

Izabela BOJAKOWSKA<sup>1</sup>, Dariusz LECH<sup>1</sup>, Jadwiga JAROSZYŃSKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

<sup>2</sup>Miejskiego Laboratorium Chemicznego przy Urzędzie m.st. Warszawy

## WSKAŹNIKI ZASOLENIA W WODACH POTOKU SŁUŻEWIECKIEGO I JEZIORA WILANOWSKIEGO W WARSZAWIE

**Streszczenie.** Z Potoku Służewieckiego, niewielkiego ciek w południowej części Warszawy, jego dopływów oraz Jeziora Wilanowskiego, do którego uchodzi Potok, pobrano do badań próbki wody. Z Potoku Służewieckiego próbki pobierano w 12 lokalizacjach, z jeziora Wilanowskiego na czterech stanowiskach, a z dopływów Potoku przy ich ujściach. W próbkach oznaczono pH, przewodność, zawartość substancji rozpuszczonych, Cl<sup>-</sup> i SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> oraz Ca, Mg, Na i K. Wody Potoku Służewieckiego zawierały substancje rozpuszczone do 5844 mg/l, Cl<sup>-</sup> do 3208 mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> do 177,0 mg/l, Na do 2060 mg/l, K do 83,5 mg/l, Ca do 217,0 mg/l, Mg do 25,8 mg/l. W wodach dopływów substancje rozpuszczone stwierdzono do 8170 mg/l, Cl<sup>-</sup> do 4514 mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> do 393 mg/l, Na do 3180 mg/l, K do 108 mg/l, Ca do 330 mg/l, a Mg do 208 mg/l. Zaś w wodzie Jeziora Wilanowskiego zawartość substancji rozpuszczonych odnotowano do 6812 mg/l, stężenie Cl<sup>-</sup> do 3669 mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> do 138 mg/l, Na do 2240 mg/l, K do 25,8 mg/l, Ca do 155 mg/l, a Mg do 17,5 mg/l. Zaobserwowano, że wody Jeziora Wilanowskiego, zwłaszcza w warstwie wody naddennej, charakteryzują się bardzo wysoką zawartością chlorków i sodu, 50- do 100- krotnie wyższą niż obserwowana przeciętnie w wodach powierzchniowych.

## SALINITY INDICATORS IN THE WATERS OF LAKE WILANÓW AND SŁUŻEW STREAM IN WARSAW

**Summary.** From the Służew Stream, a small rivulet in the southern part of Warsaw, its tributaries and Lake Wilanów, where Służew Stream is flowing into, water samples were collected for testing. From the Służew Stream waters were sampled at 12 locations, from the Lake Wilanów at 4 and from Stream tributaries on their mouths. The samples were tested for pH, conductivity, contents of dissolved solids, Cl<sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, as well as Ca, Mg, Na and K. Waters of the Służew Stream contained up to 5844 mg/l of dissolved solids, Cl<sup>-</sup> to 3208 mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> to 177.0 mg/l, Na to 2060 mg/l, K to 83.5 mg/l, up to 217.0 mg/l of Ca and Mg to 25.8 mg/l. In the waters of the tributaries the dissolved solids were found up to 8170 mg/l, Cl<sup>-</sup> to 4514 mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> to 393 mg/l, Na to 3180 mg/l, K to 108 mg/l, Ca to 330 mg/l, and Mg to 208 mg/l. Meanwhile, in the water of the Wilanów Lake content of dissolved solids were noted to 6812 mg/l, the concentration of Cl<sup>-</sup> to 3669 mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> to 138 mg/l of Na to 2240 mg/l, K 25.8 mg/l to 155 mg Ca /l, and Mg to 17.5 mg/l. It was observed that the waters of the Wilanów Lake, especially in the water layer near bottom, are characterized by a very high content of chlorides and sodium, 50-100 - fold higher than the observed average of surface water.

## 1. Wstęp

Obserwowane współcześnie zasolenie wód powierzchniowych na terenach miejskich, zwłaszcza niewielkich cieków i zbiorników wodnych, jest powodowane przede wszystkim przez spływy roztopowe z ulic i chodników, a w mniejszym stopniu przez opady atmosferyczne i składniki uruchomione na skutek naturalnych procesów wietrzenia przebiegających w gruntach i glebach na obszarze zlewni (Trowbridge i in. 2010). W strefie klimatu umiarkowanego na terenach miejskich i podmiejskich, dla zapewnienia podczas zimy bezpiecznych warunków na drogach, są stosowane na chodniki i jezdnie olbrzymie ilości chemicznych środków odladzających. Wykorzystanie soli w tym celu - stopienia śniegu - zostało po raz pierwszy zastosowane w latach trzydziestych (Ramakrishna, Viraraghavan 2005). Obecnie w krajach o umiarkowanym klimacie, mimo że istnieje bardzo szeroki wachlarz innych środków odladzających (np. chlorek magnezu, chlorek wapnia, octan wapniowo-magnezowy, octan potasu, mocznik, glikole), nadal najpopularniejszym sposobem walki z oblodzoną nawierzchnią dróg jest stosowanie bezpośrednio na drogę chlorku sodu w postaci stałej lub zwilżonej, niekiedy w mieszance ze środkami zwiększającymi szorstkość podłoża (piaskiem, żwirem itp.). Przyczynami popularności NaCl jako substancji odladzającej są: niska cena, łatwość stosowania i wysoka skuteczność do  $-9^{\circ}\text{C}$ . Szacuje się, że ponad 100 kg soli jest aplikowanych na 1 km autostrady, a ilość wprowadzonych chlorków może się wahać od 45-98 t/km<sup>2</sup>/rok (Trowbridge i in. 2010; Ramakrishna, Viraraghavan 2005). Stosowanie soli do odladzania powoduje obecność chlorków i sodu w spływie roztopowym, zanieczyszczenie przylegających do jezdni środowisk – gleby i wód podziemnych, a także wzrostu zasolenia wód powierzchniowych, do których trafiają spływy roztopowe. Przyjmuje się, że w przybliżeniu 55% z zastosowanych soli jest transportowanych przez spływ powierzchniowy, zaś pozostałe 45% infiltruje przez gleby do wód podziemnych. (Church and Friesz, 1993). Na przykład stwierdzono, że stężenie chlorków w wodzie Jeziora Bodeńskiego, jednego z największych jezior Europy, wzrosło ponaddwukrotnie w ciągu ostatnich 40 lat i oszacowano, że do jego zlewni jest wprowadzane 101 tys. t chlorków/rok (Muller, Gachter 2011).

