

ZANIECZYSZCZENIE MAŁYCH ZBIORNIKÓW WÓD POWIERZCHNIOWYCH NA TERENIE AGLOMERACJI BIAŁOSTOCKIEJ

Janina Piekutin¹

¹ Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45A, 15-350 Białystok, e-mail: j.piekutin@pb.edu.pl

STRESZCZENIE

Na obszarze aglomeracji Białostockiej wody stojące zajmują niewiele ponad 0,5%. W obecnie na terenie miasta istnieje kilkanaście zbiorników wodnych. Wszystkie są zaliczane do zbiorników sztucznych pochodzenia antropogenicznego. Celem pracy było określenie wpływu źródeł komunikacyjnych na emisję metali ciężkich i substancji ropopochodnych na zanieczyszczenie małych zbiorników wód powierzchniowych na terenie aglomeracji białostockiej. Miejscem przeprowadzenia oceny wpływu emisji z tras komunikacyjnych na środowisko wodne badanych było 5 zbiorników wodnych na terenie Aglomeracji Białostockiej. W pracy scharakteryzowano obiekty badań pod względem wybranych parametrów fizyko-chemicznych i metali ciężkich oraz oceniono wpływ tras komunikacyjnych na zbiorniki wodne poddane badaniom. W badaniach wykazano, że na jakość wody w analizowanych zbiornikach bezpośredni wpływ mają zanieczyszczenia komunikacyjne powstające na trasach komunikacyjnych.

Słowa kluczowe: zbiorniki wodne, aglomeracja, metale ciężkie.

POLLUTION OF SMALL RESERVOIRS OF WATER IN BIALYSTOK AGGLOMERATION

ABSTRACT

The aim of the study work was to evaluate the impact of the emissions of heavy metals of roads and streets in the surface water in reservoirs located near the main roads of the Białystok City. The analysis was conducted for a period of six weeks from March to April 2014. During the study five reservoirs were selected. Two of them, the first and the fourth of them are located in Parks. One of them – the third one is a public bathing beach. The second is located near the crossroads in the center of the city and last one – the fifth object is situated within buildings and parking of trucks. Study includes an analysis of indicators such as total suspended solids, BOD₅, COD_{Cr}, selected heavy metal such as, lead, nickel, copper, cobalt and chromium. All determinations were made in accordance to given methodology, and the evaluation was performed by comparing achieved results to a limit values presented in the Decree of Environment Ministry.

Keyword: water, heavy metal, COD_{Cr}, agglomeration.

WPROWADZENIE

Jednym z najgroźniejszych zanieczyszczeń trafiających do środowiska wodnego są spływy powierzchniowe z tras komunikacyjnych. Można je podzielić na spływy wód opadowych oraz spływy wód roztopowych z zalegającego na poboczu jezdni śniegu. Z wód powierzchniowych płynących i stojących bardziej są narażone na zanieczyszczenia komunikacyjne wody stojące. Źródłem powstawania zanieczyszczeń są pasy ruchu, jak i inne elementy drogi – skarpy, pobo-

cza, czy też obiekty inżynierskie oraz pozostałe obiekty towarzyszące drogom takie jak stacje paliw, miejsca poboru opłat, miejsca obsługi podróży czy obwoły utrzymania dróg [Pojazdy samochodowe... 2014, Piekutin 2009, Rozporządzenia Ministra Zdrowia... 2011].

W Białymstoku według danych na 2014 rok, było ponad 145 tysięcy pojazdów drogowych z czego samochody osobowe stanowią prawie 82% [Pojazdy samochodowe 2014, Piekutin 2009, Rozkład jazdy BKM 2014, Rozporządzenie Ministra Środowiska 2006]. Białystok jest jednym z naj-

większych miast w Polsce posiadającym jedynie jeden rodzaj komunikacji miejskiej, autobusową. W ramach komunikacji organizowanej przez Urząd Miejski w Białymstoku operują trzy przedsiębiorstwa autobusowe: Komunalny Zakład Komunikacyjny, Komunalne Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej oraz Komunalne Przedsiębiorstwo Komunikacyjne. Na 2014 rok Białystok posiadał 41 linii autobusowych, w tym 28 linii miejskich dziennych, 3 linie miejskie nocne oraz 10 linii podmiejskich do miast takich jak Choroszcz, Juchnowiec Kościelny, Wasilków, Jurowce i inne [Rozkład jazdy BKM 2014, Rabajczyk 2007].

