

## Badania monitoringowe wód podziemnych obszarów chronionych o różnym poziomie antropopresji

Ewa Krogulec\*, Józef Mikołajków\*, Krzysztof Józwiak\*



E. Krogulec

J. Mikołajków

K. Józwiak

**Groundwater monitoring surveys in protected areas of different anthropopressure level.** Prz. Geol., 53: 522–526.

*S u m m a r y .* Results of supplementary hydrogeochemical analyses, conducted in the Kampinos National Park (KPN), its buffer zone and in the reserve "Bielany Forest" ("Las Bielański") allowed revising the location of monitoring points and proposing a basic set of analyses of quality, groundwater level. This set includes measurements of physical-chemical parameters enabling to assess water quality and to define causes and consequences of groundwater chemical composition changes. Analyses of the water level monitoring results and selected hydrogeochemical indicators allows for assessment at antropopressure intensity. The survey results led to suggesting

necessary range of physical-chemical tests and frequency of monitoring in affected areas under different antropopressure level.

**Key words:** national park, nature reserve, groundwater monitoring, antropopressure

Obszary chronione mogą stanowić osłonę ekologiczną dla aglomeracji miejskich, stwarzając bardziej komfortowe warunki życia dla ich mieszkańców. W rejonie Warszawy wyznaczono wiele obszarów objętych różnorodnymi formami ochrony przyrody: park narodowy, rezerваты, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu. Dla przedstawienia zakresu przydatnych badań monitoringowych w obszarach chronionych o różnym poziomie antropopresji, jako przykładowe tereny badawcze wyznaczono Kampinoski Park Narodowy i jego otulinę, obejmujący rozległy obszar o zróżnicowanej antropopresji oraz Rezerwat Las Bielański.

Kampinoski Park Narodowy (KPN) jest położony na północny-zachód od Warszawy. W latach trzydziestych XX wieku utworzono w Puszczy Kampinoskiej pierwsze rezerваты przyrody (Granica, Sieraków, Zamczysko), które obecnie mają znacznie większą powierzchnię i podlegają ochronie ścisłej. Kampinoski Park Narodowy utworzony został w roku 1959 na powierzchni 40 700 ha, między innymi w celu ochrony unikatowych obszarów bagiennych i wydmych. W styczniu 2000 r. Kampinoski Park Narodowy został wpisany na listę rezerwatów biosfery UNESCO. Wokół parku została wyznaczona strefa ochronna (otulina) o pow. 37 756 ha.

Teren nazywany Lasem Bielańskim znajduje się na obszarze Warszawy, rozciągając się na lewym brzegu Wisły na obszarze 152 ha, z czego 145 ha to powierzchnia leśna. Na tym obszarze utworzono w 1973 roku rezerwat przyrody (częściowy rezerwat krajobrazowy). Rezerwat zajmuje obszar ok. 130 ha, a otulina prawie 21,8 ha. Jest to unikatowy pod względem przyrodniczym teren, będący jednym z ostatnich zachowanych w tak niezmiennym stanie fragmentów Puszczy Mazowieckiej (Baum &

Trojan, 1982). Las Bielański znajduje się blisko centrum aglomeracji warszawskiej, w odległości mniejszej niż 10 km od śródmieścia. Taka lokalizacja powoduje, że jest to obszar poddany nieustannej i bardzo silnej presji ze strony miasta.

Ochrona wód na terenach o intensywnym zagospodarowaniu oraz w ich sąsiedztwie jest prowadzona według określonych zasad, zdefiniowanych w odpowiednich przepisach legislacyjnych. Jednakże każdy zurbanizowany obszar wymaga własnych, specyficznych działań dla ochrony stanów i jakości wód podziemnych, co wynika z wielu przyczyn, m.in.: warunków hydrogeologicznych, ilości i sposobu eksploatacji wody, wielkości i stopnia industrializacji terenu, gospodarki wodno-ściekowej oraz wielu innych. Czynniki te można skategoryzować w dwóch grupach:

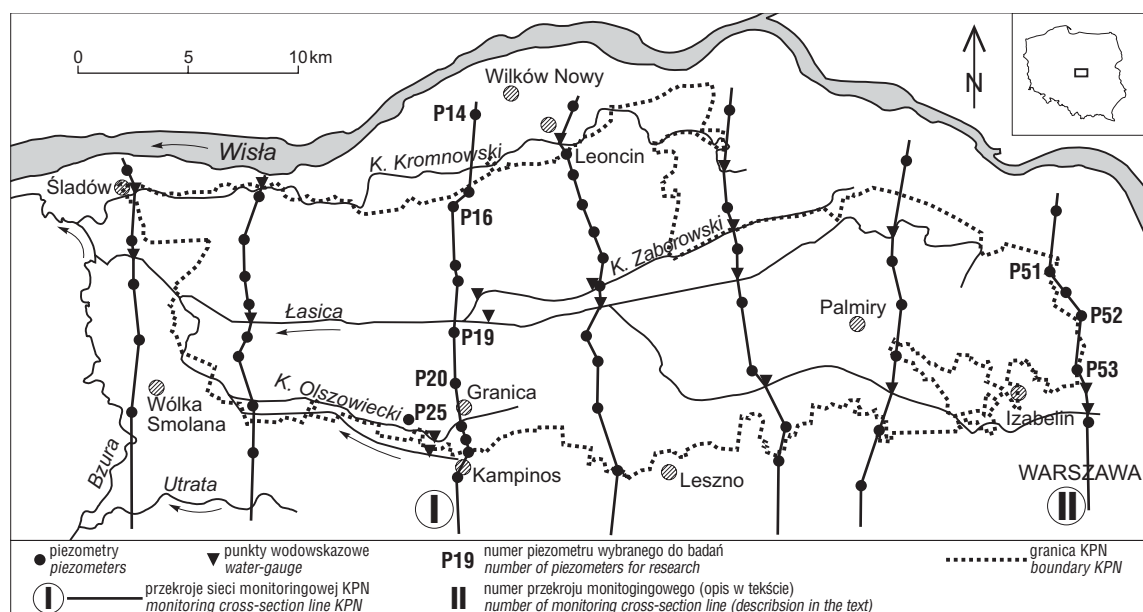
- hydrogeologiczne,
- socjoekonomiczne.

W grupie czynników hydrogeologicznych, do podstawowych działań w zakresie ochrony środowiska wodnego należy między innymi organizacja i realizacja sieci obserwacyjnej wód podziemnych. Odpowiednio zaprojektowana i eksploatowana sieć monitoringowa umożliwi rozpoznawanie i ustalanie tendencji oraz kierunków zmian zachodzących w środowisku wodnym, ze szczególnym uwzględnieniem zagrożeń, a także w celu przeciwdziałania ewentualnym ich skutkom. Wyniki badań monitoringowych wód podziemnych są niejednokrotnie materiałem wyjściowym do oceny zmian środowiska przyrodniczego, a w konsekwencji do planowania i realizacji koncepcji zrównoważonego rozwoju. Analiza wyników w zakresie stanów i wybranych wskaźników hydrochemicznych umożliwia ocenę stopnia przeobrażenia środowiska oraz wskazanie niezbędnego zakresu i częstotliwości badań monitoringowych w warunkach zróżnicowanej antropopresji.

### Obszary badań

Badania monitoringowe były prowadzone w piezometrach zlokalizowanych w trzech przekrojach badawczych

\*Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa;  
ewa.krogulec@uw.edu.pl;  
j.mikolajkow@uw.edu.pl;  
krzysztof.jozwiak@uw.edu.pl



Ryc. 1. System monitoringu wód w rejonie KPN (Krogulec, 2004)

Fig. 1. The water monitoring network in the KPN area (after Krogulec, 2004)

na obszarze Warszawy i jej bezpośredniego sąsiedztwa. Wybrane przekroje monitoringowe reprezentowały różne stadia antropopresji (ryc. 1, 2):

□ przekrój I — rejon Kampinoskiego Parku Narodowego reprezentujący nieznacznie zmienione warunki naturalne (ryc. 1);

□ przekrój II — obszar otuliny KPN (ryc. 1), gdzie stwierdzono początkowe, wyraźne przekształcenia antropogeniczne w rejonie Łomianek (Macioszczyk i in., 2003);

□ przekrój III — rejon Rezerwatu Las Bielański w Warszawie na Bielanych (ryc. 2), gdzie występują zaawansowane przekształcenia antropogeniczne (Mikołajków, 2003).