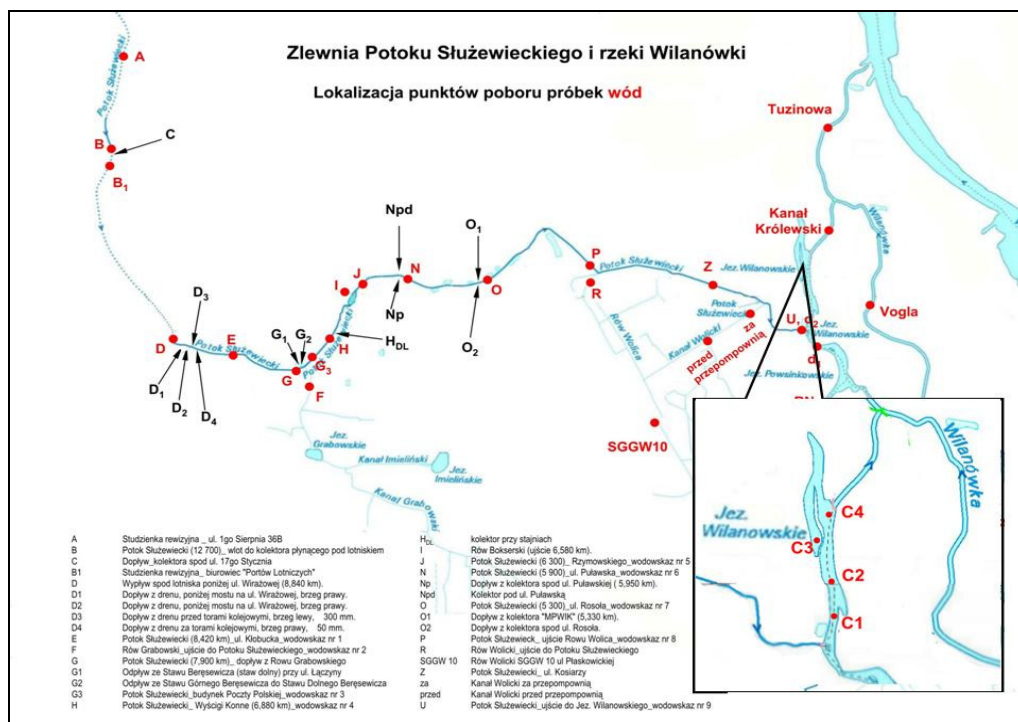
Obecność w wodach powierzchniowych rozpuszczonych soli, zastosowanych do odladzania dróg, ma ogromny wpływ na organizmy bytujące w tym środowisku i środowisko ich życia (Lax, Petersom 2009). Sole te, oddziałując na wymianę jonową, powodują zakwaszenie wód powierzchniowych i zwiększenie mobilności innych metali, w tym zwiększenie dostępności metali ciężkich. Długotrwała retencja chlorków w warstwie wody

naddennej zmniejsza ilość rozpuszczonego tlenu i składników odżywczych, co może prowadzić do eutrofizacji i spadku bioróżnorodności bentosu, owadów wodnych, peryfitonu, a także mikroorganizmów rozkładających szczątki roślinne. Trwała ekspozycja na stężenie chlorków powyżej 25 mg/l może ujemnie oddziaływać na ryby słodkowodne, stężenie powyżej 77,50 mg/l obniża przeżywalność płazów, zmniejsza długość czasu ich metamorfozy, zmniejsza wagę i aktywność, zaś stężenie 1000 mg/l uważa się za powodujące subletalne skutki dla roślin wodnych i bezkręgowców (Lax, Petersom 2009).

## 2. Zakres i metody badań

Potok Służewiecki, niewielki ciek w południowej części Warszawy, rozpoczyna swój bieg w dzielnicy Ochota i uchodzi do Jeziora Wilanowskiego. Zlewnia Potoku Służewieckiego w całości znajduje się w granicach miasta stołecznego Warszawy, jest ona zlokalizowana w południowej części miasta w dzielnicach: Ochota (Szczęśliwice, Rakowiec), Włochy (Okęcie), Mokotów (Służewiec, Służew), Ursynów i Wilanów, a jej powierzchnia całkowita wynosi 54,8 km<sup>2</sup> (Nowicka 2002). Do Potoku Służewieckiego i Jeziora Wilanowskiego, do którego uchodzi Potok, trafiają spływy deszczowe i roztopowe z południowej części Warszawy, w tym także z lotniska „Okęcie”. Obecnie do Potoku trafiają oczyszczone ścieki deszczowe z Lotniska oraz nieoczyszczone ścieki z obszarów Służewca, Służewa nad Dolinką, Ursynowa, Pasma Pyrskiego oraz nieoczyszczone ścieki deszczowe odprowadzane Rowem Wolica z Ursynowa i Natolina (Biernacki 2000). Potok na całym swoim biegu (14,9 km) przyjmuje ponad 30 dopływów, z czego 4 stanowią rowy otwarte. Są to: Rów Grabowski, Rów Wyścigi (Bokserski), Rów Wolica oraz Kanał Wolicki uchodzący w końcowym odcinku Potoku (Banasik 2002). Pozostałe dopływy to rowy bez nazwy oraz wyloty kanalizacji deszczowej, odprowadzające wody burzowe z terenów zlewni Potoku. Zlewnia Potoku Służewieckiego charakteryzuje się dużym udziałem powierzchni zabudowanych (osiedla mieszkaniowe, drogi), czyli obszarów o ograniczonej bądź znikomej przepuszczalności. Pomimo dużego zurbanizowania zlewni znajdują się na jej obszarze także tereny niezabudowane, takie jak: ogródki działkowe, sady, łąki czy nieużytki. Na terenach Ursynowa, Grabowa i Kabat znaczna część obszarów jest niezabudowana. Te obszary przepuszczalne (niezabudowane), znajdujące się głównie w południowej części miasta, stanowi przede wszystkim Las Kabacki. Obszarami o wyraźnej antropopresji zlewni są: tereny portu lotniczego Okęcie, osiedli mieszkaniowych, budynków biurowych oraz infrastruktura komunikacyjna (Banasik i in. 2007). Podczas nawalnych opadów deszczu

i gwałtownego spływu deszczowego niekiedy następuje przepełnianie się sieci kanalizacyjnej i podtapianie przez Potok Służewiecki nawet odległych od koryta obszarów zlewni.



Rys. 1. Lokalizacja punktów opróbowania  
Fig. 1. Location of sampling points

W latach 2007-2010 z Potoku Służewieckiego, jego dopływów oraz z Jeziora Wilanowskiego 16-krotnie pobrano do badań próbki wód. Z Potoku Służewieckiego wody opróbowywano w 12 lokalizacjach (12,700; 8,840; 8,420; 7,900; 7,680; 6,880; 6,300; 5 900; 5 300; 2,900; 1,450; 0,020 km biegu cieku). Z Jeziora Wilanowskiego próbki pobierano na czterech stanowiskach. Z jeziora próbki wody były pobierane z warstwy naddennej i powierzchniowej, z wyjątkiem stanowiska C3, ze względu na małą głębokość jeziora w tym miejscu. Z dopływów Potoku próbki wody pobierano przy ich ujściu. W większości punktów obserwacyjnych próbki wody do badań były pobierane cztery razy do roku przez cztery lata. Próbkę były pobierane wspólnie przez pracowników Miejskiego Laboratorium Chemicznego przy Urzędzie m.st. Warszawy i Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Oznaczenia parametrów fizycznych i chemicznych w próbkach wody zostały wykonane przez Miejskie Laboratorium Chemiczne przy Urzędzie m.st. Warszawy. W próbkach zostały oznaczane wskaźniki zasolenia: przewodność elektrolityczna, zawartość substancji rozpuszczonych, siarczanów, chlorków, wapnia, magnezu, sodu i potasu. Badania zostały wykonane według Norm Polskich lub procedur badawczych opracowanych przez Miejskie Laboratorium Chemiczne przy Urzędzie m.st. Warszawa.