Na obszarze aglomeracji Białostockiej wody stojące zajmują niewiele ponad 0,5%. W obecnej chwili na terenie miasta istnieje kilkanaście zbiorników wodnych. Wszystkie są zaliczane do zbiorników sztucznych. W większości są to zbiorniki bardzo małe i płytkie, nie przekraczające 1 ha i głębokości 2 metrów. Większość z nich spełnia funkcję rekreacyjną. Obecnie na terenie miasta znajduje się 14 stawów, wszystkie należą do zlewni rzeki Białej [Rozporządzenie Ministra Środowiska 2014, Piekutin 2009]. Największy kompleks zbiorników wodnych jest położony w południowoschodniej części miasta i nosi nazwę Stawy Dojlidzkie. Obecnie stanowi on główny obszar zasilania rzeki Białej. Kompleks Dojlidzki jest połączeniem 19 stawów o wielkości od 2 do 45 hektarów. Głębokość w zbiornikach waha się w granicach 0,5–2,5 m. ich łączna powierzchnia wynosi 154 ha. Otoczenie stawów stanowią zarówno pola od południa, łąki jak i niewielkie kompleksy leśne od wschodu. Dalej w odległości ok 5 km rozciąga się Puszcza Knyszyńska. Od południowego wschodu w kierunku północnozachodnim przez

teren przepływa rzeka Biała. W pobliżu i otoczeniu stawów znajdują się również zabudowania. Podobnym kompleksem lecz bardziej rozproszonym na terenie miasta i o mniejszych parametrach jak powierzchnia czy głębokość, jest kompleks Stawów Marczukowskich. Należy do niego 9 stawów o różnych rozmiarach. Największy z nich znajduje się między ulicą Octową a torami kolejowymi. W chwili obecnej zbiornik ten jest wykorzystywany w celach rekreacyjnych [Hydrografia Białegostoku 2014, Środowisko 2014].

METODYKA BADAWCZA

Miejscem przeprowadzenia oceny wpływu emisji z tras komunikacyjnych na środowisko wodne badanych było 5 zbiorników wodnych na terenie Aglomeracji Białostockiej.

Staw Plażowy z Kompleksu Stawy Dojlidy użytkowany jako zbiornik rekreacyjny. Na zachód od stawu plażowego w odległości 14–15 metrów biegnie trasa komunikacyjna (ulica Plażowa). Poza drogą, integralną częścią stawów są również trwałe elementy antropogeniczne takie jak rowy melioracyjne, nasypy pomelioracyjne jak również ciągnące się wzdłuż zbiorników wodnych groble. Ich wysokość waha się od 2 do 7 m, szerokość od 2 do 10 m osiągając łączną długość ok 16 kilometrów [Hydrografia Białegostoku 2014].

Staw w Parku Lubomirskich – kompleks stawów w parku Lubomirskich składa się z 3 zbiorników wodnych. Zbiornik objęty badaniami jest usytuowany w pobliżu ulicy Księdza Stanisława Suchowolca drogi krajowej numer 19 i jest od niej oddalony o około 15 metrów.



Rys. 1. Czwarty punkt poboru próbek wody ze stawu w Parku Lubomirskich

Staw przy ul. Octowej – staw ten ma charakter eutroficzny i znajduje się w wyrobisku między ulicą Octową a torami kolejowymi na obszarze nie ujętym dotychczas w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego. Ulica Octowa jest oddalona o około 30 metrów od stawu. Powierzchnia stawu wynosi 2,3 ha. Staw jest zasilany przez lewy dopływ Bażantarki. Jest to ciek biorący początek z kanału deszczowego ul. Transportowej i płynący głębokim rowem do ul. Octowej. W otoczeniu stawu znajdują się zabudowania, m. in. budynek Konsorcjum Stali, Agencja Celna, część parkingu Agencji Celnej i teren niezagospodarowany od strony południowo zachodniej [Hydrografia Białegostoku 2014].

