

Jakość wód Potoku Oliwskiego i rzeki Redy oraz ich wpływ na przybrzeżne kąpieliska w aspekcie nowych przepisów prawnych

Mgr Katarzyna Tarasewicz, dr inż. Aneta Łuczkiwicz, dr Katarzyna Jankowska
Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Strefa przybrzeżna (tzw. litoral) jest najważniejszym przyrodniczym obszarem akwenów wodnych. Specyficzny charakter tej strefy wynika ze wzajemnych, zazwyczaj sprzecznych relacji, związanych z wieloraką działalnością skoncentrowaną na tych terenach a ich rekreacyjnym przeznaczeniem. Równocześnie istotne znaczenie dla całego akwenu wodnego ma presja antropogeniczna i zachodzące tu równolegle procesy naturalne, takie jak: ruch wody, bioprodukcja oraz przepływ materii i energii.

Na terenie Polski ważnym ekosystemem poddawanym silnej presji antropogenicznej są wody przybrzeżne Zatoki Gdańskiej. Wraz z Zatoką Pucką, stanowiącą jej subregion w części zachodniej, Zatoką Gdańską jest głównym odbiornikiem zanieczyszczeń z aglomeracji miejskiej Gdańsk – Sopot – Gdynia – Rumia – Reda – Wejherowo. Obszar ten stale zamieszkiwany jest przez około 1 mln ludzi [22], przy czym co roku do samego tylko Gdańska dodatkowo przyjeżdża około pół miliona turystów zagranicznych i 800 tys. turystów krajowych, którzy korzystają z 23 kilometrów plaż i kilkunastu kąpielisk [40]. Obecnie do wód Zatoki Gdańskiej odprowadzane są ścieki oczyszczone z dwóch lokalnych oczyszczalni: Gdańsk Wschód ($Q_d = 95\,000\text{ m}^3/\text{d}$) i Gdynia Dębogórze ($Q_d = 55\,000\text{ m}^3/\text{d}$) oraz zanieczyszczenia wnoszone wraz z wodami cieków. Akwen ten jest odbiornikiem wód, drugiej co do wielkości, rzeki zlewiska Morza Bałtyckiego – Wisły, której odpływ z wielolecia 1974-2009 szacuje się średnio na $95\,068\,493\text{ m}^3/\text{d}$, co stanowi 90% odpływu wód rzecznych zasilających Zatokę [10, 17]. Dodatkowo, teren ten przecinają liczne ciekii pierwszego rzędu, bezpośrednio wpadające do morza. Część z nich alienuje wody Zatoki Gdańskiej (Potok Oliwski, Kamienny, Kolibkowski, Karlikowski oraz rzeka Kacza, Strzyża i Swelina), a część wody Zatoki Puckiej (Reda, Zagórska Struga). Powyższe ciekii niekiedy niemal na całej swojej długości zatraciły naturalny charakter, a charakter zanieczyszczeń wnoszonych do Zatoki Gdańskiej jest ściśle związany z zagospodarowaniem obszaru ich zlewiska. Ze względu na ograniczoną wymianę wód z otwartym morzem, strefa przybrzeżna Zatoki Gdańskiej jest podatna na niestaość czynników środowiskowych i antropogenicznych, a jej niezadowalający stan sanitarny bywa powodem zamknięcia kąpielisk [27].

W województwie pomorskim znajduje się 213 kąpielisk będących w ewidencji Państwowej Inspekcji Sanitarnej, przy czym 74 to kąpieliska nadmorskie. Według raportu o stanie sanitarnym kraju za rok 2007 [26] najwięcej kąpielisk negatywnie ocenionych pod względem sanitarnym znajduje się na obszarze województw: pomorskiego ($98 \div 39,4\%$ skontrolowanych), mazowieckiego ($33 \div 38,8\%$), warmińsko-mazurskiego ($29 \div 12,7\%$), łódzkiego ($28 \div 59,5\%$) i śląskiego ($22 \div 28,2\%$). Według autorów raportu jest to głównie wynikiem nieuregulowanej gospodarki wodno-ściekowej, w tym dopływu zanieczyszczonych cieków do akwenów, na których zlokalizowane są kąpieliska, co przekreśla możliwości trwałej poprawy jakości

wody w ramach nieskoordynowanych i lokalnie podejmowanych działań naprawczych.

Wody Zatoki Gdańskiej zasilane są przez liczne ciekii, których ujścia znajdują się na linii brzegowej akwenu. Tylko przez miasto Sopot przepływa 11 potoków o długości około 21 km. W przeszłości potoki zasilane były głównie przez wody drenażowe i podziemne spływające z terenów wysoczyzny, obecnie ich podstawowe „zasilanie” pochodzi ze spływów z miejskiej kanalizacji deszczowej w czasie opadów deszczu. Podczas opadów deszczu z wodami opadowymi zmywane są zanieczyszczenia, które wodami potoków odprowadzane są bezpośrednio do strefy przybrzeżnej Zatoki Gdańskiej. Tym samym ujścia lokalnych cieków uważane są za jedno z głównych źródeł zanieczyszczeń terenów rekreacyjnych strefy przybrzeżnej [18]. Powoduje to okresowe przekraczanie norm jakości wody wymaganych dla kąpielisk w zakresie parametrów mikrobiologicznych i fizykochemicznych, a w konsekwencji ich czasowe zamykanie. W celu zapewnienia bezpieczeństwa osób korzystających z kąpielisk, miasto Sopot przygotowało lokalny program rewitalizacji uzdrowiska, w którym w ramach „Programu uporządkowania gospodarki wodnej w Sopocie” w latach 2006-2013 przewidziano wyprowadzenie wód potoków w głąb Zatoki Gdańskiej.

W prezentowanej pracy przeanalizowano jakość wód w dwóch lokalnych ciekach: Potoku Oliwskim (obszar ujściowy do Zatoki Gdańskiej na granicy Gdańska i Sopotu) oraz w rzece Reda (ujście do Zatoki Puckiej) w aspekcie ich wpływu na pobliskie kąpieliska nadmorskie pod kątem nowych, obecnie obowiązujących norm prawnych. Oba ciekii są odbiornikami wód opadowych z pobliskich terenów o różnej charakterystyce (obszary zalesione, rolnicze oraz silne zurbanizowane, a także kompleksy ogródków działkowych). Na obu zlokalizowane są stawy rybne, a dodatkowo w zlewni Potoku Oliwskiego znajduje się Miejski Ogród Zoologiczny. Zatem należy sądzić, że badane ciekii w istotny sposób wpływają na możliwość wykorzystywania do celów rekreacyjnych pobliskich, przybrzeżnych kąpielisk morskich.

STAN PRAWNY DOTYCZĄCY OCENY JAKOŚCI WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Przy ocenie stanu jakości wód pod uwagę bierze się nie tylko zanieczyszczenia o charakterze mikrobiologicznym, ale także fizykochemicznym zarówno pochodzenia naturalnego, jak i wprowadzane do wód w wyniku działalności człowieka. Powyższe zanieczyszczenia mogą występować w różnych formach, ulegać różnego rodzaju przemianom oraz zmieniać się wraz z sezonowością. W celu ujednolicenia oceny stanu jakości wód w większości państw należących do Unii Europejskiej wydawane są akty prawne określające dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń. W październiku 2000 r. Parlament i Rada Unii Europejskiej uchwaliły Ramową Dyrektywę Wodną (RDW)[9],

która ustaliła ramy wspólnego działania krajów członkowskich w dziedzinie polityki wodnej, zakładając osiągnięcie dobrego stanu wód powierzchniowych do 2015 r. Polska przystąpiła do UE 1 maja 2004 r., jednakże wdrażanie polityki wodnej UE rozpoczęto już w trakcie przygotowań do członkostwa. Transpozycja przepisów RDW do prawodawstwa polskiego przeprowadzona została poprzez ustawę Prawo wodne [36] z dnia 18 lipca 2001 r. (Dz. U. Z 2005 r. Nr 239, poz. 2019 z późn. zm.), która reguluje gospodarowanie krajowymi wodami. Z mocy artykułu 49 ustawy Prawo wodne 11 lutego 2004 r. ukazało się wydane przez Ministra Środowiska Rozporządzenie w sprawie klasyfikacji do prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód [30] (Dz. U. Nr 32, poz. 284), wprowadzające nową klasyfikację do prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych. Wcześniej, tj. do końca 2003 r. obowiązywało w Polsce rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. (Dz. U. Nr 116, poz. 503), w którym zakładało się podział na trzy klasy czystości. Wody o stężeniach zanieczyszczeń przekraczających dopuszczalne normy dla III klasy określano jako pozaklasowe.

Równoległe ze wspomnianym Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. (Dz. U. Nr 32, poz. 284) ukazała się także „mała nowelizacja” ustawy Prawo wodne (Dz. U. Nr 228 poz. 2259). Zgodnie z nowelizacją obowiązujący wcześniej artykuł 49 dotyczący oceny jakości wód powierzchniowych i podziemnych w ramach państwowego monitoringu środowiska został podzielony na dwa: 49 (sposobu oceny stanu wód powierzchniowych i podziemnych) oraz 49a (w sprawie sposobu prowadzenia monitoringu wód powierzchniowych oraz podziemnych). Wspomniane rozporządzenie miało charakter przejściowy i traciło moc prawną 31 grudnia 2004 r., kiedy to zastąpione miało być dwoma nowymi. Jednak dopiero 24 września 2008 r. weszło w życie Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (Dz. U. Nr 162, poz. 1008). Obecnie obowiązuje Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. Nr 257, poz. 1545), które uchyliło akt prawny z sierpnia 2008 r.