### 3. Wyniki i dyskusja

**Potok Służewiecki.** Odczyn wody cieką wahał się od 7,60 do 9,02. Średnie geometryczne dla większości punktów kontrolnych były w zakresie między 7,91-8,14 (tabela 1). Najniższym odczynem charakteryzowały się wody w górnym biegu Potoku. Przewodność wody zmieniała się w bardzo szerokim zakresie wartości od 248 do 10050  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Średnie geometryczne obliczone dla poszczególnych punktów kontrolnych były bardzo wysokie, najczęściej powyżej 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , zmieniały się one od 922  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (punkt J) do 1220  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (punkt G3). Zawartość substancji rozpuszczonych wahała się od 186 do 5844 mg/l, a obliczonych średnich geometrycznych od 637 mg/l (punkt J) do 779 mg/l (punkt B). Zawartość chlorków wykazywała dużą zmienność w czasie i wzdłuż Potoku i w badanym okresie ich stężenie odnotowano w bardzo szerokim zakresie zawartości od 23 do 3208 mg/l. Obliczone średnie geometryczne zawartości dla poszczególnych punktów wahały się od 124 mg/l dla próbek pobieranych przy Wyścigach Konnych do 204 mg/l dla próbek wód pobieranych przy lotnisku. Stężenie siarczanów było dużo niższe od 12 do 177,0 mg/l, a wartości ich średnich geometrycznych wahały się od 63 do 98 mg/l i wykazywały w zasadzie tendencję wzrastającą wzdłuż Potoku. Zawartość sodu była w zakresie od 16,8 do 2060 mg/l, a obliczone średnie były w przedziale od 81,5 (ujście Rowu Grabowskiego) do 123,1 mg/l (wlot pod lotnisko). Zawartość potasu była dużo niższa od 4,3 do 108,0 mg/l, przy czym obliczone średnie w górnym i środkowym odcinku cieką, od wylotu spod lotniska, były wyższe niż 12,0 mg/l, podczas gdy w dolnym odcinku były one niższe niż 9,0 mg/l. Wapń zmierzono w przedziale od 27,6 do 217,0 mg/l, najwyższą średnią zawartością charakteryzowały się wody pobierane przy lotnisku (112,9 mg/l), najniższą w punkcie O (ul. Rosoła). Magnez stwierdzono w przedziale od 2,8 do 25,8 mg/l, a obliczone jego średnie geometryczne zawartości dla poszczególnych punktów (13,6 – 14,7 mg/l) niewiele się różniły.

W badanym okresie zaobserwowano wzrost przewodności oraz zawartości siarczanów, wapnia i magnezu. Interesująco przedstawiają się zmiany zawartości chlorków i sodu. Ich stężenie w wodach Potoku ekstremalnie wzrosło na przełomie lat 2009/2010, aby w następnym okresie czasu obniżyć się do pierwotnego poziomu. Zawartość potasu wykazywała stosunkowo małe zmiany w czasie.

Tabela 1

## Parametry statystyczne wskaźników zasolenia w wodzie Potoku Służewieckiego

Lp.	Stanowisko	Symbol punktu	Parametr	Odczyn	Przewodność elektr. właściwa (uS/cm)	Substancje rozpuszczone (mg/l)	Chlorki (mg/l)	Siarczany (mg/l)	Sód (mg/l)	Potas (mg/l)	Wapń (mg/l)	Magnez (mg/l)
1	Potok Służewiecki (12 700 m), wlot do kolektora płynącego pod lotniskiem (n=16)	B	a	7,91	1690	1080	403	83	249,3	9,1	103,9	15,6
			b	7,91	1156	779	204	73	123,1	8,5	94,1	13,6
			c	7,60	378	204	53	22	30,8	4,3	27,6	2,8
			d	8,14	10050	5844	3208	157	2060	18,2	178,0	23,9
2	Potok Służewiecki (8,840 m), wypływ spod lotniska poniżej ul. Wirażowej (n=14)	D	a	8,15	1340	908	222	72	138,8	26,1	122,5	15,7
			b	8,14	1184	829	159	69	96,8	18,9	115,1	14,6
			c	7,68	736	562	76	29	63,6	9,6	54,4	6,0
			d	9,02	4690	2782	1248	112	803,0	108,0	192,0	21,5
3	Potok Służewiecki (8 420 m), ul. Kłobucka, wodowskaz nr 1 (n=15)	E	a	8,06	1288	854	222	76	133,1	17,5	121,4	15,9
			b	8,06	1075	741	152	69	88,2	14,7	112,9	14,7
			c	7,83	248	192	31	12	16,8	5,3	28,4	3,0
			d	8,24	4960	2864	1362	135	834,0	55,5	197,0	25,8
4	Potok Służewiecki (7 900 m), dopływ z Rowu Grabowskiego (n=15)	G	a	8,06	1141	777	177	69	109,2	20,0	113,5	14,8
			b	8,06	1000	701	130	63	81,5	15,7	105,2	13,6
			c	7,72	247	186	31	13	16,8	5,5	29,1	3,1
			d	8,32	3496	2076	882	97	529,0	83,5	179,0	22,8
5	Potok Służewiecki, budynek Poczty Polskiej, wodowskaz nr 3 (n=7)	G3	a	8,09	1247	804	174	90	103,1	19,5	128,1	17,0
			b	8,09	1220	790	161	88	93,2	15,7	127,9	16,9
			c	7,83	947	637	102	69	60,1	10,7	114,0	13,6
			d	8,30	1891	1172	341	116	232,0	60,1	139,0	20,1
6	Potok Służewiecki (6880 m), Wyciągi Konne, wodowskaz nr 4 (n=16)	H	a	8,07	1118	738	200	70	117,4	12,9	102,7	14,3
			b	8,07	1017	687	166	65	95,0	12,3	98,0	13,6
			c	7,87	306	223	46	18	24,5	6,3	32,1	4,1
			d	8,40	2799	1593	696	117	441,0	22,1	137,0	19,7
7	Potok Służewiecki (6 300m), Rzymowskiego, wodowskaz nr 5 (n=18)	J	a	8,04	996	675	153	71	97,5	15,5	100,9	13,2
			b	8,04	922	637	124	65	81,1	13,8	94,7	12,5
			c	7,76	359	293	23	29	25,0	5,8	41,4	5,5
			d	8,35	1897	1137	376	177	240,0	34,2	217,0	21,3
8	Potok Służewiecki (5 900 m), ul. Puławska, wodowskaz nr 6 (n=16)	N	a	8,00	1452	935	303	89	185,2	13,5	109,5	14,9
			b	8,00	1103	754	173	84	96,9	12,3	104,7	14,1
			c	7,81	393	298	54	33	28,8	6,2	46,2	5,8
			d	8,26	8040	4538	2480	144	1630	28,6	149,0	22,7
9	Potok Służewiecki (5 300 m), ul. Rosoła, wodowskaz nr 7 (n=16)	O	a	8,05	1325	854	282	86	170,0	8,9	94,3	14,2
			b	8,05	1042	710	174	83	99,6	8,5	91,7	14,0
			c	7,90	549	404	77	57	44,0	5,6	57,0	9,7
			d	8,19	7170	4064	2218	140	1420	15,9	136,0	19,9
10	Potok Służewiecki, ujście Rowu Wolica, wodowskaz nr 8 (n=16)	P	a	8,14	1348	870	287	84	174,6	9,4	97,1	14,4
			b	8,13	1051	723	177	82	100,8	8,9	94,7	14,2
			c	7,88	611	488	89	51	49,9	5,9	54,4	10,4
			d	8,59	7440	4152	2277	138	1490	17,8	137,0	20,6
11	Potok Służewiecki, ul. Kosiarzy (n=16)	Z	a	8,06	1236	828	241	98	141,5	8,1	104,4	15,0
			b	8,05	1031	732	162	95	90,1	7,8	101,8	14,7
			c	7,83	626	496	81	54	44,8	4,8	56,4	8,7
			d	8,48	5770	3198	1716	135	1080	14,2	143,0	20,3
12	Potok Służewiecki, ujście do Jez. Wilanowskiego, wodowskaz nr 9 (n=17)	U	a	8,06	1200	816	227	101	136,2	8,1	103,5	14,6
			b	8,06	1017	722	157	98	87,5	7,8	100,8	14,3
			c	7,79	642	468	76	55	41,8	4,6	55,0	8,3
			d	8,47	5550	3222	1634	137	1030	14,0	142,0	20,8

