layers at simultaneous lack of oxygen at the bottom and thereby threat to life of aerobic organisms, worsening of light conditions, distinct increase in water pH-reaction and intensive overgrowing of reservoirs. High degree of limnic water salinity and the presence of heavy metals betoken also degradation of the majority of characterised lake geosystems. Especially chlorides occurred in above-natural amounts, what peculiarly refers to reservoirs No.: 2, 3, 4, 6 and 8, in which their amount usually exceeded 200 mg Cl^-/dm^3 . These compounds rather often reached the level of 1 000 mg Cl^-/dm^3 , and absolute maximum referred to the reservoir No. 8, in which chlorides were measured in amount of 1 580 mg Cl^-/dm^3 . In a case of sulphates the situation looks similarly, the largest amounts occurred in reservoir No. 5, with maximum amounting to 1 450 mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$. That this why the mentioned parameters were usually numbered among the lowest quality classes of surface waters, and noted concentrations of heavy metals, such as zinc, exceeded the border values of parameters of water quality referring to good and higher than good ecological state of surface waters. But bad qualitative state of waters does not refer to all described reservoirs. Reservoirs, which undergo moderate influence of human impact, have waters of relatively good quality, although in these cases the periodical worsening in physicochemical properties also happens.

Water reservoirs in subsidence depressions in an essential way modify the local water cycle. They undoubtedly are hydrological objects making new link, thanks to which the changes in direction of water migration in the area of Katowice Upland happen.

On the one hand, subsiding processes appearing at the terrain surface cause calculable material wastes, but on the other hand — functioning of the described reservoirs, especially at degraded parts of the Katowice Upland, can influence the improvement of landscape aesthetics of these terrains. Water reservoirs, together with their nearest neighbourhood, fulfil also very important natural functions, making the habitat for existence and reproduction for many animal species and causing the increase in biological diversity. The more so because, this genetic group of anthropogenic water reservoirs possesses completely shaped connections with particular components of the natural environment since the beginning of bowl forming. Processes occurring here have a natural character.

Reservoirs in subsidence depressions are treated as the mining waste and according to the idea of legal rules they should be reclaimed through the restoring former state. But numerous investigations carried out within this range prove, that in many well-founded cases the best effects are obtained by land reclamation in water direction. The final effect of such activities is total naturalisation of described reservoirs, which in the end fulfil the same function as natural lakes. In the Katowice Upland many reservoirs in subsidence depressions occur, which as left to themselves undergo spontaneous regeneration and currently they make a valuable element of this terrain landscape. Therefore one should tend to preserve such reservoirs and also to restore the following water-mud biotopes in post-exploitation terrains of the Katowice Upland.

Роберт Маховски

Преобразования геосистем водоемов, возникших в мульдах оседания грунта на территории Катовицкой возвышенности

Резюме

Водоемы, заполняющие мульды оседания грунта, являются безусловно результатом взаимодействия человека и окружающей среды. Они, несомненно, выступают косвенным эффектом хозяйственной деятельности на территории Катовицкой возвышенности. Они возникли, возникают и будут возникать независимо от человека. Пространственная и временная изменчивость данных водоемов прямо связана с интенсивностью протекания процесса просядок. Сложность геолого-горношахтных факторов на данной территории выступает причиной того, что деформации местности, вызванные шахтным способом разработки каменного угля, проявляются как в течение разработки минерального сырья, так и после ее прекращения. Имеющиеся еще в недалеком прошлом тенденции к ликвидации шахт, в небольшой степени приостановят темпы возникновения водоемов, так как просадки грунта будут обнаруживаться даже десятилетия после прекращения добычи сырья. Только после совершенной стабилизации горных пород субстрата процесс формирования данных водоемов прекратится. Геосистемы водоемов в мульдах оседания являются составляющей ландшафта, отличающегося большой динамикой изменений как по численности, так и площади.