Przed wejściem w życie rozporządzenia z dnia 20 sierpnia 2008 r. wody były klasyfikowane głównie na podstawie parametrów fizyko-chemicznych, a po tym terminie, zgodnie z wymogami RDW, poprzez ocenę ich stanu ekologicznego. W rozporządzeniu z 9 listopada 2011 r. zawarto:

- 1) wartości graniczne wskaźników jakości wód odnoszące się do jednolitych części wód powierzchniowych w:
 - ciekach naturalnych, takich jak: struga, strumień, potok, kanał oraz rzeka, nie wyznaczonych jako jednolite części wód sztucznie lub silnie zmienione (załącznik nr 1 do rozporządzenia MŚ),
 - jeziorach lub innych naturalnych zbiornikach wodnych, w tym jeziorach lub innych zbiornikach naturalnych wyznaczonych jako jednolite części wód silnie zmienione oraz sztucznych zbiornikach wodnych (załącznik nr 2 do rozporządzenia MŚ);

- wodach przejściowych, w tym wyznaczonych jako jednolite części wód silnie zmienione (załącznik nr 3 do rozporządzenia MŚ),
 - wodach przybrzeżnych, w tym wyznaczonych jako jednolite części wód silnie zmienione (załącznik nr 4 do rozporządzenia MŚ),
 - kanałach, strugach, strumieniach, potokach oraz rzekach wyznaczonych jako sztuczne lub silnie zmienione (załącznik nr 5 do rozporządzenia MŚ),
- 2) wartości graniczne wskaźników jakości wód z grupy substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (specyficzne zanieczyszczenia syntetyczne i nie syntetyczne) odnoszące się do jednolitych części wód powierzchniowych wszystkich kategorii (załącznik nr 6 do rozporządzenia MŚ),
 - 3) środowiskowe normy jakości dla substancji priorytetowych oraz dla innych zanieczyszczeń, rozumiane jako stężenie określonego zanieczyszczenia lub grupy zanieczyszczeń w wodzie, osadach wodnych lub w faunie i florze wodnej, które nie powinno być przekroczone ze względu na ochronę zdrowia ludzkiego i środowiska (załącznik nr 9 do rozporządzenia MŚ).

Rozporządzenie z dnia 9 listopada 2011 r. zawiera jednocześnie opisy sposobu klasyfikacji stanu ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych oraz potencjału ekologicznego jednolitych części wód powierzchniowych sztucznych i silnie zmienionych. Uregulowany został ponadto sposób interpretacji wyników dotyczących wskaźników fizykochemicznych, biologicznych i hydromorfologicznych, a także sposób oceny i prezentacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych (załącznik nr 11 i 12 do rozporządzenia MŚ). Podstawowymi parametrami oceny stanu jednolitych części wód powierzchniowych są elementy biologiczne, takie jak np.: wskaźnik fitoplanktonowy oraz Multimetryczny Indeks Okrzemkowy. Elementy fizykochemiczne (np.: temperatura wody, zawiesina ogólna) i hydromorfologiczne (np.: ilość i dynamika przepływu wody, połączenia z częściami wód podziemnych) pełnią jedynie funkcję wspomagającą, służąc do określenia odpowiednio stanu: złego, słabego, umiarkowanego, dobrego oraz bardzo dobrego. Dodatkowo oceniany jest stan chemiczny wód, przez określone substancje priorytetowe, np.: atrazyna, benzen, nikiel, ołów, rtęć i ich związki, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA).

STAN PRAWNY DOTYCZĄCY OCENY JAKOŚCI WODY W KĄPIELISKACH

Po uchyleniu 1 stycznia 2011 r., na mocy ustawy z dnia 4 marca 2010 r. o zmianie ustawy Prawo wodne (Dz.U. nr 44 poz. 253), Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach (Dz. U. Nr 183 poz. 1530), podstawowymi dokumentami prawnymi regulującymi jakość wód kąpielisk są: Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 8 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia nadzoru nad jakością wody w kąpielisku i miejscu wykorzystywanym do kąpieli (Dz.U. nr 86

poz. 478) i Dyrektywa 2006/7/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 lutego 2006 r. dotyczącą zarządzania jakością wody w kąpieliskach.

Dyrektywa 2006/7/WE Parlamentu Europejskiego i Rady ustala klasy jakości dla wód przybrzeżnych i przejściowych oraz dla wód wewnętrznych (załącznik 1 do dyrektywy) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 8 kwietnia 2011 r. (Dz. U. nr 86 poz. 478) określa natomiast pożądaną i dopuszczalną jakość wód w kąpieliskach i miejscach wykorzystywanych do kąpieli (załącznik 1 do rozporządzenia MZ). Jakość wody dzielona jest na cztery kategorie: niedostateczną, dostateczną, dobrą i doskonałą, a przy ocenie brana jest pod uwagę liczba bakterii gatunku *Escherichia coli* oraz liczba paciorkowców kałowych (Enterokoków). Poza parametrami mikrobiologicznymi wpływ na ostateczną kategorię mają również inne czynniki, takie jak: obecność innych organizmów, w tym zakwitu sinic przybierającego postać kożucha, smugi lub piany, stopień rozmnożenia się makroalg lub fitoplanktonu morskiego, a także obecność materiałów smolistych.

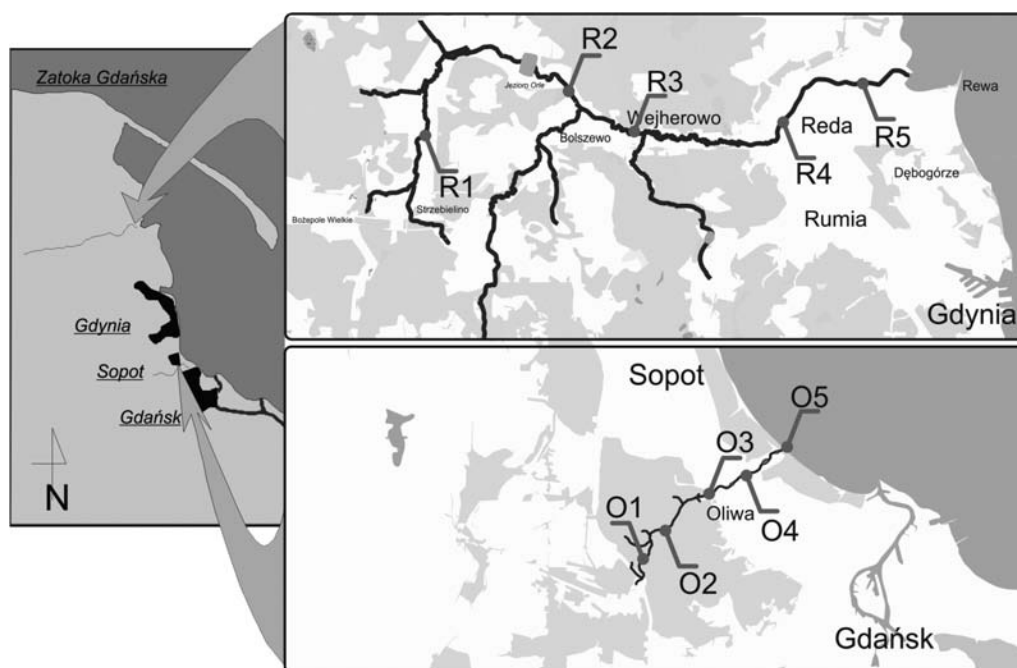
CHARAKTERYSTYKA BADANYCH REJONÓW

Potok Oliwski, jak i rzeka Reda w istotny sposób wpływają na możliwość wykorzystywania pobliskich, przybrzeżnych kąpielisk morskich do celów rekreacyjnych. Są one odbiornikami wód opadowych z pobliskich terenów o różnej charakterystyce (obszary zalesione, rolnicze oraz silnie zurbanizowane, a także kompleksy ogródków działkowych). Na obu ciekach zlokalizowane są stawy rybne oraz dodatkowo w zlewni Potoku Oliwskiego zlokalizowany jest Miejski Ogród Zoologiczny.

W pracy analizowano próbki wody powierzchniowej pobrane z dwóch badanych cieków. Na każdym z nich wyznaczono po pięć punktów pomiarowych: w górnym odcinku biegu cieku (pomiar tła), w odcinku ujściowym oraz w trzech pośrednich lokalizacjach (rys. 1).

Rzeka Reda jest największym ciekim zasilającym wody przybrzeżne Zatoki Puckiej. Źródła Redy leżą na zachód od miejscowości Strzebielino [25] (punkt R1). Rzeka ta przepływa następnie szeroką i zabagnioną doliną przez obszary rolnicze powiatu wejherowskiego (R2). W dalszym biegu przepływa przez jezioro Orle powstałe w wyniku zalania dawnego wyrobiska cementowni w Wejherowie. Poniżej jeziora rzeka jest skanalizowana. Od Wejherowa (R3) wyraźnie przyspiesza i płynie, silnie meandrując przez obszary zalesione. W okolicy miasta Reda (R4) rzeka zwalnia bieg. W końcowym odcinku ciek przepływa przez rezerwat przyrody „Beka” i uchodzi do laguny, wewnętrznej części Zatoki Puckiej (R5), w okolicy wsi Mrzeżino. Rzeka Reda charakteryzuje się wyraźną asymetrią zlewni. Jej lewobrzeżna część stanowi zaledwie 25% całej powierzchni zlewni (największy lewy dopływ to Zagórska Struga), natomiast prawobrzeżna – pozostałe 75% (największy prawy dopływ to Bolszewka z Gościcinką) [41].