a - średnia, b - średnia geometryczna, c - minimum, d - maksimum

Wody Potoku Służewieckiego wzdłuż jego całego biegu pod względem odczynu, zawartości siarczanów i magnezu można określić jako wody bardzo dobrej jakości, ze

względu na zawartość substancji rozpuszczalnych są one wodami zadowalającej jakości, z wyjątkiem wypływu spod lotniska (wody niezadowalającej jakości), a pod względem przewodności elektrolitycznej właściwej i zawartości wapnia ich jakość dość często się zmienia między wodami dobrej lub zadowalającej jakości, zaś z powodu stężenia chlorków wody Potoku są wodami dobrej jakości, z wyjątkiem punktu B, gdzie wody są zadowalającej jakości.

**Dopływy Potoku Służewieckiego.** Odczyn wód dopływających do Potoku Służewieckiego zmieniał się w badanym okresie czasu od 7,01 do 8,60, zaś obliczone średnie geometryczne odczynu dla poszczególnych dopływów były w granicach od 7,29 (dren D2) do 8,07 (Staw Berensewicza). Przewodność elektrolityczna zmieniała się od 214 (Kanał Wolicki) do 13750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (kolektor spod ul. 17 sierpnia). Bardzo wysokimi wartościami przewodności charakteryzowały się wody pobrane z kolektora spod ul. 17 Stycznia (C), kolektora spod ul. Rosoła (O2), przy ujściu Rowu Wolica (R). Średnie geometryczne przewodności elektrolitycznej obliczone dla wszystkich dopływów mieściły się w zakresie od 554  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Kanał Wolicki) do 2338  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (dren D2 przy ul. Wirażowej). Przewodnością powyżej 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (wody niezadowalającej jakości) wyróżniały się również wody drenu D1 (1458  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Zawartość substancji rozpuszczalnych zmierzono w zakresie od 150 (Kanał Wolicki) do 8170 mg/l. Bardzo wysokie ich zawartości wykrywano w dopływie z kolektora spod ul. 17 Stycznia (C), z kolektora spod ul. Rosoła. (O2) oraz przy ujściu Rowu Wolica (R). Średnie geometryczne wyznaczone dla zawartości substancji rozpuszczonych były w zakresie od 410 (Kanał Wolicki) do 1578 mg/l (dren D2). Średnimi geometrycznymi zawartościami powyżej 800 mg/l charakteryzowały się także wody drenu D1 (1458 mg/l), drenu D3 (1185 mg/l), kolektora spod ul. Puławskiej (827 mg/l), kolektora spod 17 Stycznia (1052 mg/l).

Zawartość chlorków była w zakresie od 7 (Kanał Wolicki) do 4514 mg/l (dopływ z kolektora spod ul. 17 Stycznia). Bardzo wysoką zawartość chlorków odnotowano w dopływie z kolektora O2 spod ul. Rosoła (2070 mg/l) i przy ujściu Rowu Wolica (1826 mg/l). Średnie geometryczne zawartości chlorków w dopływach Potoku wahały się od 38 (Kanał Wolicki) do 597 mg/l (dopływ z drenu D2). Podobnie wysoką średnią charakteryzowały się wody drenu D1 (475 mg/l). Zawartość siarczanów pomierzono od 16 (kolektor spod ul. 17 Stycznia) do 393 mg/l (Kanał Wolicki). Średnimi zawartościami siarczanów wyższymi od 100 mg/l charakteryzowały się wody Rowu Wolica oraz drenów D3 i D2. Sód w wodach dopływów odnotowano w zakresie od 6,5 do 3180 mg/l (kolektor spod 17 Stycznia).

Tabela 2

Parametry statystyczne wskaźników zasolenia w wodzie dopływów Potoku Służewieckiego