Staw przy obiekcie „Galerii Biała” – dwa sztuczne stawy przy ul. Mickiewicza o powierzchni 1,1 ha i pojemności ok. 11 000 m³ są zasilane dwoma ciekami zmeliorowanymi (okresowo suchymi) z Parku Zwierzynieckiego oraz

wodami gruntowymi. Posiadają kontakt hydrauliczny z rzeką Białą. Obiekt badawczy przy „Galerii Biała” został oczyszczony i odrestaurowany. Oba pełnią funkcję rekreacyjną. Obiekt badań jest otoczony z dwóch stron ulicami Mickiewicza i Miłosza oraz dwoma obiektami budowlanymi: galeria handlowa oraz gimnazjum. Odległość obiektu od ulicy Mickiewicza wynosi około 11 metrów [Hydrografia Białegostoku 2014].

Zbiornik wodny przy ul. Mickiewicza – Ostatnim badanym obiektem biorącym udział w badaniu jest mały sztuczny zbiornik wodny usytuowany na terenie Parku Planty przy ulicy Mickiewicza na przeciwko gmachu Podlaskiego Urzędu Wojewódzkiego. Od trasy komunikacyjnej jest oddalony o około 20–25 metrów [Hydrografia Białegostoku 2014].

Próbki wody pobierano co dwa tygodnie od lutego do czerwca 2014 roku. Przez cały ten okres panowały zróżnicowane warunki atmosferyczne,



Rys. 2. Punkt poboru próbek wody ze stawu Galeria Biała



Rys. 3. Punkt poboru próbek wody ze zbiornika wodnego w Parku Planty

od dni pogodnych do pochmurnych i opadów deszczu. Analizę fizykochemiczną dokonywano w laboratorium Katedry Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska Politechniki Białostockiej zgodnie z obowiązującymi normami. W próbkach badawczych oznaczono: zawiesinę ogólną, biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT_5), chemiczne zapotrzebowanie tlenu ($ChZT_{Cr}$), metale ciężkie (Pb, Co, Cu, Cr i Ni). Do analizy jakościowej metali wykorzystano spektrometrię atomową, BZT_5 metodą manometryczną, $ChZT_{Cr}$ testową metodą MERCK, zawiesinę ogólną oznaczono metodą wagową.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

W wyniki z prowadzonych badań wód w zbiornikach rekreacyjnych i stawach otrzymano przedstawiono w tabeli 1.

Analizując oznaczone wartości $ChZT_{Cr}$ w objętych badaniami zbiornikach wodnych na przestrzeni całego okresu badawczego stwierdzono, że wartości chemicznego zapotrzebowania na tlen wahały się znacznie, od ilości śladowych do

45,4 $mg\ O_2 \cdot dm^{-3}$. Na najwyższą wartość chemicznego zapotrzebowania na tlen w Stawie Plażowym (3PK), mógł mieć wpływ dopływ wód bogatych w związki organiczne cieków takich jak rzeka Biała i ciek spod Dojlid Górnych.

Podczas badań odnotowano niewielkie wahania zawiesiny ogólnej w pięciu zbiornikach wodnych od ilości śladowych do 200 $mg \cdot dm^{-3}$. Stężenie zawiesiny ogólnej w zbiorniku usytuowanym przy ulicy A. Mickiewicza (1PK) ma największe stężenia zawiesiny ogólnej na przestrzeni całego okresu badawczego. Ze względu na to, że drobne frakcje zawiesin zawierają duże ilości substancji biogennych, tak też znaczne ilości substancji organicznych i metali ciężkich, można stwierdzić, że zbiornik może się charakteryzować znacznym oddziaływaniem antropogenicznym trasy komunikacyjnej położonej w sąsiedztwie. Zawiesina ogólna w tym zbiorniku wodnym występuje w granicach od 50 do 200 $mg \cdot dm^{-3}$. Stężenie zawiesiny ogólnej w ostatnim tygodniu badań było zdecydowanie wyższe, w porównaniu do wcześniejszych serii przeprowadzonych badań, wahać się w granicach od 172 do 208 $mg \cdot dm^{-3}$. Prawdopodobną przyczyną gwałtownego przyro-

Tabela 1. Wyniki analizy fizyczno-chemicznej badanej wody ze zbiorników na terenie Białegostoku