Potok Oliwski, nazywany też Potokiem Jelitkowskim, wypływa z obszaru Wysoczyzny Gdańskiej na wysokości 120 m n.p.m. [23]. W rejonie tym zlokalizowano pierwszy punkt pomiarowy (O1). Jest to jeden z nielicznych strumieni, który przepływa przez aglomerację gdańską i alimentuje bezpośrednio wody Zatoki Gdańskiej, będąc jednocześnie pod bezpośrednim lub pośrednim wpływem działalności człowieka [11]. Potok Oliwski jest typowym ciekim omawianego terenu. W literaturze można zetknąć się z podziałem zlewni Potoku Oliwskiego na dwie zasadniczo różniące się części, zachodnią i wschodnią [11]. Pierwsza z nich charakteryzuje się znacznymi deniwelacjami terenu, a także znacznym zalesieniem (z wyjątkiem terenów położonych na zachód od obwodnicy). Cała zalesiona część zlewni Potoku Oliwskiego jest elementem Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego. Jest to obszar niezmieniony przez człowieka o dobrze zachowanych, cennych walorach przyrodniczych [5]. Na granicy Parku, tuż za stawami rybnymi, zlokalizowano drugi punkt pomiarowy (O2). Wschodnia część zlewni to tereny dolnego biegu Potoku Oliwskiego, silnie zurbanizowane, które



Rys. 1. Rejon badań rzeka Reda (punkty R1 ÷ R5), Potok Jelitkowski (punkty O1 ÷ O5)

Tabl. 1. Podstawowe charakterystyki Potoku Oliwskiego [5, 8, 23] oraz rzeki Redy [1, 21, 38]

	Potok Oliwski	Rzeka Reda
Powierzchnia zlewni	28,46 km ²	485 km ²
Długość rzeki	9,5 km	50,6 km
Średni spadek	14‰ bieg górny – 24,2‰ środkowy – 14,3‰ i dolny – 0,8‰	1‰ bieg górny – 2,4‰ środkowy – 0,9‰ dolny – 0,7‰
Średni przepływ	0,52 m ³ /s	bieg górny – 0,8 m ³ /s środkowy – 4,5 m ³ /s dolny – 5,2 m ³ /s
Maksymalny przepływ	brak danych	obszar źródłiska – 2,4 m ³ /s obszar ujściowy – 29 m ³ /s
Średni roczny opad	600 mm	680 mm

stale są przekształcane w wyniku działalności człowieka. Potok ten przepływa przez kolejne dzielnice mieszkaniowe Gdańska: Oliwę (O3) oraz Przymorze (O4). Należy zaznaczyć, że na osiedlu Przymorze obok wielkopłytkowej zabudowy zlokalizowane są ogródki działkowe. Ciek uchodzi bezpośrednio do Zatoki Gdańskiej na granicy Gdańska – Oliwy oraz uzdrowiska Sopot. Głównym dopływem Potoku Oliwskiego jest Potok Rynarzewski przepływający przez Miejski Ogród Zoologiczny.

POTENCJALNE ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZEŃ RZECI REDY I POTOKU OLIWSKIEGO

Ze względu na położenie rzeki Redy można zaobserwować wiele obszarowych oraz punktowych źródeł zanieczyszczeń. Nieuporządkowana gospodarka ściekowa terenów wiejskich oraz miejskich to główne źródła zanieczyszczeń w górnym i środkowym biegu rzeki Redy. Zanieczyszczenia mogą być również wnoszone przez główne dopływy Redy, Bolszewkę oraz Gościcinkę [6], a jako potencjalne źródła zanieczyszczeń uznaje się również: Okręgową Spółdzielnię Mleczarską „Wejherowo” w Zamostnem, Cementownię „Wejherowo” w Wejherowie, Okręgową Spółdzielnię Mleczarską „Wejherowo” w Luzinie, Oczyszczalnię Ścieków „Luzino” w Luzinie, Fabrykę Mebli „Kłose” w Gościcinie oraz stawy hodowli ryb łososiowatych na Bolszewce.

Potok Oliwski do lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku należał do najbardziej zanieczyszczonych cieków miasta Gdańska [3, 19]. Głównymi potencjalnymi źródłami zanieczyszczenia jego wód może być m.in. zanieczyszczenie pochodzące z rejonów o nie uporządkowanej gospodarce ściekowej, takie jak: ogródki działkowe czy miejsca nielegalnej zabudowy mieszkaniowej [39]. Do dziś jest on głównym odbiornikiem wód opadowych z powierzchni parkingów, dróg, placów oraz z dróg komunikacyjnych. Kolejnym potencjalnym źródłem zanieczyszczenia może być hodowla ryb w Dolinie Radości, presja rekreacyjna na terenie strefy krawędziowej i rozbudowa obiektów mieszkalnych [3]. Nie bez znaczenia jest również ładunek zanieczyszczeń wnoszony do Potoku Oliwskiego przez jego dopływy [19].

Tabl. 2. Zestawienie podłoży, temperatury i czasu inkubacji oznaczanych grup bakterii

Grupa bakterii	Podłoże	Temperatura / czas inkubacji	Uwagi
Bakterie względnie psychrofilne (BP)	Agar z ekstraktem drożdżowym (według PN-ISO 6222)	20°C / do 72 h	zliczano wszystkie kolonie
Bakterie mezofilne (BM)	Agar z ekstraktem drożdżowym (według PN-ISO 6222)	37°C / do 48 h	zliczano wszystkie kolonie
Bakterie grupy coli typu kałowego (FC)	Agar mFC (Merck) według ISO 9308-1:2000	44°C / do 24 h	zliczano kolonie o niebieskim zabarwieniu
Paciorkowce kałowe (FE)	Slanetz-Bartley	44°C / przez 2 h	potwierdzenie na podłożu z eskuliną azydkiem i żółcią (według PN-EN ISO 7899 2:2002 (U))

ZAKRES BADAŃ

Wodę do badań pobierano raz w miesiącu w okresie od maja 2007 do kwietnia 2008 r. Próby przewożono w termotorbach do laboratorium, gdzie niezwłocznie były poddawane analizie.

W wyznaczonych punktach pomiarowych *in situ* oznaczano temperaturę i odczyn pH. Stężenie różnych form azotu (N-NO₃, N-NH₄, N-og), fosforu (P-og) oraz chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT) wyznaczano metodą spektrofotometryczną przy użyciu spektrofotometru Xion 500 (Dr Lange GmbH, Berlin, Germany) zgodnie z APHA 1992. Stężenie zawiesiny ogólnej mierzono metodą grawimetryczną według PN-72/C-04559/02, stężenie tlenu rozpuszczonego oraz biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT₅) określono metodą Winklera (PN-EN 25813 i PN-EN 1899), a stężenia chlorków metodą miareczkową według PN-ISO 9297. Stężenie rozpuszczonego węgla organicznego (DOC) określano, wykorzystując analizator węgla organicznego Schimadzu TOC-5000 zgodnie z metodyką opisaną przez Sugimura i Suzuki [35].

Analizę liczebności bakterioplanktonu przeprowadzano za pomocą fluorescencyjnego barwienia komórek bakterii barwnikiem DAPI – 4,6-diamidino-2-phenylindole (Molecular Probes) zgodnie z metodyką opisaną przez Porter i Feig [24], a następnie bezpośrednio zliczano w mikroskopie epifluorescencyjnym za pomocą automatycznego systemu analizy obrazu NIS-Elements BR 3,0 i MultiScan.

Pozostałe analizy bakteriologiczne wykonywano metodami hodowlanymi na podłożach agarowych przy zastosowaniu metody filtracji membranowej (tabl. 2).

WYNIKI I DYSKUSJA

Określone w pracy wartości parametrów fizykochemicznych i mikrobiologicznych badanych wód odnoszono do zamiesz-

czonych w najnowszym Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. dotyczącym sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych.

W badanym okresie, od maja 2007 do kwietnia 2008 r., wartości temperatury powietrza na obszarze Potoku Oliwskiego i rzeki Redy rozkładały się zgodnie z porami roku i w obu ciekach były zbliżone. Analogicznie kształtował się rozkład temperatur wody (tabl. 3). Pomiędzy górnym a dolnym biegiem analizowanych cieków nie zaobserwowano wyraźnych różnic. Temperatura wody obu rzek nie przekraczała wartości 22°C, wymaganej dla wód powierzchniowych I klasy czystości. Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie układało się natomiast w przeciwfazie do rozkładu temperatury wody, potwierdzając odwrotnie proporcjonalną zależność między tymi parametrami. W okresie badawczym minimalny poziom nasycenia wody tlenem wyniósł 62,3% i nie stanowił zagrożenia dla organizmów środowiska wodnego.

Wartości ChZT w wodzie rzeki Reda z nielicznymi wyjątkami odpowiadały II klasie czystości (od 25 mg O₂/dm³ do 30 mg O₂/dm³). Analiza zmienności tego parametru w czasie nie wykazała istnienia żadnej znaczącej prawidłowości, a średnia wartość tego parametru z całego okresu badań wyniosła 16,24 mg O₂/dm³. Natomiast w Potoku Oliwskim zdecydowana większość wyników nie przekraczała 25 mg O₂/dm³ i kształtowała się na granicy I klasy czystości, przekraczając ją jedynie w okresie letnim. Wartości BZT₅ w obu analizowanych ciekach wykazywały zbliżony przebieg w czasie, wyraźnie wyższe wartości zaobserwowano w okresie letnim, niższe w kolejnych, chłodniejszych miesiącach. W przypadku rzeki Redy w okresie wegetacyjnym wartości średnie oscylowały na granicy wymaganej dla II klasy czystości. W miesiącach jesienno-zimowych (od września do kwietnia) wartości BZT₅ nie przekraczały 3 mg O₂/dm³ i odpowiadały I klasie czystości z wyjątkiem lutego (średnio 4,7 mg O₂/dm³). W Potoku Oliwskim sytuacja kształtowała się bardzo podobnie.

Wyniki parametrów fizykochemicznych, takich jak: zawiesina ogólna, wartość pH, stężenie chlorków, DOC, tlen rozpuszczony, fosfor ogólny czy formy azotu świadczą o niskim zanieczyszczeniu Potoku Oliwskiego i rzeki Redy. Również odczyn wody Potoku Oliwskiego oscylował pomiędzy 7,2 ÷ 8,0 pH. W rzece Reda odnotowano nieznacznie większe wahania 7,0 ÷ 8,1 pH, co według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. wartości 6,0 ÷ 8,5 pH charakteryzuje wody nie zanieczyszczone, zaliczane do I klasy czystości.