Wybrane do badań piezometry wchodzą w skład lokalnych sieci monitoringowych — Kampinoskiego Parku Narodowego i Rezerwatu Las Bielański.

### Warunki hydrogeologiczne

Kampinoski Park Narodowy wraz z otuliną jest położony w obrębie jednostki hydrogeologicznej typu dolinowego, na obszarze tarasu zalewowego i nadzalewowego Wisły. Warstwę wodonośną stanowią występujące od powierzchni utwory piaszczyste i piaszczysto-żwirowe, w miarę jednolite na całym obszarze Parku, o miąższości od 8–9 m (południowa część) do 30 m (północna część KPN) i średniej wartości  $k_{sr}$  — 28,2 m/d. Osady te podściela ciągła piaszczysto-pylasta, mułkowa, miejscami przechodząca w glinę piaszczystą i glinę pylastą, o miąższości wynoszącej od 15 do 28 m i  $k_{sr}$  — 20,3 m/d (Krogulec, 2004).

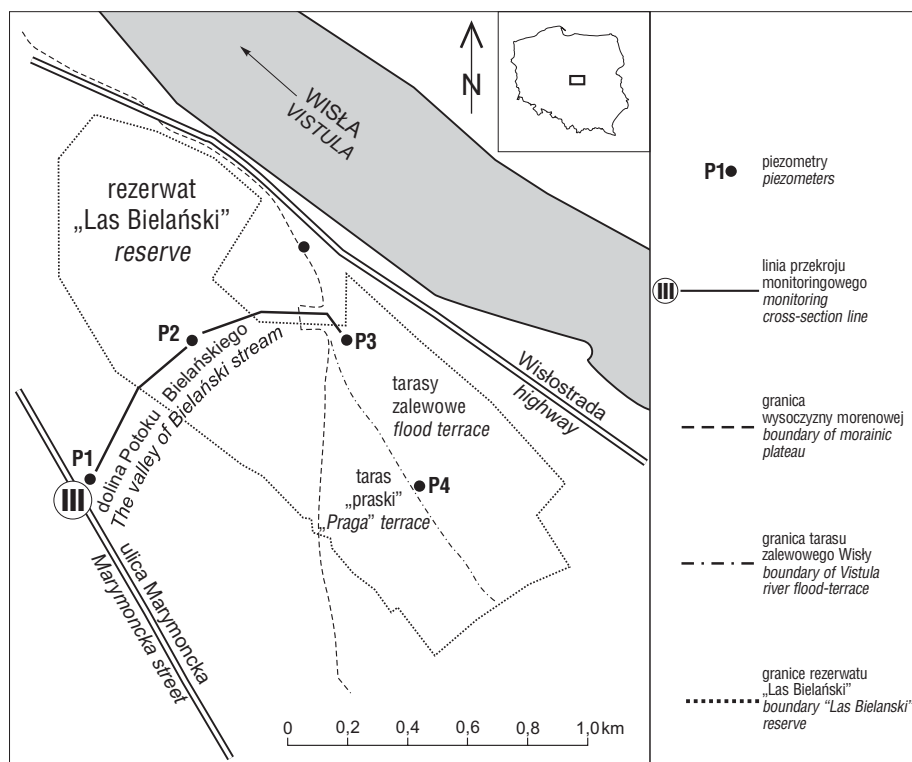
Zwierciadło wód podziemnych na obszarze KPN oraz jego otuliny jest swobodne i tylko w miejscach występowania przewarstwień gliniastych lub ilastych jest możliwe lokalne występowanie wód podziemnych o zwierciadle słabo napiętym, głównie na obszarze tarasów zalewowych Wisły (Kazimierski i in., 1995). Średnia głębokość występowania zwierciadła wody podziemnej jest niewielka, uzależniona od budowy geologicznej terenu, mieści się w

zakresie od 0,61 do 4,70 m p.p.t. i ulega sezonowym wahaniom (Krogulec, 2004).