Lp.	Stanowisko (ilość próbek)	Symbol punktu	Parametr	Odczyn	Przewodność elektr. właściwa ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Substancje rozpuszczone ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Chlorki ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Siarczany ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Sód ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Potas ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Wapni ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Magnez ( $\text{mg}/\text{l}$ )
1	Dopływ kolektora spod ul. 17 Stycznia (n=15)	C	a	7,99	2642	1776	748	98	476,4	11,8	131,2	19,4
			b	7,99	1437	1052	258	84	154,7	10,6	116,0	16,7
			c	7,70	276	274	36	16	20,6	3,7	34,9	3,3
			d	8,18	13750	8170	4515	164	3180	21,3	222,0	34,0
2	Dopływ z drenu, powyżej mostu na ul. Wirażowej, brzeg prawy (n=11)	D1	a	7,31	2164	1493	505	84	243,0	15,9	192,5	20,8
			b	7,31	2078	1458	475	84	200,9	15,6	189,8	20,4
			c	7,02	1396	1094	278	72	17,5	10,0	150,0	15,7
			d	7,67	3420	2164	905	98	411,0	21,1	251,0	29,3
3	Dopływ z drenu, poniżej mostu na ul. Wirażowej, brzeg prawy (n=9)	D2	a	7,29	2367	1598	622	112	312,6	19,6	185,1	20,3
			b	7,29	2338	1578	597	112	310,1	19,3	184,3	20,2
			c	7,01	1892	1172	448	85	258,0	15,5	163,0	18,2
			d	7,63	3009	2034	1161	133	367,0	27,8	231,0	24,6
4	Dopływ z drenu przed torami kolejowymi, brzeg lewy, 300 mm (n=12)	D3	a	7,88	1507	1200	269	114	114,8	5,5	202,8	46,8
			b	7,87	1496	1185	262	112	113,1	5,2	198,7	37,1
			c	7,36	1202	858	163	74	81,2	3,2	151,0	24,1
			d	8,24	1839	1582	402	137	163,0	9,9	330,0	208,0
5	Dopływ z drenu za torami kolejowymi, brzeg prawy, 50 mm (n=12)	D4	a	8,01	715	530	41	84	31,8	8,0	102,1	15,0
			b	8,01	712	529	40	84	31,2	7,7	91,5	15,0
			c	7,68	572	446	29	58	20,4	4,7	12,0	12,6
			d	8,34	806	588	77	96	44,2	11,5	122,0	16,6
6	Rów Grabowski ujęcie do Potoku Służewieckiego wodowskaz nr 2 (n=15)	F	a	7,99	1039	703	201	72	121,2	10,1	85,3	12,3
			b	7,98	985	670	161	69	108,0	9,9	82,4	11,2
			c	7,62	590	402	16	41	48,1	6,6	52,4	1,8
			d	8,60	1963	1192	419	100	260,0	14,3	124,0	17,8
7	Odpływ ze Stawu Beręsewicza (staw dolny) przy ul. Łączyny (n=13)	G1	a	8,08	820	538	127	49	79,1	17,8	77,3	11,0
			b	8,07	737	490	105	45	64,3	14,9	72,1	10,3
			c	7,71	258	206	34	17	19,8	6,7	27,3	3,9
			d	9,28	1348	828	281	92	170,0	48,7	125,0	18,0
8	Rów Bokcerski (ujęcie 6,580 km) (n=16)	I	a	7,98	1056	731	148	106	88,2	8,5	122,4	16,0
			b	7,98	1020	707	130	98	75,2	6,5	115,8	14,9
			c	7,63	547	378	40	42	21,8	2,8	50,5	4,2
			d	8,46	1962	1210	393	205	253,0	22,6	206,0	28,1
9	Dopływ z kolektora spod ul. Puławskiej ( 5,950 km) (n=12)	Np.	a	7,85	1268	886	262	90	132,9	5,2	117,3	15,6
			b	7,85	1201	827	230	88	122,7	5,2	111,9	15,3
			c	7,46	750	566	138	61	76,8	4,1	78,3	12,0
			d	8,13	2495	1834	670	125	282,0	6,5	226,0	24,8
10	Dopływ z kolektora spod ul. Puławskiej ( 5,950 km) (n=3)	Npd	a	7,92	903	671	161	74	91,7	5,4	94,7	14,7
			b	7,92	892	663	155	74	89,5	5,3	93,3	14,7
			c	7,79	711	532	107	69	65,4	4,5	72,2	13,6
			d	8,09	1037	760	205	79	112,0	6,6	108,0	15,7
11	Dopływ z kolektora "MPWIK" (5,330 km) (n=5)	O1	a	7,84	931	662	135	75	73,4	7,0	106,6	15,1
			b	7,84	887	625	126	68	70,0	6,9	98,0	13,7
			c	7,57	457	302	66	26	42,5	4,9	40,1	5,1
			d	7,99	1098	840	184	98	108,0	7,9	139,0	20,1
12	Dopływ z kolektora spod ul. Rosoła (n=16)	O2	a	7,94	1225	790	267	81	163,2	5,5	83,2	13,5
			b	7,94	953	649	165	79	95,0	5,4	82,0	13,4
			c	7,57	554	406	84	59	49,1	3,8	62,5	10,6
			d	8,15	6790	3856	2070	126	1370	7,3	114,0	18,3
13	Kanał Wolicki za przepompownią (n=11)		a	7,92	629	487	45	134	24,6	10,0	93,1	11,5
			b	7,91	554	410	38	93	22,4	8,7	70,7	8,5
			c	7,21	214	150	7	20	6,5	4,4	18,2	1,3
			d	8,35	1261	1114	73	393	38,4	17,9	227,0	23,9
14	Rów Wolica ujęcie do Potoku Służewieckiego (n=16)	R	a	7,86	1260	888	227	138	129,7	4,8	126,9	15,4
			b	7,85	1011	764	123	128	62,4	4,7	123,5	15,2
			c	7,61	632	452	58	67	28,3	3,2	73,6	11,3
			d	8,12	6020	3430	1826	236	1140	7,2	170,0	18,5

a - średnia, b - średnia geometryczna, c - minimum, d - maksimum



Wysokie zawartości sodu wykryto także w dopływie z kolektora spod ul. Rosoła i w Rowie Wolica. Średnie geometryczne obliczone dla poszczególnych dopływów były w zakresie od 22,4 (Kanał Wolicki) do 310 mg/l (dren D2). Wysoką średnią zawartością sodu charakteryzowały się również wody drenu D1 (200,9 mg/l) i kolektora spod ul. 17 Stycznia (154,7 mg/l). Potas pomierzono w przedziale od 2,8 do 48,7 mg/l (Staw Berensewicza). Obliczone średnie geometryczne dla poszczególnych punktów obserwacyjnych wahały się od 4,7 do 19,3 mg/l (dren D2).

W dopływach do Potoku Służewieckiego stężenie wapnia wahało się od 12,0 (dren D4) do 330 mg/l (dren D3). Najwyższe jego stężenie było obserwowane w wodach drenów D1 i D3. Obliczone średnie geometryczne wynosiły od 70,7 (Kanał Wolicki) do 198,7 mg/l (dren D3). Także wysoką średnią zawartością charakteryzowały się dopływy, dren D1 (189,9 mg/l), dren D2 (184,3 mg/l), pozostałe obliczone średnie zawartości Ca nie przekraczały 125,0 mg/l. Magnez odnotowano w zawartości od 1,3 do 208 mg/l. Średnie geometryczne magnezu zmieniały się od 8,5 (Kanał Wolicki) do 37,1 mg/l (dren D3). Względnie wysokimi średnimi zawartościami, ponad 20,0 mg/l, wyróżniały się także wody drenów D1 i D2.