Analiza wartości zawiesiny ogólnej w obu ciekach wskazuje, że największe wahania i wartości tego parametru występują w miesiącach wiosenno-letnich, od maja do września. Może być to spowodowane wystąpieniem intensywnych deszczy powodujących zwiększenie przepływu wody w cieku. Znaczny przepływ wody może powodować podrywanie ziarenek piasku oraz innych cząstek z dna i brzegów, zwiększając tym samym stężenie zawiesin ogólnych. Sytuacja taka może mieć miejsce szczególnie po dłuższych okresach bezdeszczowych [2, 4, 7, 12, 14, 16]. Jednakże ze względu na okresy, w których stężenie zawiesiny ogólnej było podwyższone, bardziej prawdopodobne wydaje się, że przyczyną takiego stanu rzeczy może być zwiększona produkcja pierwotna występująca w chwili poboru próbek w miesiącach wiosenno-letnich [20]. Wyniki stężeń zawiesiny

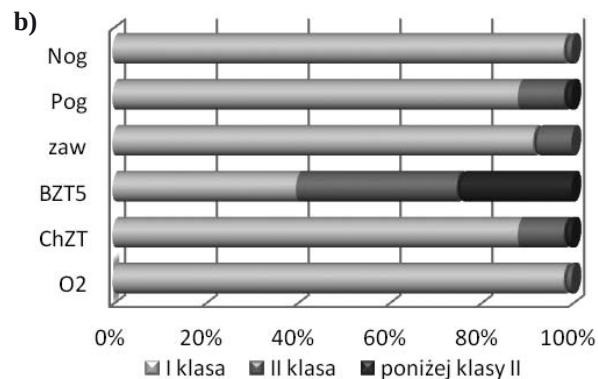
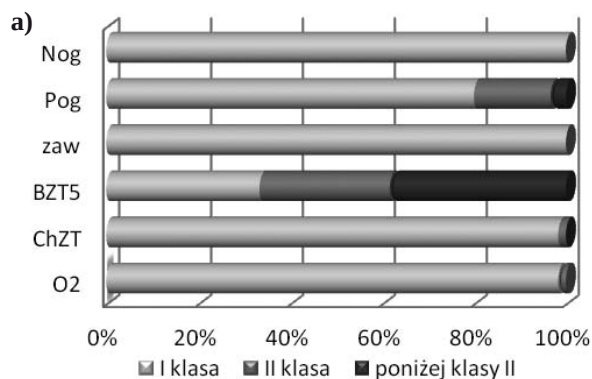
ogólnej Potoku Oliwskiego w całości zawierały się w I klasie czystości. Natomiast w rzece Redzie należały do I i II klasy czystości ze znaczną przewagą tych pierwszych.

Zaobserwowano stosunkowo dużą zmienność sezonową stężeń chlorków. W obu ciekach w okresie zimowym wielkość tego parametru widocznie wzrosła. Chlorki sodu, wapnia i magnezu są używane do usuwania śniegu, lodu z dróg i obiektów budowlanych [15], zatem podwyższone wartości w próbach z okresu zimowego mogą sugerować dopływ zanieczyszczeń do obu badanych cieków.

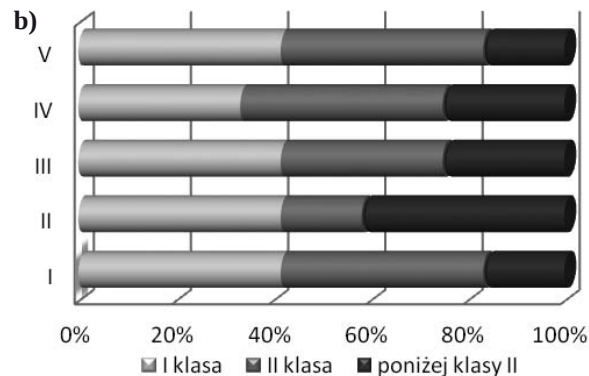
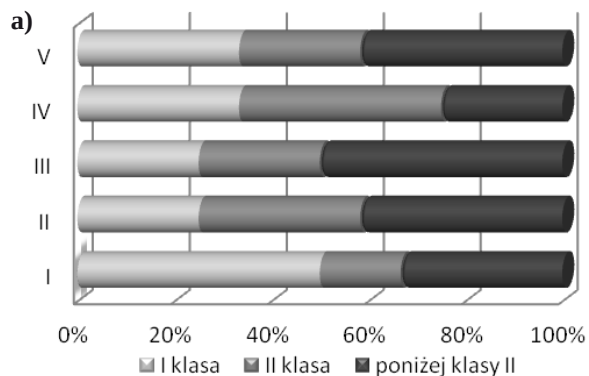
Stężenia pierwiastków biogenych w wodach powierzchniowych charakteryzują się dużą zmiennością w związku z wpływem warunków hydrologicznych, sezonu wegetacyjnego i zmian w dopływach antropogennych. Średnie stężenie fosforu ogólnego w obu rzekach było stosunkowo niskie i nie przekraczało wartości 0,2 mg/dm³ wymaganej dla wód I klasy jakości zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. Podwyższone wartości stężeń fosforu ogólnego incydentalnie przekraczające wartości dopuszczalne dla II klasy jakości wód zaobserwowano zarówno w rzece Redzie, jak i w Potoku Oliwskim jedynie w lipcu (rys. 5).

Stężenie azotu ogólnego w próbkach wody pobranych z rzeki Redy zawierało się w przedziale od 1,4 do 5,1 mg N/dm³, podczas gdy w Potoku Oliwskim było nieznacznie niższe: od 0,5 do 3,8 mg N/dm³ (tabl. 3). W przypadku azotu amonowego typowym zjawiskiem obserwowanym w rzekach jest wzrost jego stężenia w okresie zimowym, w związku z spowolnieniem/zahamowaniem procesów wegetacyjnych [13]. W przypadku Potoku Oliwskiego i rzeki Redy powyższe zależności nie zarysowały się wyraźnie, co mogło być spowodowane zakłóceniem tego układu poprzez dopływ ścieków zawierających związki azotowe lub przez spływy powierzchniowe. Stężenia azotu amonowego oraz azotu azotanowego w poszczególnych punktach pomiarowych na obu rzekach zawierały się w podobnych przedziałach wartości i nie przekraczały, odpowiednio w rzece Redzie: 0,7 mg N_{NH4}/dm³ i 1,8 mg N_{NO3}/dm³ oraz 0,7 mg N_{NH4}/dm³ i 1,2 mg N_{NO3}/dm³ w Potoku Oliwskim (tabl. 3). Zaznaczyć należy, że na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. (Dz.U. 2002 nr 241 poz. 2093) w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych, średnie roczne stężenia azotu i fosforu ogólnego uzyskane dla obu cieków nie przekraczały wartości świadczących o podatności tych wód na eutrofizację (tj. odpowiednio 5 mg N/dm³ oraz 2,5 mg P/dm³).

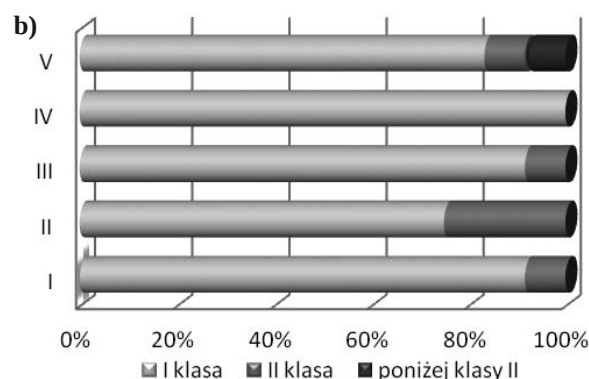
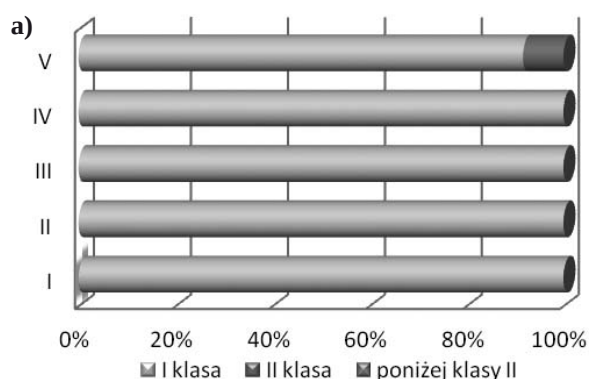
Podsumowując, sporadyczne przekroczenia w obu ciekach dotyczyły następujących parametrów jakości wody: azot ogólny, zawiesina, ChZT i stężenie tlenu rozpuszczonego. Stężenia omawianych parametrów tylko sporadycznie przekraczały wartości dopuszczalne, a ponad 95% wyników mieściło się w klasie I czystości wód. W przypadku fosforu ogólnego i ChZT, mimo że większość wyników zaliczono do klasy I, sporadycznie odnotowano stężenia poniżej klasy II. Najczęstsze przekroczenia stwierdzono w przypadku BZT₅. Stężenia tego parametru w wodach obu cieków były znacznie przekroczone i w konsekwencji aż 40% próbek wody Potoku Oliwskiego i 30% rzeki Reda przekraczało wartości wymagane dla II klasy czystości. Należy zaznaczyć, że pomimo różnic w morfologii badanych cieków wodnych zaobserwowano podobieństwo w stężeniach analizowanych wskaźników.