Водоемы в мульдах оседания своей формой, как правило, похожи на формирующиеся мульды оседания, а береговая линия овальная. Однако, учитывая наличие многочисленных барьеров (например, железнодорожные и дорожные насыпи), а также вмешательство человека в новые водоемы, а прежде всего в объекты функционирующие в окружающей среде с какого-то времени, их внешний вид модифицируется. На территории Катовицкой возвышенности преобладают водоемы малые и очень малые, ибо их площадь человек постоянно существенно сокращает. Подавляющее большинство данных водоемов отличается площадью менее 10 га, и только немногочисленные объекты имеют больший ареал. Аналогично в случае глубины: доминируют небольшие, порядка 2—3 м, намного реже встречаются водоемы более глубокие.

Небольшая площадь и объемы анализируемых водоемов в большой степени влияют на сокращение развития береговых процессов. Правда, имеют место различные изменения морфологии береговой зоны, но образующиеся формы намного чаще отличаются аккумулятив-

ным чем абразионным характером. Одновременно они немногочисленные и в небольшой степени дифференцированные. Среди естественных факторов, формирующих берега данных водоемов, самую большую роль играет ветровое волнение, но наиболее замечаемые изменения их морфологии вызывает человек. В пределах описываемых водоемов преобладают плоские берега — натуральные, почти всегда закрепленные растительностью. Большим удельным весом отличаются также высокие — антропогенные берега, сформированные человеком. В пределах анализируемых водоемов в мульдах оседания, как естественных высоких берегов, так и антропогенных плоских не существует.

Геосистемы данных водоемов Катовицкой возвышенности отличаются очень большой степенью загрязнения донных осадков тяжелыми металлами. Среди пяти анализируемых элементов, прежде всего цинк, свинец и кадмий многократно превышали допустимый уровень принятого геохимического фона. Это касается, прежде всего, водоемов расположенных на охраняемой территории „Жабе доли” (Лягушины ямы), среди которых особое внимание следует уделить аквену № 6: максимальная концентрация цинка достигала в нем 5 404,43 мг/кг, средняя концентрация свинца — 1 335,43 мг/кг, кадмия — 41,68 мг/кг. В нескольких других водоемах на заражение донных осадков указывало также сверхнормативное содержание меди. Подобное явление наблюдается также и во многих других искусственных водоемах Катовицкой возвышенности. Это подтверждает дифференцированное влияние антропогенного прессинга, который решает о степени загрязнения донных осадков. В связи с этим именно данные осадки свидетельствуют о экологических изменениях, имеющих место в окружении описываемых водоемов как геосистемах.