Wody doprowadzane przez rowy wykazują dużą zmienność w czasie w przewodności elektrolitycznej, zawartości substancji rozpuszczonych, sodu i chlorków, zwłaszcza na przełomie lat 2007/2008 i 2009/2010. Zaobserwowano również dużą zmienność w stężeniu potasu w wodzie Rowu Bokserskiego. W wodach doprowadzanych przez dreny D1, D2 i D3 odnotowano bardzo intensywny wzrost przewodności elektrolitycznej oraz substancji rozpuszczonych sodu, potasu i chlorków. Spośród dopływów z kolektorów największą zmienność badanych parametrów w czasie stwierdzono dla kolektora spod ul. Rosoła dla przewodności i zawartości sodu oraz chlorków (przełom 2009/2010). W dopływach dostarczanych przez kolektory zaobserwowano stopniowy wzrost zawartości wapnia i siarczanów.

Wody dopływów pod względem odczynu i zawartości magnezu są wodami bardzo dobrej jakości, pod względem zawartości siarczanów wodami bardzo dobrej i dobrej jakości, pod względem stężenia wapnia wodami dobrej i zadowalającej jakości. Ze względu na wartość przewodności elektrolitycznej, zawartości substancji rozpuszczonych oraz chlorów oceniono, że wody drenów D1 i D2 są wodami złej jakości. Wody pozostałych dopływów, z uwagi na przewodność elektrolityczną, są wodami dobrej i zadowalającej jakości, a pod względem zawartości chlorków wodami bardzo dobrej, dobrej i zadowalającej jakości. Z powodu wysokiej zawartości substancji rozpuszczonych wody drenu D3 oraz kolektorów spod ul.

Puławskiej i ul. 17 Stycznia są wodami niezadowolającej jakości, a wody pozostałych dopływów są dobrej i lub zadowolającej jakości.

Pod względem ekologicznym wody dopływów drenów D1, D2, D3 i przy ul. Puławskiej (Np.) oraz kolektora spod ul. 17 Stycznia (C) są wodami poniżej dobrego stanu ekologicznego ze względu na zawartość substancji rozpuszczonych. Chociaż pod względem zawartości siarczanów, magnezu i odczynu ocenić można, że są one bardzo dobrego stanu, a ze względu na stężenie wapnia są bardzo dobrego lub dobrego stanu ekologicznego. Ponadto, wody drenów D1 i D2 są wodami poniżej stanu dobrego ze względu na wartość przewodności elektrolitycznej, zawartość substancji rozpuszczonych i chlorków, a wody drenu przy ul. Puławskiej (Np.) oraz kolektora spod ul. 17 Stycznia (C) są wodami poniżej stanu dobrego ze względu na zawartość substancji rozpuszczonych.

**Jezioro Wilanowskie.** Odczyn wody oznaczono w zakresie od 6,96 do 8,46 mg/l, najniższą wartość pH miały wody naddenne na stanowisku C4 (średnia geometryczna 7,17), a najwyższą wody powierzchniowe na stanowisku C2 (średnia geometryczna – 8,06). Przewodność wody zmieniała się w bardzo dużym zakresie od 425 do 10412  $\mu\text{S/cm}$ . Stwierdzono także olbrzymie zróżnicowanie średnich geometrycznych obliczonych dla poszczególnych stanowisk i dla różnych warstw wody. Były one o rząd wielkości wyższe dla stanowisk C2 i C4. W próbkach pobieranych z jeziora występowało także duże zróżnicowanie w zawartości substancji rozpuszczonych (od 272 do 6812 mg/l) i konsekwentnie najwyższą przewodnością charakteryzowały się wody warstwy naddennej na stanowiskach C2 i C4. Zawartość zawiesiny zmieniała się również w dużym zakresie od 4 do 157 mg/l i dużo wyższymi jej zawartościami charakteryzowały się wody naddenne (średnie geometryczne od 27 do 58 mg/l) w porównaniu do wody powierzchniowej (średnie geometryczne od 9 do 14 mg/l). Stężenie chlorków wahało się w bardzo szerokim przedziale od 50 do 3669 mg/l. Ekstremalnie wysoką ich zawartością wyróżniały się wody warstwy naddennej na stanowiskach C4 i C2, obliczone średnie geometryczna były wyższe od 1000 mg/l, podczas gdy dla wody powierzchniowej na poszczególnych stanowiskach nie przekraczały one 130 mg/l. Siarczany występowały w niskich zawartościach (od 12 do 138 mg/l), a obliczone średnie geometryczne były w zakresie od 45 do 85 mg/l. Sód był obecny w przedziale zawartości od 32,8 do 2240 mg/l, a średnie jego zawartości w wodach warstwy naddennej na stanowiskach C2 i C3 były o rząd wielkości wyższe niż w wodach na stanowiskach C1 i C3. Stężenie potasu było dużo niższe, w zakresie od 5,3 do 25,8 mg/l. Wapń występował w stosunkowo niskich zawartościach, od 61 do 155 mg/l, także magnez stwierdzono w bardzo niskich stężeniach od 9,6 do 17,5 mg/l. Stężenia obu tych pierwiastków w próbkach wód

pobrane z warstwy naddennej na stanowiska C2 i C4 były niższe niż pobieranych ze stanowisk C1 i C3.

Badane parametry w wodach wykazują dużą zmienność sezonową. Wahania przewodności, zawartości substancji rozpuszczonych, sodu, chlorków są uwarunkowane z jednej strony powszechnym stosowaniem w okresie zimy soli kamiennej do usuwania oblodzeń, a z drugiej zwiększonym dopływem wody na skutek topnienia śniegu lub ulewnych opadów deszczu w okresie letnim. Jednakże jest widoczna tendencja do obniżania się odczynu wody w warstwie powierzchniowej, z jednoczesnym wzrostem w niej zawartości wapnia.