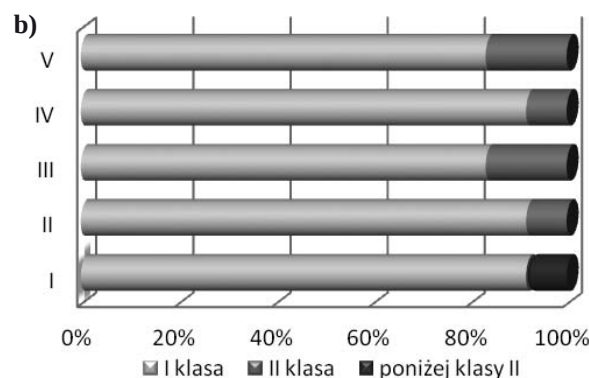
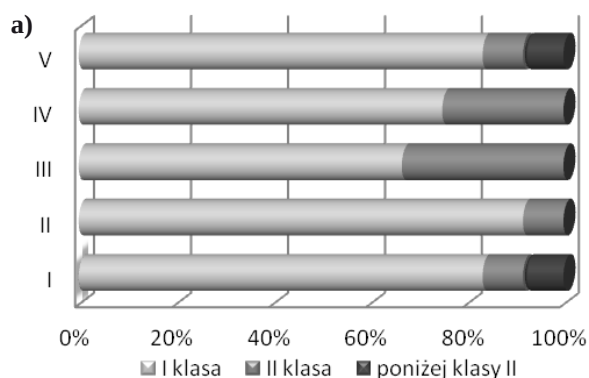
Rys. 2. Wybrane wskaźniki zanieczyszczeń rzek uchodzących do Morza Bałtyckiego – udziały klasowe wyników monitoringu w poszczególnych punktach pomiarowych a) Potok Oliwski, b) rzeka Reda



Rys. 3. BZT5 rzek uchodzących do Morza Bałtyckiego – udziały klasowe wyników monitoringu w poszczególnych punktach pomiarowych a) Potok Oliwski, b) rzeka Reda



Rys. 4. ChZT rzek uchodzących do Morza Bałtyckiego – udziały klasowe wyników monitoringu w poszczególnych punktach pomiarowych a) Potok Oliwski, b) rzeka Reda



Rys. 5. P_{og} rzek uchodzących do Morza Bałtyckiego – udziały klasowe wyników monitoringu w poszczególnych punktach pomiarowych a) Potok Oliwski, b) rzeka Reda

Tabl. 3. Wyniki analiz jakości wód rzeki Redy i Potoku Oliwskiego

		pH L	T _{pow} [°C]	T _w [°C]	tlen W [mgO ₂ /l]	ChZT [mgO ₂ /l]	BZT ₅ [mgO ₂ /l]	Zawiesina [mg/l]	Cl [mgCl/l]	P _{og} [mgP/l]	N _{og} [mgN/l]	N _{NH4} [mgN/l]	N _{NO3} [mgN/l]
R1	średnia min ÷ max	7,5 7,2 ÷ 7,7	8,9 1,0 ÷ 20,0	8,0 4,0 ÷ 14,0	8,9 6,8 ÷ 9,9	10,5 5,0 ÷ 28,1	3,8 0,4 ÷ 6,5	8,7 0,6 ÷ 42,4	15,9 41,8 ÷ 41,8	0,1 0,0 ÷ 0,5	2,9 1,4 ÷ 5,1	0,4 0,1 ÷ 0,7	0,8 0,2 ÷ 1,5
R2	średnia min ÷ max	7,7 7,3 ÷ 8,1	9,2 2,0 ÷ 20,0	9,7 3,5 ÷ 18,0	10,9 7,4 ÷ 15,8	19,1 11,0 ÷ 26,2	4,3 1,1 ÷ 8,8	12,6 2,6 ÷ 26,4	16,3 1,8 ÷ 39,0	0,1 0,0 ÷ 0,3	2,5 1,4 ÷ 4,9	0,3 0,0 ÷ 0,6	0,4 0,0 ÷ 1,1
R3	średnia min ÷ max	7,6 7,3 ÷ 7,8	9,8 3,0 ÷ 20,0	8,8 4,0 ÷ 15,0	10,5 7,0 ÷ 13,7	17,1 12,0 ÷ 26,3	4,1 0,3 ÷ 6,9	12,2 3,4 ÷ 45,6	15,2 7,8 ÷ 35,5	0,1 0,1 ÷ 0,3	2,7 1,6 ÷ 4,9	0,3 0,0 ÷ 0,6	0,7 0,2 ÷ 1,6
R4	średnia min ÷ max	7,7 7,4 ÷ 7,9	10,3 3,0 ÷ 21,0	8,6 4,0 ÷ 15,0	11,1 9,1 ÷ 13,9	15,9 8,0 ÷ 24,0	4,4 1,3 ÷ 7,3	12,1 2,6 ÷ 42,0	16,8 1,8 ÷ 37,2	0,1 0,1 ÷ 0,2	2,5 1,3 ÷ 4,1	0,3 0,1 ÷ 0,6	0,8 0,2 ÷ 1,8
R5	średnia min ÷ max	7,6 7,0 ÷ 7,9	10,3 4,0 ÷ 21,0	9,1 4,0 ÷ 17,0	10,3 8,4 ÷ 12,6	18,5 7,6 ÷ 32,8	4,0 1,8 ÷ 6,7	15,3 2,6 ÷ 29,2	27,6 8,5 ÷ 83,3	0,2 0,0 ÷ 0,4	3,0 2,0 ÷ 4,4	0,4 0,1 ÷ 0,6	0,7 0,2 ÷ 1,6
O1	średnia min ÷ max	7,5 7,2 ÷ 7,8	9,3 2,0 ÷ 19,0	8,5 4,0 ÷ 12,0	10,7 6,4 ÷ 13,3	11,0 6,2 ÷ 21,5	4,2 0,4 ÷ 8,2	13,4 8,2 ÷ 21,8	29,5 9,9 ÷ 79,8	0,2 0,0 ÷ 0,8	1,9 0,5 ÷ 3,1	0,2 0,0 ÷ 0,4	0,4 0,1 ÷ 1,2
O2	średnia min ÷ max	7,6 7,4 ÷ 7,9	9,6 2,0 ÷ 19,0	9,3 5,0 ÷ 14,5	11,6 8,9 ÷ 14,5	9,8 5,6 ÷ 15,8	5,0 1,5 ÷ 9,3	9,0 4,2 ÷ 21,0	28,5 18,4 ÷ 60,3	0,2 0,0 ÷ 0,4	2,0 0,7 ÷ 3,8	0,3 0,1 ÷ 0,6	0,5 0,1 ÷ 1,2
O3	średnia min ÷ max	7,6 7,4 ÷ 7,8	9,5 3,0 ÷ 19,0	9,9 4,5 ÷ 16,5	12,4 9,4 ÷ 17,9	9,7 4,3 ÷ 20,7	5,7 2,1 ÷ 8,6	9,5 5,0 ÷ 13,9	22,9 9,6 ÷ 56,7	0,2 0,1 ÷ 0,3	2,2 1,2 ÷ 3,8	0,3 0,1 ÷ 0,5	0,3 0,1 ÷ 1,0
O4	średnia min ÷ max	7,7 7,4 ÷ 8,0	10,1 3,0 ÷ 20,0	10,1 4,0 ÷ 18,0	12,0 7,2 ÷ 16,1	8,9 3,6 ÷ 16,9	4,7 0,9 ÷ 8,3	7,7 4,4 ÷ 14,4	26,3 11,7 ÷ 62,0	0,1 0,1 ÷ 0,3	2,1 0,8 ÷ 3,8	0,3 0,0 ÷ 0,7	0,4 0,1 ÷ 1,2
O5	średnia min ÷ max	7,7 7,5 ÷ 7,9	10,2 3,0 ÷ 20,0	10,5 3,0 ÷ 19,0	12,00 8,0 ÷ 16,3	10,6 5,5 ÷ 25,4	5,0 2,3 ÷ 8,0	7,5 2,0 ÷ 20,8	26,0 12,8 ÷ 67,4	0,1 0,1 ÷ 0,5	2,0 1,1 ÷ 3,7	0,3 0,0 ÷ 0,6	0,4 0,1 ÷ 0,8

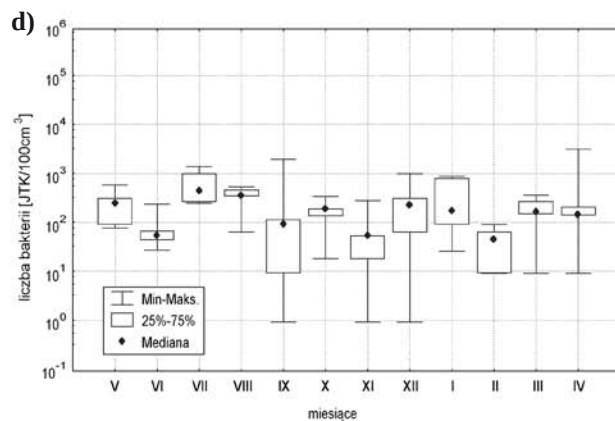
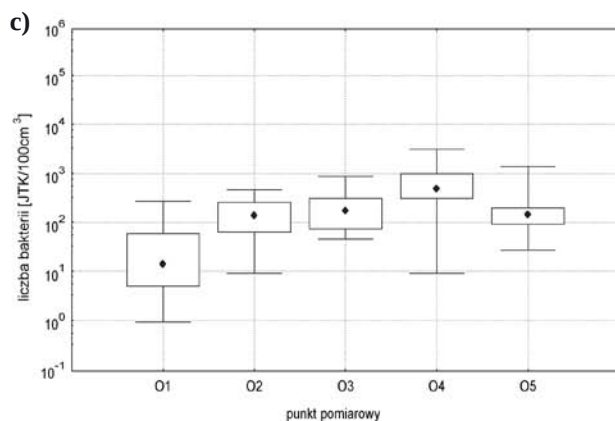
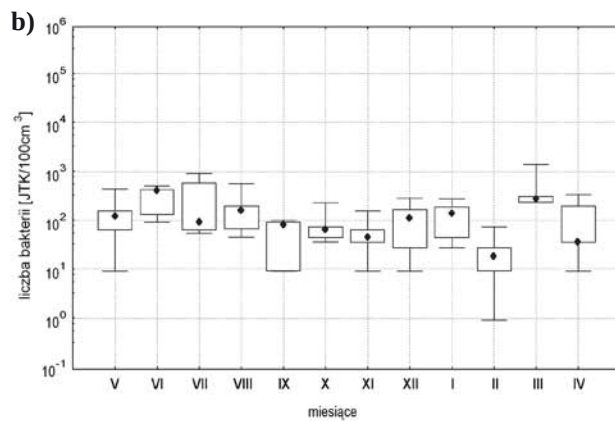
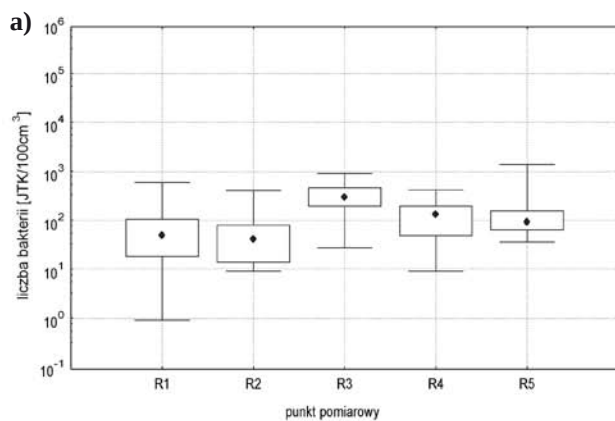
W rzece Redzie najwyższe wartości liczby bakterii z grupy coli typu kałowego (FC) odnotowano w punkcie trzecim (R3), a w Potoku Oliwskim w punkcie czwartym (O4), co świadczy o dopływie wód opadowych z terenów miejskich, a także o dopływie ścieków gospodarczych z obszarów o nieuporządkowanej gospodarce ściekowej (rys. 6). Poczynając od maja, w kolejnych miesiącach liczba bakterii FC w rzece Redzie przekroczyła wartość 10^3 JTK/cm³ tylko w marcu 2008 r., natomiast w Potoku Jelitkowskim przekroczenie tej wartości stwierdzono w lipcu, wrześniu i grudniu 2007 r. oraz kwietniu 2008 r. (rys. 6). Bardzo podobnie układała się liczba bakterii z grupy paciorkowców typu kałowego. Dla tej grupy bakterii również w obu ciekach najwyższe wartości odnotowano w punktach: trzecim, czwartym, a także w piątym (rys. 7). Najwyższe wartości odnotowano w marcu w rzece Redzie oraz w lipcu i sierpniu w Potoku Jelitkowskim (rys. 7).