Punkt badawczy	Wskaźnik Jednostka	ChZT	BZT ₅	Zaw. og.	Cu	Ni	Cr	Co	Pb
		mg·dm ⁻³				μg·dm ⁻³			
1 PK	Min.	0,0	3	50	0,053	0,015	0,004	0,045	16,4
	Max.	17,8	7	200	0,149	0,097	0,044	0,143	39
	Średnia	10,6	5,7	107	0,1	0,054	0,029	0,091	24,8
	SD	8,3	1,8	52	0,036	0,033	0,016	0,041	0,86
2 PK	Min.	10,5	2	14	0,072	0,027	0,022	0,007	11,5
	Max.	31,2	15	172	0,225	0,126	0,048	0,201	25,6
	Średnia	20,3	8	48	0,121	0,055	0,034	0,08	17,8
	SD	8	4,6	61	0,055	0,037	0,011	0,071	0,635
3 PK	Min.	0,0	0,0	0	0,048	0,014	0,005	0,007	2,9
	Max.	45,4	7	194	0,151	0,102	0,063	0,189	36,5
	Średnia	15,5	4,2	52	0,11	0,042	0,034	0,09	19,9
	SD	15,5	2,2	72	0,037	0,033	0,022	0,074	1,29
4 PK	Min.	3,1	0,0	8	0,075	0,002	0,014	0,023	11,3
	Max.	31,5	8	196	0,242	0,082	0,058	0,149	36,2
	Średnia	18,8	4,8	51	0,14	0,037	0,032	0,09	25,9
	SD	10,8	2,8	72	0,07	0,028	0,022	0,047	1,02
5 PK	Min.	0,0	1	12	0,004	0,007	0,013	0,016	0,50
	Max.	22,7	7	208	0,183	0,094	0,046	0,217	23,7
	Średnia	9,2	4,3	62	0,11	0,034	0,028	0,12	11,8
	SD	8,8	2,7	73	0,064	0,032	0,012	0,076	0,91

Legenda: 1 PK – zbiornik wodny w Parku Planty, 2 PK – staw w pobliżu galerii handlowej „Biała”, 3 PK – staw przy ulicy Plażowej, 4 PK – staw w Parku Lubomirskich, 5 PK – staw w pobliżu ulicy Octowej.

stu zawiesiny były wzmożone, kilkudniowe opady atmosferyczne i silne wiatry poprzedzające termin badania na terenie wszystkich badanych obiektach [Czubaszek i in. 2011, Holcomb i in. 1995, Sawicka-Siarkiewicz 2003].

Na podstawie analizy przeprowadzonych badań stwierdzono, że biochemiczne zapotrzebowanie na tlen waha się w granicach od ilości śladowych (I i II seria badań) do $15 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. Najwyższe wartości BZT₅ odnotowano w drugim punkcie kontrolnym (Skrzyżowanie ul. Cz. Miłosza i ul. A. Mickiewicza), gdzie wartości wahały się od 2 do $15 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. Wysokie wartości BZT₅ na tym obszarze Aglomeracji Białostockiej może być spowodowane występującą w nadmiarze ilością roślin oraz trzciny w badanym zbiorniku wodnym. Aż 33% wyników wskazuje na zawyżone wartości BZT₅ ($>6 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$), a już tak wysokie wartości biochemicznego zapotrzebowania tlenu świadczą o dogodnych warunkach do rozwoju dużej ilości mikroorganizmów wodnych i stopniowej eutrofizacji zbiorników wodnych.