Tabela 3

## Parametry statystyczne wskaźników zasolenia w wodzie Jeziora Wilanowskiego

Lp.	Stanowisko		Odczyn	Przewodność elektr. właściwa ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Substancje rozpuszczone ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Chlorki ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Siarczany ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Sód ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Potas ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Wapń ( $\text{mg}/\text{l}$ )	Magnez ( $\text{mg}/\text{l}$ )
1	Jezioro Wilanowskie C1 woda naddenna (n=16)	a	7,94	949	657	158	87	71,8	6,6	96,8	13,1
		b	7,94	883	623	124	85	60,6	6,6	94,9	12,9
		c	7,62	560	402	61	59	32,8	5,3	62,0	9,6
		d	8,22	2336	1432	698	138	283,0	8,4	128,0	15,9
2	Jezioro Wilanowskie C1 woda powierzchniowa (n=16)	a	7,96	777	556	110	82	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
		b	7,96	766	545	105	78	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
		c	7,64	554	398	60	27	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
		d	8,26	1023	810	179	136	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
3	Jezioro Wilanowskie C2 Woda naddenna (n=16)	a	7,51	4934	3031	1555	64	904,9	10,2	120,1	13,9
		b	7,51	3949	2470	1095	54	633,2	9,7	118,7	13,8
		c	6,96	790	582	104	12	54,1	5,8	84,9	11,2
		d	7,99	10412	6812	3669	109	2240	16,8	155,0	15,3
4	Jezioro Wilanowskie C2 Woda powierzchniowa (n=17)	a	8,06	773	550	111	81	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
		b	8,06	760	536	105	77	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
		c	7,72	452	290	50	34	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
		d	8,41	993	784	192	123	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
5	Jezioro Wilanowskie C3 Woda powierzchniowa (n=16)	a	7,97	877	629	137	81	74,1	8,4	91,8	13,2
		b	7,96	855	610	130	79	70,1	8,3	90,5	13,0
		c	7,50	626	396	72	60	38,4	6,0	61,0	10,1
		d	8,45	1447	944	278	113	144,0	12,3	116,0	16,3
6	Jezioro Wilanowskie C4 Woda naddenna (n=16)	a	7,17	4718	2743	1379	47	827,4	13,8	124,9	14,8
		b	7,17	4421	2572	1281	45	770,0	13,4	124,3	14,8
		c	7,00	2714	1422	752	20	426,0	10,1	101,0	12,4
		d	7,48	7660	4454	2281	67	1400	25,8	140,0	17,5
7	Jezioro Wilanowskie C4 Woda powierzchniowa (n=16)	a	8,06	797	581	116	82	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
		b	8,06	777	561	109	79	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
		c	7,64	425	272	51	45	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
		d	8,46	1254	844	211	116	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.

a - średnia, b - średnia geometryczna, c - minimum, d - maksimum

Jakość wód w Jeziorze Wilanowskim wykazuje bardzo duże zróżnicowanie w zależności od stanowiska, jak i badanej warstwy wody. Najgorszej jakości są wody warstwy naddennej na stanowisku C4. Ze względu na bardzo wysoką przewodność elektrolityczną, zawartość substancji rozpuszczonych są one wodami złej jakości; za przyczyną wapnia są wodami III

klasy jakości, zaś ze względu na odczyn zawartość siarczanów i magnezu są wodami I klasy czystości. Według kryteriów Rozporządzenia MŚ w sprawie sposobu klasyfikacji stanu wód wody Jeziora Wilanowskiego są wodami poniżej stanu dobrego ze względu na bardzo wysoką przewodność w wodzie warstwy naddennej.

Spośród analizowanych kationów w wodach Potoku Służewieckiego stężenie sodu jest dziesięciokrotnie wyższe (średnie stężenie obliczone dla wszystkich próbek wynosi 91,6 mg/l), a w wodzie Jeziora Wilanowskiego – trzydziestokrotnie wyższe (średnia dla wszystkich pomiarów - 217,6 mg/l) w porównaniu do zawartości tego pierwiastka w wodach niezanieczyszczonych. Mediana zawartości sodu w wodach powierzchniowych Europy została określona na 6,58 mg/l, a średnia jego zawartość w wodach Polski wynosi 16 mg/l (Lis, Pasieczna 1995; de Vos i in. 2006). W rzekach niezanieczyszczonych lub zanieczyszczonych w niewielkim stopniu stężenie sodu wynosi kilka mg/l, np. w rzece Tanwi (8 mg/l) i Wel (9 mg/l) (Lis, Pasieczna 1995). W wodach dopływów Potoku Służewieckiego stężenie sodu jest nawet kilkudziesięciokrotnie wyższe niż jego przeciętna zawartość w wodach powierzchniowych. Najwyższe stężenia zawierają wody dopływające z drenów D1, D2 i D3 oraz kolektora spod ul. Puławskiej, a także Rowu Grabowskiego. Zawartość potasu w wodach Potoku Służewieckiego była kilkukrotnie wyższa (średnie stężenie dla wszystkich próbek - 10,5 mg/l), podobnie też w wodzie Jeziora Wilanowskiego (średnia dla wszystkich pomiarów - 9,2 mg/l) w porównaniu do przeciętnego stężenia potasu w wodach słodkowodnych. Mediana zawartości potasu w wodach słodkowodnych Europy została oceniona na 1,6 mg/l. W Wiśle średnia zawartość potasu jest wysoka - 11 mg/kg, ze względu na odprowadzane olbrzymie ilości wód kopalnianych, ale w wodach Tanwi i Pilicy wynosi 3 mg/l. Spośród dopływów Potoku Służewieckiego najwyższą zawartością potasu charakteryzowały się wody drenów D3 i D2 i odpływu ze stawu Berensewicza, powyżej 10 mg/l. Stężenie wapnia w wodach Potoku Służewieckiego (średnie stężenie dla wszystkich próbek - 99,7 mg/l) i Jeziorze Wilanowskim było ponaddwukrotnie wyższe od jego mediany w wodach lądowych (40,2 mg/l), dla porównania wody Soły charakteryzują się zawartością 40 mg/kg, a Brdy – 58 mg/l. Średnie geometryczne zawartości wapnia w wodach ponad połowy badanych dopływów były wyższe od 100 mg/l, a w wodach drenów D1, D2 i D3 bliskie 200 mg/l. Stężenie magnezu w wodzie Potoku Służewieckiego (średnie stężenie dla wszystkich próbek - 13,9 mg/l) i Jeziora Wilanowskiego (średnia dla wszystkich próbek - 13,6 mg/l) były ponad dwukrotnie wyższe w porównaniu do mediany zawartości Mg w wodach Europy, dla których mediana wynosi 6 mg/l. Dla porównania, wody Soły charakteryzują się zawartością

5,5 mg/l, a Nidy - 5,8 mg/l. Spośród dopływów kilkukrotnie wyższymi zawartościami magnezu cechowały się wody drenów D1, D2, a zwłaszcza drenu D3.

Z analizowanych anionów zawartość chlorków w wodzie Potoku Służewieckiego była dwudziestokrotnie wyższa (średnie stężenie dla wszystkich próbek - 157,1 mg/l) w porównaniu do przeciętnej zawartości w wodach Europy, a w wodzie Jeziora Wilanowskiego jeszcze wyższa (średnie stężenie dla wszystkich próbek - 220 mg/l). Przeciętna zawartość chlorków w wodach Europy wynosi 8,81 mg/l (de Vos et al. 2006). Wody wszystkich dopływów charakteryzowały się wyższymi zawartościami od przeciętnej i w przeważającej większości ich stężenie było ponad 20-krotnie wyższe, a w przypadku drenów D1 i D2 - 60-70-krotnie wyższe. Zawartość siarczanów w wodzie Potoku Służewieckiego (średnie stężenie dla wszystkich próbek - 77,6 mg/l) i w Jeziorze Wilanowskim (średnie stężenie dla wszystkich próbek 70 mg/l) była pięciokrotnie wyższa w porównaniu do ich mediany zawartości w wodach Europy, określonej na 16,1 mg/l. Dla porównania, wody Soły charakteryzują się zawartością 37 mg/l, Tanwi - 33 mg/l, a Brdy - 29 mg/l. W wodach dopływów stężenie siarczanów było 2- do 3-krotnie wyższe od przeciętnego stężenia siarczanów w lądowych wodach powierzchniowych.