Obok bakterii wskaźnikowych oceniano liczebność bakterii heterotroficznych (względnie psychrofilnych i mezofilnych), uzależnionych od dostępności materii organicznej. W pracy analizowano występowanie dwóch grup bakterii: rosnących w temperaturze 22°C bakterii względnie psychrofilnych i w 37°C bakterii mezofilnych. W obu ciekach zaobserwowano wzrost liczebności obu grup bakterii heterotroficznych w kierunku od źródła do ujścia (rys. 8). Na stanowisku nr 4, zarówno w wodach Potoku Oliwskiego oraz rzeki Reda, stwierdzono największą liczebność bakterii względnie psychrofilnych (BP), odpowiednio $2,4 \cdot 10^5$ JTK/ml i $1,4 \cdot 10^5$ JTK/ml. Ogólna liczebność bakterii mezofilnych była niższa, aczkolwiek również stopnio-

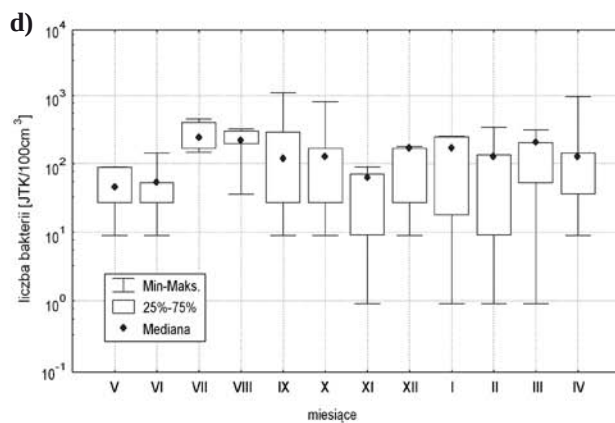
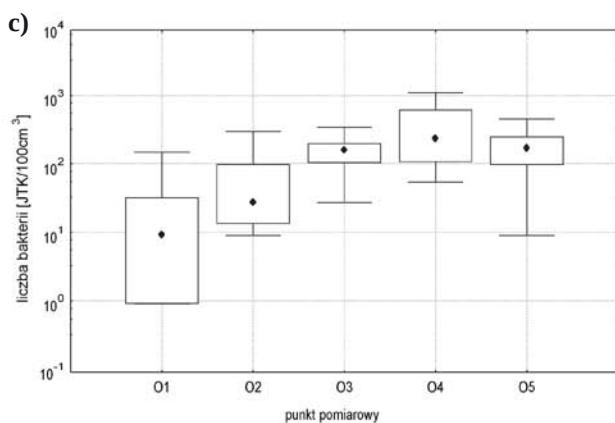
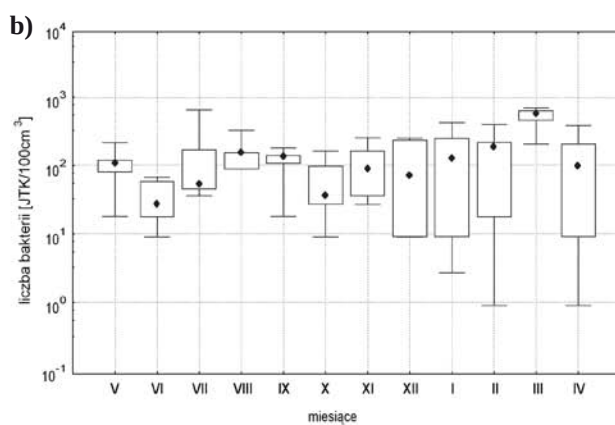
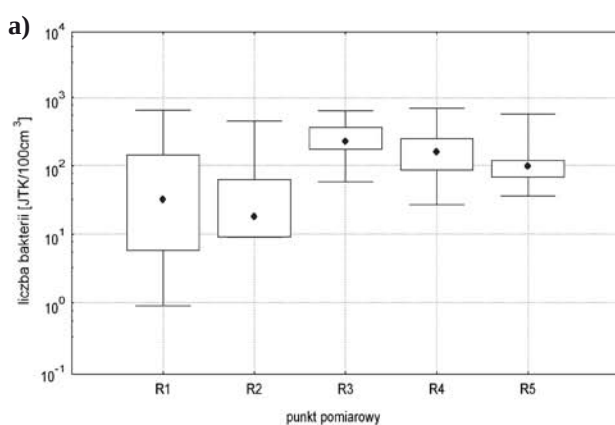
wo rosła z biegiem rzek. Na podstawie otrzymanych wyników zaobserwowano, że w Potoku Oliwskim zarówno liczba bakterii mezofilnych, jak i względnie psychrofilnych była wyższa niż w rzece Reda (rys. 8, 9). Z kolei stężenia węgla rozpuszczonego (DOC) w Potoku Oliwskim były niższe niż w rzece Reda. Najniższe wartości odnotowano w punkcie trzecim (około $2,7 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), w punktach pierwszym, drugim i czwartym wartości stężeń DOC były na podobnym poziomie i wynosiły około $3,3 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, natomiast najwyższe stężenie zanotowano w punkcie piątym: $3,6 \mu\text{g}/\text{dm}^3$.

Przeprowadzając bakteriologiczną ocenę wód badanych rzek poza bakteriami wskaźnikowymi pod uwagę wzięto również ogólną liczbę bakterii (OLB). W wodzie rzeki Reda w poszczególnych punktach była ona zróżnicowana. Największe wahania OLB odnotowano w punkcie drugim (od $1 \cdot 10^6$ kom/cm³ do $6 \cdot 10^6$ kom/cm³) i w punkcie piątym (od $0,7 \cdot 10^6$ kom/cm³ do $8,1 \cdot 10^6$ kom/cm³) (rys. 10a). Analizując OLB w kolejnych miesiącach, stwierdzono szczególnie duże wahania w okresie od maja do lipca 2007 (np. w czerwcu 2007 od $3,2 \cdot 10^6$ kom/cm³ do $8,0 \cdot 10^6$ kom/cm³) i od marca do kwietnia 2008 (np. w marcu od $2,0 \cdot 10^6$ kom/cm³ do $8,0 \cdot 10^6$ kom/cm³). W Potoku Oliwskim ogólna liczba bakterii (OLB) była niższa niż w rzece Reda. W kolejnych miesiącach nie odnotowano tak znaczących wahań jak w rzece Reda. W całym okresie badań OLB wahała się od $0,8 \cdot 10^6$ kom/cm³ do $4,9 \cdot 10^6$ kom/cm³ (rys. 10).