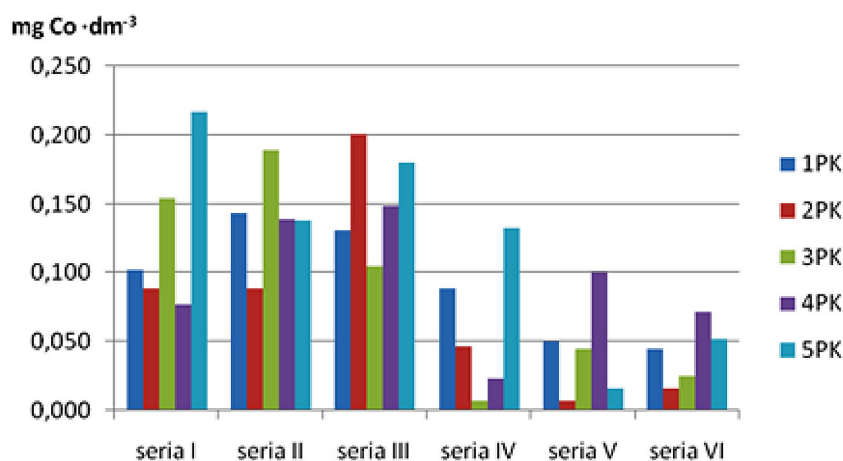
Rozpatrując oznaczone wartości ołowiu, stwierdzono jego znaczne przekroczenie w obiektach poddanych analizie na przestrzeni całego okresu badawczego. Może to świadczyć o stałym zanieczyszczeniu wód przez bogate w te związki spływy wód opadowych z przyległych do zbiorników tras komunikacyjnych. Wysokie stężenia ołowiu ($2,47\text{--}3,65 \text{ mg Pb} \cdot \text{dm}^{-3}$) w trzech pierwszych tygodniach badań w Stawie Plażowym (3PK), mogło być spowodowane odbywającymi się w tym czasie kursami motorowodnymi. Podczas tych kursów pływano łodziami napędzanymi silnikami na paliwo benzynowe, które mogły doprowadzić do emisji spalin niebezpiecznych dla środowiska wodnego. Ze względu na wysokie stężenia ołowiu może nastąpić zahamowanie procesu samooczyszczania w badanych obiektach. Na tle całego okresu badawczego, aż 70% oznaczeń jest równa lub przewyższa $0,08 \text{ mg Cu} \cdot \text{dm}^{-3}$, co może świadczyć o negatywnym oddziaływaniu na biocenozę w wybranych zbiornikach oraz o wysoce toksycznym oddziaływaniu tego pierwiastka na faunę i florę zamieszkałą w zbiornikach wodnych a szczególnie w ostatnim terminie badań, gdy występowały wysokie stężenia zawiesin [Hofman i in. 2010, Rabajczyk 2007, Węglarzy 2009].

Z analizy wyników badań przeprowadzonych dla niklu stwierdzono duże wahania koncentracji oznaczonego pierwiastka w zakresie od 0,002 do $0,126 \text{ mg Ni} \cdot \text{dm}^{-3}$, co oznacza znaczne prze-

kroczenie wartości granicznych dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych na podstawie Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r, w 80% badanych próbek wody [Rozporządzenia Ministra Zdrowia 2011]. Wysokie stężenia niklu mogą wystąpić na skutek wzmożonych emisji spalin samochodowych paliw typu diesel, bogatych w związki niklu i spływać do wód powierzchniowych wraz z opadem atmosferycznym [Dyrak 2006], Gomółka i in. 1997, Gruca-Królikowska i in. 2006].

Biorąc pod uwagę wielkości stężeń chromu, odnotowano stężenia wód w badanych obiektach wodnych w zakresie od 0,004 do $0,063 \text{ mg Cr} \cdot \text{dm}^{-3}$. Ze względu na niskie stężenia chromu we wszystkich badanych obiektach przypuszcza się, że wody opadowe na terenie aglomeracji nie są zanieczyszczone związkami chromu co sprowadza się do faktu, iż w sposób bezpośredni ani pośredni trasy komunikacyjne i wysokie natężenie ruchu na tych ulicach nie oddziałują na żaden z pięciu zbiorników wodnych. Wysokie stężenia chromu trójwartościowego są spowodowane na skutek emisji spalin. Zanieczyszczenie wody jest ograniczone do wód powierzchniowych i gruntowych, gdyż związki chromu silnie wiążą się ze strukturą gleby i na ogół są zawarte w warstwie mułu otaczającej zbiornik wody gruntowej [Gomółka i in. 1997, Gruca-Królikowska i in. 2006, Hofman i in. 2010, Holcomb i in. 1995, Sawicka-Siarkiewicz 2003]. Kation Cr^{3+} jest słabo rozpuszczalny w roztworach o kwaśnym odczynie, zaś przy pH około 5.5 wytrąca się całkowicie. Woda zanieczyszczona chromem nie będzie gromadzić się w rybach, ale na blaszkach, w ten sposób powodując negatywne skutki zdrowotne dla zwierząt wodnych [Rabajczyk 2007, Węglarzy 2009].