#### 4. Wnioski

1. Główną przyczyną obniżenia jakości wody Potoku Służewieckiego są wysokie w niej zawartości substancji rozpuszczonych wpływających na wielkość przewodności elektrolitycznej, przede wszystkim chlorków, siarczanów, wapnia i sodu, w mniejszym stopniu magnezu i potasu. Zanieczyszczenie wód Potoku Służewieckiego jest następstwem odbierania przez niego różnego rodzaju dopływów - spływy deszczowe i roztopowe, doprowadzane przez rowy, kolektory i dreny.

2. Zanieczyszczenie wody Jeziora Wilanowskiego jest spowodowane z jednej strony dopływem do niego zanieczyszczonych wód Potoku Służewieckiego, a także na skutek bardzo intensywnych procesów parowania w okresie letnim, jak również ze względu na bardzo ograniczoną wymianę wód w zbiorniku. Wody Jeziora Wilanowskiego, zwłaszcza w warstwie wody naddennej, charakteryzują się bardzo wysoką zawartością chlorków i sodu, 50- do 100- krotnie wyższą niż obserwowana przeciętnie w lądowych wodach powierzchniowych.

## BIBLIOGRAFIA

1. Banasik K.: Operat hydrologiczny Potoku Służewieckiego w przekroju ul. Przyczółkowej. Wydział Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW, Warszawa 2002.
2. Biernacki Z.: Geomorfologia i wody powierzchniowe. [W] Wisła w Warszawie. Biuro Zarządu m.st. Warszawa. Wydział Planowania Przestrzennego i Architektury, 2000.
3. Church, P. E., Friesz, P. J.: Effectiveness of Highway Drainage Systems in Preventing Road-Salt Contamination of Groundwater: Preliminary Findings In: Transportation Research Record 1420, 56. National Research Council. Washington, D.C., 1993.
4. De Vos W., Tarvainen T., Salminen R., Reeder S., De Vivo B., Demetriades A., Pirc S., Batistamarsina K., Ottesen R., O'Connor P., Bidovec M., Lima A., Siewers U., Smith B., Taylor H., Shaw R., Salpeteur I., Gregorauskiene V., Halamic J., Slaninka I., Lax K., Gravesen P., Birke M., Breward N., Ander E., Jordan G., Duris M., Klein P., Locutra J., Bel-Lan A., Pasieczna A., Lis J., Mazreku A., Gilucis A., Heitzmann P., Klaver G., Petersell V.: Geochemical Atlas of Europe. Part 2 . Interpretation of Geochemical Maps, Additional Tables Figures, Maps, and related Publications. Geological Survey of Finland. Espoo., 2006.
5. Dz.U. nr 162, poz. 1008 - Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych.
6. Dz.U. Nr 32, poz. 284 - 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.
7. Lax S., Peterson E.: Environmental Geology, 2009, 58(5), 1041-1049.
8. Lis J., Pasieczna A: Atlas geochemiczny Polski w skali 1:2 500 000. Wyd. Geologiczne, Warszawa 1995.
9. Muller B., Gachter R.: Increasing chloride concentrations in Lake Constance: characterization of sources and estimation of loads. Aquat Sci, 2011. DOI 10.1007/s00027-011-0200-0.
10. Nowicka B.: Wpływ urbanizacji na warunki odpływu. [w:] Obieg wody w zmieniającym się środowisku, Prace Instytutu Geografii AŚ w Kielcach, 2002, 77–85.
11. Ramakrishna D.M., Viraraghavan T.: Water, Air, and Soil Pollution, 2005, 166, 49–63.
12. Trowbridge P., Kahl J., Sassa D., Heath D., Walsh E.: Environm. Sc. Techno., 2010, 44, 4903-4909.

**Abstract**

Recently observed salinity of surface water in urban areas, particularly small streams and reservoirs, is caused primarily by snowmelt run-off from streets and sidewalks, and to a lesser extent by precipitation and components mobilized through natural weathering processes occurring in the soils and grounds in the catchment area. The catchment of the Służew Stream (54.8 km<sup>2</sup>), a small river in the southern part of Warsaw, is entirely located within the Warsaw city borders and is situated in the southern districts of the city: Ochota (Szczęśliwice, Rakowiec), Włochy (Okęcie), Mokotów (Służewiec, Służew), Ursynów and Wilanów. Rain and snowmelt run-offs from the southern part of Warsaw, including the airport "Okęcie, flow down into the Służew Stream and finally reach lake Wilanów to which the stream flows. Water samples were gathered for testing from the Służew Stream, its tributaries and from the Lake Wilanów 16 times in 2007-2010. Water from the Służew Stream were collected at 12 locations (12.700, 8.840, 8.420, 7.900, 7.680, 6.880, 6.300, 5 900, 5 300, 2.900, 1.450, 0.020 km water course). The lake Wilanów were sampled in four sites, samples were collected from the surface and from near-bottom layer, except for the site C3, due to the small depth of the lake at this point. The water samples of tributaries were collected at the their mouth. The samples were tested for pH, conductivity, contents of dissolved solids, Cl<sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, as well as Ca, Mg, Na and K. Waters of the Służew Stream contained up to 5844 mg/l of dissolved solids, Cl<sup>-</sup> to 3208 mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> to 177.0 mg/l, Na to 2060 mg/l, K to 83.5 mg/l, up to 217.0 mg/l of Ca and Mg to 25.8 mg/l. In the waters of the tributaries the dissolved solids were found up to 8170 mg/l, Cl<sup>-</sup> to 4514 mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> to 393 mg/l, Na to 3180 mg/l, K to 108 mg/l, Ca to 330 mg/l and Mg to 208 mg/l. Meanwhile, in the water of the Wilanów Lake content of dissolved solids were noted to 6812 mg/l, the concentration of Cl<sup>-</sup> to 3669 mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> to 138 mg/l, Na to 2240 mg/l, K 25.8 mg/l, Ca to 155 mg/l and Mg to 17.5 mg/l. It was found that the main reason of water quality reduction of Służew stream is the high content of dissolved substances, influencing the conductivity level, especially elevated by the contents of chlorides, sulphates, calcium and sodium and to a lesser extent, magnesium and potassium. Water pollution is the result of collecting by the Służew Stream various inflows - rain and snow melt run-offs and delivered by ditches, collectors and drains. Water pollution of Lake Wilanów is caused on the one hand by the inflow of polluted water of the Służew Stream, and on the other hand is a result of very intensive processes of evaporation in the summer, as well as a very limited exchange of water in the lake. It was observed that the waters of the Wilanów Lake, especially in the near-bottom layer, are characterized by a very high content of chlorides and sodium, 50-100 - fold higher than the observed average of terrestrial surface water.