Функционирование водоемов в мульдах оседания на Катовицкой возвышенности в условиях дифференцированного человеческого прессинга также решает о отличающихся физико-химических свойствах аккумулируемых вод. Большинству из них свойственное загрязнение, в основном, биогенными соединениями (фосфатами и нитратами), вызывающими евтрофикацию данных геосистем. В водоемах № 1 и 2 в период 2003—2005 гг. несколько раз обнаружено наличие фосфатов в количестве более 1 мг $\text{PO}_4^{3-}/\text{дм}^3$, в аквене же № 5 концентрация их превышала 2 мг $\text{PO}_4^{3-}/\text{дм}^3$, с максимумом 2,444 мг $\text{PO}_4^{3-}/\text{дм}^3$. Было выявлено также большое количество нитратов, часто с концентрацией более 100 мг $\text{NO}_3^-/\text{дм}^3$ (водоемы №№ 3, 4, 6, 8). Абсолютные максимумы же были обнаружены в водоеме № 2 в Сосновце, в котором концентрация нитратов достигала — спорадически — 340 мг $\text{NO}_3^-/\text{дм}^3$. В связи с этим большое количество биоэлементов в данных геосистемах приводит к систематическому росту плодородия вод, увеличивающего биологическую продуктивность в виде интенсивного прироста биомассы водорослей. К неблагоприятным проявлениям евтрофикации принадлежат также: уменьшение прозрачности воды, чрезмерная концентрация кислорода в поверхностных слоях воды и одновременный его недостаток у дна (угроза жизни большинства организмов), ухудшение световых условий, четкий рост реакции воды и активное зарастание водоемов. На деградацию большинства описываемых водных геосистем указывает также высокая степень солености вод и концентрация тяжелых металлов. Сверхнормативная концентрация особенно хлоридов была обнаружена в водоемах №№: 2, 3, 4, 6 и 8, в которых — как правило — превышала 200 мг $\text{Cl}^-/\text{дм}^3$. Данные соединения часто достигали 1 000 мг $\text{Cl}^-/\text{дм}^3$, а абсолютный максимум обнаружен в водоеме № 8: 1 580 мг $\text{Cl}^-/\text{дм}^3$. Аналогичная обстановка отмечена в случае сульфатов, самая большая концентрация которых имела место в водоеме № 5 с максимумом 1 450 мг $\text{SO}_4^{2-}/\text{дм}^3$. В связи со столь большой концентрацией отмеченных химических соединений и тяжелых металлов, вода принадлежит к классу с низким ее качеством. Однако не во всех водоемах наблюдается плохое качественное состояние воды. В аквенах, находящихся под умеренным антропогенным влиянием, имеется вода относительно хорошего качества, хотя и в них обнаруживается периодическое ухудшение физико-химических параметров.

Водоёмы в мульдах оседания существенно модифицируют локальный круговорот воды. Безусловно они выступают новым гидрографическим звеном, благодаря которому изменяется направление миграции воды на территории Катовицкой возвышенности.

Наблюдаемые на дневной поверхности процессы просадок грунта с одной стороны генерируют измеримый материальный ущерб, с другой же — возникшие в их результате водоёмы, особенно на дергадированных фрагментах Катовицкой возвышенности, подправляют эстетику окружающей среды местности. Водоёмы, вместе с ближайшим окружением, выполняют важные природные функции, являясь биотопом пребывания и размножения многих видов животных, способствуют также увеличению биоразнообразия, тем более, что эта генетическая группа водоёмов отличается вполне образованными связями с отдельными элементами природной среды с самого начала формирования чаши, а происходящие процессы имеют квазинатуральный характер.

Водоёмы в мульдах оседания это — по закону — нарушения под воздействием горных разработок и, в связи с этим, должны рекультивироваться путем засыпания. Однако, многочисленные исследования свидетельствуют, что во многих случаях лучше их оставить, ибо тогда они с ходом времени будут выполнять функции похожие на естественные озера. На территории Катовицкой возвышенности много водоёмов в мульдах проседания, которые подверглись спонтанной регенерации и — в настоящее время — являются ценной составляющей ландшафта. Из-за этого следовало бы сохранять такие водоёмы, а также восстанавливать очередные водно-болотные биотопы на постэксплуатационных участках Катовицкой возвышенности.

Autor fotografii na okładce: Mariusz Rzętała

Redaktor: **Barbara Todos-Burny**

Projektant okładki: **Paulina Tomaszewska-Cieply**

Redaktor techniczny: **Małgorzata Pleśniar**

Korektorzy: **Lidia Szumigala, Mirosława Żłobińska**

Copyright © 2010 by
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 0208-6336

ISBN 978-83-226-1980-4

Wydawca

Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego

ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice

www.wydawnictwo.us.edu.pl

e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie I. Ark. druk. 11,25. Ark. wyd. 14,5. Papier offset.
kl. III, 90 g Cena 19 zł

Lamanie: Pracownia Składu Komputerowego

Wydawnictwa Uniwersytetu Śląskiego

Druk i oprawa: SOWA Sp. z o.o.

ul. Hrubieszowska 6a, 01-209 Warszawa

Cena 19 zł



ISSN 0208-6336
ISBN 978-83-226-1980-4