Analizując wyniki badań kobaltu otrzymanych w całym okresie badawczym, stwierdzono szeroki zakres wyników od 0,007 do $0,217 \text{ mg Co} \cdot \text{dm}^{-3}$. Największe odnotowane stężenie kobaltu wyniosło $0,217 \text{ mg Co} \cdot \text{dm}^{-3}$ i zostało zbadane w piątym obiekcie poddanym analizie – Stawie usytuowanym przy ulicy Octowej. Na podstawie wartości granicznych kobaltu dla wód powierzchniowych ujętych w Załączniku nr 6 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 [Rozporządzenia Ministra Zdrowia 2011] roku stwierdzono, że 64% zbadanych próbek kwalifikuje wody badanych obiektów do wód pozaklasowych przekraczając wartości nawet czterokrotnie.



Rys. 4. Zmiany stężenia kobaltu w pięciu punktach pomiarowo-kontrolnych w czasie okresu badawczego na terenie aglomeracji Białostockiej

Wysokie stężenia kobaltu mogą być skutkiem dopływu do wód spływów powierzchniowych z nawierzchni tras komunikacyjnych bogatych w starte resztki opon samochodowych. Kobalt, jest również używany przy produkcji silników samochodowych i na skutek ich pracy przy jednoczesnym spalaniu paliwa może dojść do emisji spalin bogatych w związku kobaltu i antropogenicznego zanieczyszczenia środowiska zarówno atmosferycznego jak również wodno – glebowego [Holcomb i in.1995], [Sawicka-Siarkiewicz 2003]. Źródłem kobaltu w wodach powierzchniowych jest również spalanie węgla, który osiadając się na pyłe atmosferycznym dostaje się do wód wraz z opadem atmosferycznym. Przy stężeniu około $5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ następuje zahamowanie procesu samooczyszczania [Gruca-Królikowska 2006], [Sawicka-Siarkiewicz 2003, Słowik i in. 2008]. Kobalt intensywnie nie migruje w środowisku wodnym ze względu na wiązanie jonów kobaltu z wodorotlenkami żelaza i manganu oraz materiałami ilastymi.

Podsumowując przeprowadzone badania zarówno pod kątem statystycznym jak i analitycznym wykazują znaczne zróżnicowanie wyników na tle całego okresu badawczego pod kątem zarówno parametrów fizyko-chemicznych, jak również zawartości metali ciężkich. Wszystkie obiekty badań, charakteryzowały się wysokimi stężeniami zawiesiny ogólnej, ołowiu, miedzi i kobaltu. Na podstawie analizy metali ciężkich, stężenia takich metali jak chrom, miedź, nikiel, kobalt i ołów zaliczają wody tego obiektu bezpośrednio do wód pozaklasowych.

Ze względu na duże natężenie ruchu na trasie położonej zarówno obok tego jak i drugiego badanego obiektu, Staw na skrzyżowaniu ul.

Mickiewicza i Cz. Miłosza charakteryzuje się w podobny sposób poza faktem, że tylko niskie wartości chromu i cynku działają na jego korzyść.

Podobna sytuacja występuje również po analizie czwartego obiektu w którym wody ogólnie można zaliczyć do pozaklasowych, ze względu na znaczne przekroczenia wartości granicznych opisanych w Rozporządzeniu z dnia 9 listopada 2011 roku pod kątem wybranych metali ciężkich, BZT5, ChZT_{Cr}, zawiesiny ogólnej. Zbiornik usytuowany przy drodze krajowej (wjazdowej i wyjazdowej) z miasta, wysokie stężenia ołowiu, niklu i kobaltu świadczą o znacznym zagrożeniu zbiornika przez trasę biegnącą wzdłuż stawu, ze względu na jej charakter (droga krajowa, wg danych [Pojazdy samochodowe 2014] średnie natężenie ruchu na drodze wynosi 1537 samochodów) oraz położenie obiektu poniżej pasa ruchu, dzięki czemu spływy powierzchniowe z nawierzchni ulicy dostają się bezpośrednio do wód zbiornika. Jest to droga należąca do tych o największym natężeniu w całym mieście oraz jej stan techniczny jest przez to w nienajlepszej kondycji, co może być również przyczyną zwiększonych stężeń kobaltu i miedzi.