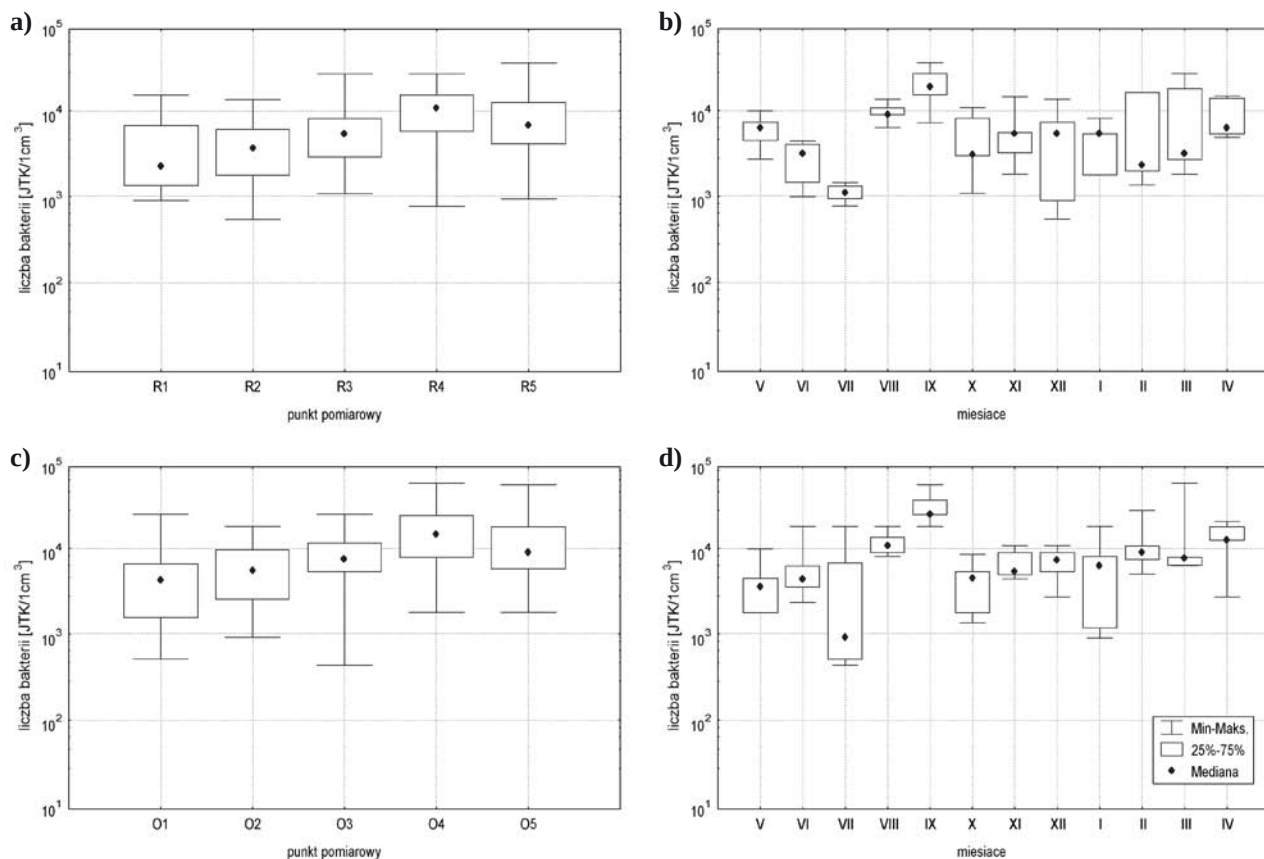
Największą liczbę bakterii coli typu kałowego w obu ciekach zaobserwowano w miesiącach letnich. W rzece Redzie były to czerwiec, lipiec, sierpień, natomiast w Potoku Oliwskim lipiec



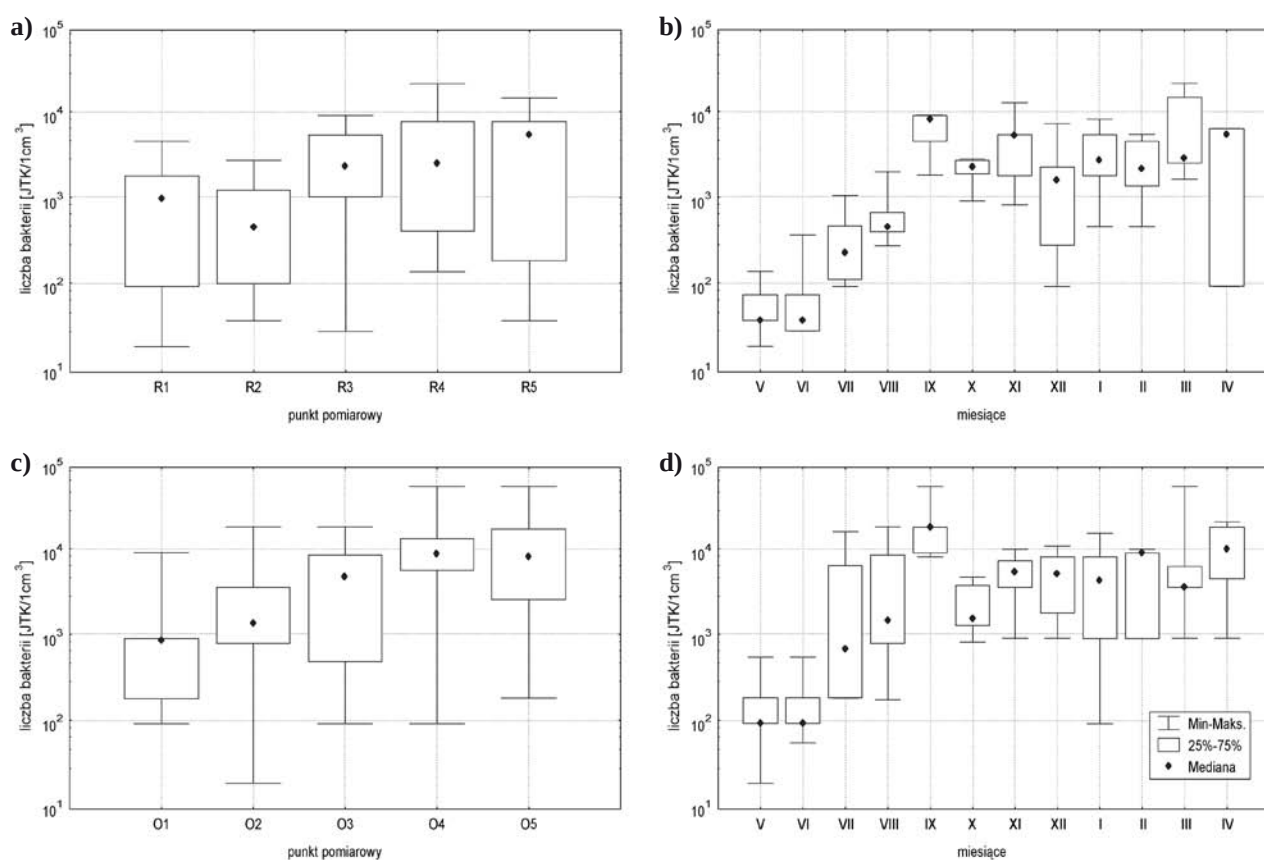
Rys. 6. Liczba bakterii z grupy coli typu kałowego w wodzie w poszczególnych punktach pomiarowych
a) rzeka Reda, c) Potok Oliwski oraz w kolejnych miesiącach b) rzeka Reda, d) Potok Oliwski



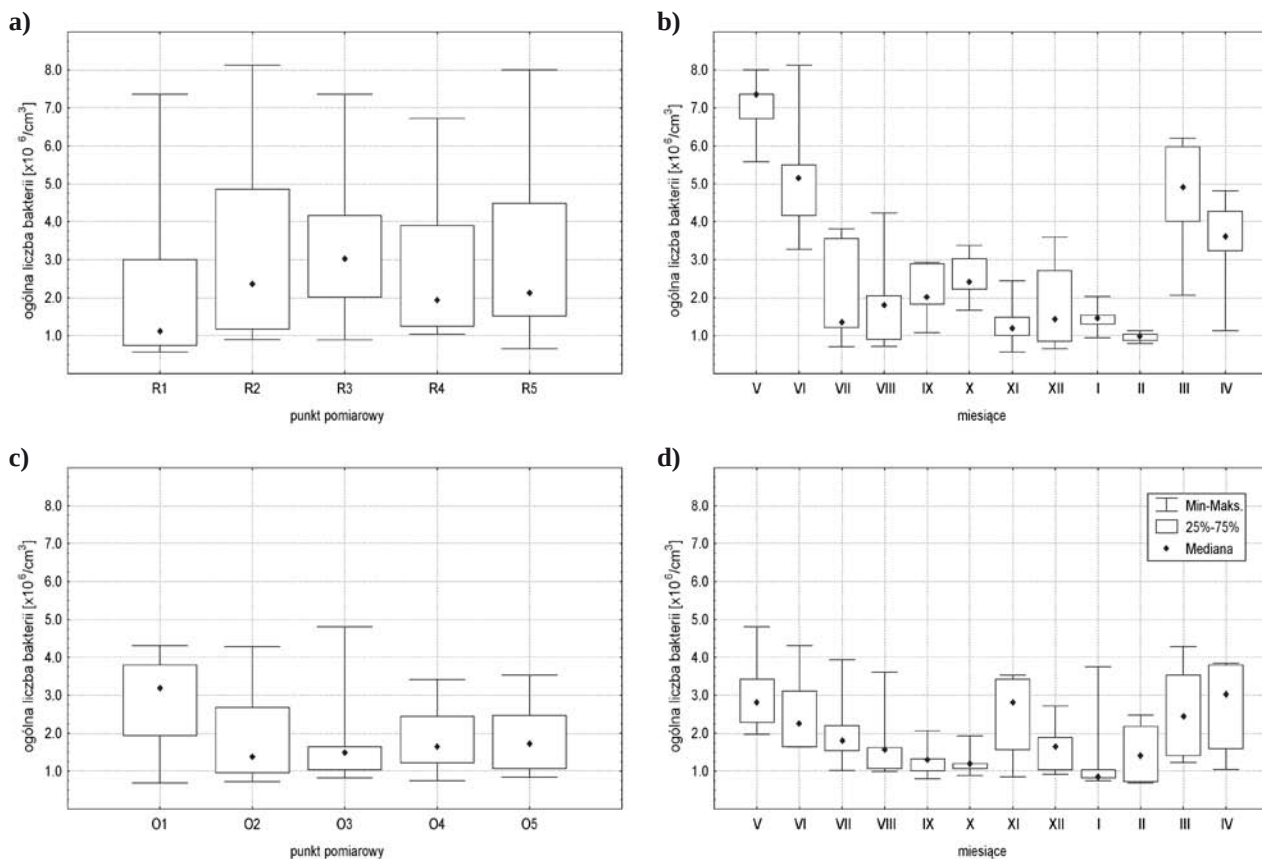
Rys. 7. Liczba bakterii z grupy paciorkowców kałowych w wodzie w poszczególnych punktach pomiarowych
a) rzeka Reda, c) Potok Oliwski oraz w kolejnych miesiącach b) rzeka Reda, d) Potok Oliwski



Rys. 8. Liczba bakterii względnie psychrofilnych w wodzie w poszczególnych punktach pomiarowych a) rzeka Reda, c) Potok Oliwski oraz w kolejnych miesiącach b) rzeka Reda, d) Potok Oliwski



Rys. 9. Liczba bakterii mezofilnych w wodzie w poszczególnych punktach pomiarowych a) rzeka Reda, c) Potok Oliwski oraz w kolejnych miesiącach b) rzeka Reda, d) Potok Oliwski



Rys. 10. Ogólna liczba bakterii w wodzie w poszczególnych punktach pomiarowych
a) rzeka Reda, c) Potok Oliwski oraz w kolejnych miesiącach b) rzeka Reda, d) Potok Oliwski

i sierpień. W przypadku paciorkowców przekroczenia występowały znacznie częściej. W rzece Reda na całej długości odnotowano wartości wyższe od dopuszczalnych, a w Potoku Oliwskim tylko na odcinku ujściowym (punkt nr 4 i nr 5). Należy zaznaczyć, że podobnie jak w przypadku bakterii coli typu kałowego, w Potoku Oliwskim najwyższe wartości paciorkowców kałowych występowały w miesiącach letnich: lipcu i sierpniu, podczas gdy w wodach rzeki Reda nie stwierdzono zależności pomiędzy liczbą paciorkowców kałowych a porą roku.