Obiekty drogowe liniowe zmieniają warunki hydrogeologiczne i gruntowo-wodne prowadząc do zmian jakości głównie wód powierzchniowych

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań wyciągnięto następujące wnioski:

1. We wszystkich zbiornikach wodnych analizowanych pod kątem emisji zanieczyszczeń

- komunikacyjnych jak: metale ciężkie, odnotowano negatywny wpływ tras komunikacyjnych na wody zawarte w obiektach badań.
2. Spływy powierzchniowe wód roztopowych i opadowych z nawierzchni tras i terenów przyległych oddziałują bezpośrednio na wody w badanych zbiornikach i stanowią źródło zanieczyszczenia związkami metali ciężkich.
 3. Wzrost stężenia substancji ropopochodnych może powodować obniżenie wartości parametrów charakteryzujących warunki tlenowe i wzrost zanieczyszczeń organicznych.
 4. Wody we wszystkich zbiornikach poddanych analizie zaliczają się do wód pozaklasowych ze względu na znaczne przekroczenia wielkości parametrów.

LITERATURA

1. Czubaśzek R., Bartoszek K., 2011. Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach w zależności od ich odległości od ulicy i sposobu użytkowania terenu. *Civil and Environmental Engineering*, 2, 27.
2. Dyrak R., 2007. Metale ciężkie – rodzaje, znaczenie i ich rola w środowisku i życiu człowieka.
3. Gomółka E., Szanyok A., 1997. *Chemia wody i powietrza*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
4. Gruca-Królikowska S., Waclawek W., 2006. Metale w środowisku cz. II. Wpływ metali ciężkich na rośliny. *Metrologia*, 11, 1-2, 41.
5. Hofman M., Wachowski L., 2010. Badania zawartości platyny i ołowiu w glebie wzdłuż głównych dróg wylotowych z Poznania. *Ochrona Środowiska*, 32, 3.
6. Holcomb L.C., Seabrook B.S., 1995. Indoor concentrations of volatile organic compounds: implications for comfort, health and regulation. *Indoor Environment*, 4, 7–26.
7. Hydrografia Białegostoku [dokument elektroniczny] www.bialystok.pl, dostęp: 10.05.2014.
8. Piekutin J., 2009. Występowanie zanieczyszczeń komunikacyjnych w wodach zlewni Supraśl. *Ochr. Środ. Zasobów Nat.* 40, 533–541.
9. Pojazdy samochodowe i ciągniki zarejestrowane [dokument elektroniczny], www.bialystok.stat.gov.pl, dostęp: 20.05.2014.
10. Rabajczyk A., 2007. Możliwości wykorzystania analizy form metali ciężkich występujących w wodach powierzchniowych w monitoringu środowiska. The possibilities of using analysis of metal forms occurring in surface waters in environmental monitoring. *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 19–27.
11. Rozkład jazdy BKM [dokument elektroniczny], www.ZOKM.Bialystok.pl, dostęp: 20.05.2014.
12. Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 8 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia nadzoru nad jakością wody w kąpielisku i miejscu wykorzystywanym do kąpieli.
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. *Dziennik Ustaw 2014 r. poz. 1482*.
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. z 2006 r. nr 137, poz. 984 z późniejszymi zmianami).
15. Sawicka-Siarkiewicz H., 2003. Ograniczanie zanieczyszczeń w spływach powierzchniowych z dróg. IOŚ, Warszawa.
16. Słowik T., Jackowska I., Piekarski W., 2008. Problemy zanieczyszczenia środowiska przez infrastrukturę transportową na przykładzie roztoczańskiego Parku Narodowego. *Rozprawy i monografie*. Lublin.
17. Środowisko. Część I [dokument elektroniczny] www.um.bialystok.pl, dostęp: 10.05.2014
18. Węglarzy K., 2009. Metale ciężkie – źródła zanieczyszczeń i wpływ na środowisko. Instytut Zootechniki - PIB, *Wiadomości Zootechniczne*, R.XLV, 3, 35.