Wyniki przeprowadzonych badań bakteriologicznych wskazują, że zarówno w punkcie ujściowym Potoku Oliwskiego, jak i rzeki Reda występują okresowe przekroczenia dopuszczalnej liczby bakterii grupy coli typu kałowego oraz paciorkowców kałowych.

W przeciwieństwie do bakterii heterotroficznych, których liczba w obu ciekach była na podobnym poziomie, w przypadku ogólnej liczby bakterii zaobserwowano różnice. W rzece Reda OLB była wyższa we wszystkich punktach pomiarowych poza punktem nr 1, większe też były jej wahania. Na odcinkach ujściowych średnio ogólna liczba bakterii była zbliżona, jednakże w rzece Reda okresowo notowano wyraźny wzrost.

Zarówno Potok Oliwski, jak i rzeka Reda znajdują się w szczególnym sąsiedztwie zarówno terenów wartościowych przyrodniczo, jak i aglomeracji miejskiej. Taki stan rzeczy z jednej strony cieszy osoby korzystające z bliskości natury, z drugiej natomiast zobowiązuje do szczególnej troski o zachowanie otaczającej je przyrody w jak najlepszej kondycji.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że zasadniczym parametrem fizykochemicznym obniżającym jakość wód jest BZT₅. Natomiast badania mikrobiologiczne potwierdziły, że pomimo zachodzących procesów samooczyszczania wód badanych cieków część wprowadzanych zanieczyszczeń mikrobiologicznych jest systematycznie wprowadzana do przybrzeżnych wód Zatoki Gdańskiej, co może stanowić zagrożenie dla osób korzystających z plaż i kąpielisk znajdujących się w pobliżu obszarów ujściowych.

LITERATURA

1. Atlas Klimatu Polski. H. Lorenc (red.). Wyd. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 2005.
2. Attrill M. J., Power M.: Modelling the effect of drought on estuarine water quality. *Water Research* 34, 2000, 1594-1594.
3. Borowiak D.: Przyrodnicze uwarunkowania ochrony wód płynących. [W]: M. Przewoźniak (red.), Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego T.VI, Wydawnictwo Gdańskie, Gdańsk 2001.
4. Cieszyńska i in.: Charakterystyka właściwości fizykochemicznych wód wybranych cieków na terenie gminy Gdańsk. *Ochrona środowiska i zasobów naturalnych* nr 40, 2009, 465-474.
5. Cieśllicki R.: Wpływ antropopresji na charakter przemian wybranego cieku (Potoku Oliwskiego) aglomeracji gdańskiej. [W]: Szponar A., Horska – Schwarz S. (red.), Struktura przestrzenno-funkcjonalna krajobrazu. *Problemy Ekologii Krajobrazu – T.XVII*, Wrocław 2005.

6. Czechury S., Boruchalska I., Gębicki J., Gorzeń A., Korzec E., Sajek E., Stańczyk J., Trybuszewski P., Załupka A., Zarembski A., Zaręba R., Czeszumska I.: Raport o stanie środowiska w województwie pomorskim w 2006 r. Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Gdańsku, Gdańsk 2007.
7. Dassenakis M., Scoullos M., Foufa E., Krasakopoulou E., Pavlidou A., Kloukinitou M.: Effects of multiple source pollution on a small Mediterranean river. *Applied Geochemistry* 13, 1998, 197-211.
8. Dworniczak J.: Struktura hydrograficzna Zlewni Potoku Oliwskiego i Strzyży. Katedra Hydrologii, Uniwersytet Gdański, Gdańsk 2002.
9. Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej.
10. Fal B., Bogdanowicz E., Czernuszenko W., Dobrzyńska I., Koczyńska A.: Przepływy charakterystyczne głównych rzek polskich w latach 1951-1995. Materiały Badawcze, Seria: Hydrologia i Oceanologia, 26, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2000.
11. Jereczek-Korzeniewska K.: Hydromorfologiczna waloryzacja cieków odwadniających Wysoczyznę Gdańską (na przykładzie Potoku Oliwskiego). Waloryzacja środowiska przyrodniczego w planowaniu przestrzennym. Gdańsk-Warszawa 2007, 209-213.
12. Jones C. H., Tuckman M., Murphy E., Bradford P. A.: Identification and sequence of a tet(M) tetracycline resistance determinant homologue in clinical isolates of *Escherichia coli*. *Journal of Bacteriology* 188, 2006: 7154-7164.
13. Kajak Z.: Hydrobiologia-limnologia. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
14. Li F., Yuasa A., Muraki Y., Matsui Y.: Impacts of a heavy storm of rain upon dissolved and particulate organic C, N and P in the main river of a vegetation-rich basin area in Japan. *The Science of the Total Environment* 345, 2005, 99-113.
15. Mazur R.: Monitoring wybranych zanieczyszczeń wód przy zastosowaniu nowych kryteriów ekotoksykologicznych. Rozprawa doktorska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Kraków 2007.
16. Nagano T., Yanase N., Tsuduki K., Nagao S.: Particulate and dissolved elemental loads in the Kuji River related to discharge rate. *Environment International* 28, 2003, 649-658.
17. Niemirycz E., Kaczmarczyk A., Makowski Z.: Odpływ zanieczyszczeń do morza. [W:] Warunki środowiskowe polskiej strefy południowego Bałtyku w 2001 roku. *Mat. IMGW*, 2004, 168-200.
18. Olańczuk-Neyman K.: Assessment of the reasons of bacteria pollution of beaches along the Gdańsk coast (Poland). *International River Water Quality. Pollution and Restoration*. Edited by G.A. Best, Scottish Environment Protection Agency Glasgow, UK Publisher E&F Spon, 1997, 133-137.
19. Olańczuk-Neyman K.: Mikrobiologiczne aspekty odprowadzania ścieków do przybrzeżnych wód morskich. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, nr 2/2003, 55-62.
20. O'Farrell I., Lombardo R. J., De Tezanos Pinto P., Loez C.: The assessment of water quality in the Lower Luján River (Buenos Aires, Argentina): phytoplankton and algal bioassays. *Environmental Pollution* 120, 2002, 207-218.
21. Ozga-Zielińska M. i in.: Powodziogenność rzek pod kątem bezpieczeństwa budowli hydrotechnicznych i zagrożenia powodziowego: podstawy metodyczne. *Materiały Badawcze / Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Hydrologia i Oceanologia*, 0239-6297; 29 (2003).
22. Parysek J.: Wybrane problemy rozwoju i rewitalizacji miast: aspekty poznawcze i praktyczne. 2008.
23. Podleśny A.: Środowisko fizyczno-geograficzne zlewni Potoku Oliwskiego. Maszynopis w Katedrze Hydrologii UG, Gdańsk 2004.
24. Porter K. G., Feig Y. S.: The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.* 25(5), 1980, 943-948.
25. Radtke, G., Grochowski, A., Dębowski, P.: Ichtyofauna dorzecza Redy oraz pozostałych małych cieków wpadających do Zatoki Gdańskiej. *Roczniki Naukowe PZW (Rocz. Nauk. PZW) Scientific Annual of the Polish Angling Association*, t. 20, 2007, 83-112.
26. Raport GIS Warszawa 2008. Raport o stanie sanitarnym kraju w 2007. Główny Inspektor Sanitarny (red.), GIS Warszawa, <http://www.gis.gov.pl/?lang=pl&go=content&id=30>.
27. Raport WIOŚ Gdańsk 2010. Raport o stanie środowiska w województwie pomorskim w 2009. Stanisław Czechura (red.). WIOŚ Gdańsk. Biblioteka monitoringu środowiska: 169.
28. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi. (Dz.U. 1991 nr 116 poz. 503).
29. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. (Dz.U. 2002 nr 241 poz. 2093).
30. Rozporządzenie 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 (Dz.U. Nr 32, poz. 284).
31. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (Dz.U. 2008 nr 162 poz. 1008).
32. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. 2011 nr 257 poz. 1545).
33. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach (Dz.U. 2002 nr 183 poz. 1530).
34. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 8 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia nadzoru nad jakością wody w kąpielisku i miejscu wykorzystywanym do kąpeli (Dz.U. 2011 nr 86 poz. 478).
35. Sugimura Y., Suzuki Y.: A high temperature catalytic oxidation method for the determination of non-volatile dissolved organic carbon in seawater by direct injection of a liquid sample. *Marine Chemistry*, 24, 1988, 105-131.
36. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne (Dz. U. 2001 Nr 115 poz. 1229 ze zm.).
37. Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o zmianie ustawy – Prawo wodne (Dz.U. 2010 nr 44 poz. 253).
38. Wołoszyn E.: Zmiana opadów maksymalnych w Gdańsku. *Wodociągi – Kanalizacja*. nr 51, 2008, 59, 70-73.
39. Zalewski W.: Stan i zagrożenia środowiska w rejonie TPK. [W:] M. Przewoźniak (red.). *Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego*. T. VI, Wydawnictwo Gdańskie, Gdańsk 2001.
40. <http://www.dane-miast.pl/site/miasta/Gdańsk.html>
41. Zatoka Pucka. K. Korzeniewski (red.). Uniwersytet Gdański, Gdańsk 1993.