Zasilanie wód podziemnych odbywa się prawie wyłącznie w wyniku infiltracji opadów atmosferycznych. Głównymi rejonami infiltracji są pasy wydmore. Południowa część parku zasilana jest w niewielkim zakresie przez dopływ wód z niższej warstwy wodonośnej poziomu błońskiego. Drenaż warstwy wodonośnej na tarasie kampinoskim odbywa się za pośrednictwem rzek i kanałów, a częściowo na drodze ewapotranspiracji w obrębie obniżen bagiennych. Najsilniej zaznacza się drenująca rola Wisły, która jest regionalną bazą drenażu. Mniejsze ciekły na terenie KPN drenują warstwę wodonośną w znacznie mniejszym stopniu, odcinkowo i okresowo. Drenaż wód podziemnych odbywa się także poprzez ich eksploatację zarówno w obszarze samego Parku, jak i jego otuliny, jak i terenów sąsiednich (Krogulec, 2000).

Las Bielański jest położony na granicy doliny Wisły w Warszawie. Rezerwat leży na obszarze wysoczyzny morenowej oraz doliny Wisły. Granicą tych jednostek geomorfologicznych jest skarpa o wysokości przekraczającej 10 m. Skarpa ta porożcinana jest dolinami cieków powierzchniowych (ryc. 2), z których największą jest dolina potoku Bielańskiego (Mikołajków, 2003).

Zwierciadło wód przypowierzchniowego poziomu wodonośnego ma charakter swobodny i występuje na głębokości 3–8 m na obszarze wysoczyzny i 1–3 m na obszarze tarasów zalewowych. Wartość współczynnika filtracji zmienia się w zakresie 5,6–24,2 m/d. Wody podziemne na tym terenie zasilane są infiltracyjnie oraz poprzez lateralny dopływ z obszaru wysoczyzny (obszar zwartej zabudowy miejskiej). Od czasu wybudowania wałów przeciwpowodziowych ograniczony jest wpływ rzeki. Podczas ekstremalnie wysokich stanów na Wiśle następuje odcięcie odpływu potoku Rudawka (płynącego na granicy rezerwatu), powodując lokalne, krótkookresowe spiętrzenia wody w ciekę i pojawienie się podmokłości.



Ryc. 2. Lokalizacja piezometrów na terenie Rezerwatu Las Bielański  
 Fig. 2. Monitoring points location's in "Bielany Forest" Reserve area

### Monitoring wód podziemnych

W rejonie KPN od 1998 r. funkcjonuje lokalny system monitoringowy stanów wód podziemnych i powierzchniowych (Krogulec & Sikorska-Maykowska, 1996). System

ten umożliwia diagnozę stanu środowiska w zakresie stanów wód podziemnych oraz prognozowania kierunku i tempa zmian warunków hydrogeologicznych (Krogulec, 2001a, b). Obecnie sieć monitoringowa składa się z 56 punktów obserwacyjnych wód podziemnych oraz 22 punk-

Tab. 1. Zestawienie wybranych wskaźników składu chemicznego wód w rejonie KPN (2004 r.)

Table 1. Selected physical and chemical parameters of groundwater in the KPN area (2004)

Wskaźnik Parameter [mg/L]	Obszar KPN* Area of KPN Pasy wydymowe (n=13) Dune zones (n=13) Pasy bagienne (n=5) Wetland zones (n=5)			Otulina KPN (n=59**) Buffer zone of KPN (n=59**)			Obszar zagospodarowany otaczający otulinę (n=178**) Surrounding area of KPN's buffer zone (n=178**)		
	Min. Min.	Max. Max.	Śr. Average	Min. Min.	Max. Max.	Śr. Average	Min. Min.	Max. Max.	Śr. Average
Na <sup>+</sup>	0,8 3,40	3,45 5,25	2,32 3,87	11,1	96,00	42,21	6,70	300,00	70,37
K <sup>+</sup>	0,41 0,86	3,25 3,50	1,80 2,78	2,00	118,00	21,75	1,00	244,00	31,02
Ca <sup>2+</sup>	11,02 69,14	53,30 99,60	19,39 90,38	24,00	148,50	81,89	20,00	592,00	118,47
Mg <sup>2+</sup>	0,80 2,70	3,00 9,95	1,96 8,03	1,20	27,40	13,79	0,00	85,60	22,87
Cl <sup>-</sup>	5,60 10,35	21,13 28,29	12,21 16,08	2,50	152,00	33,21	2,00	715,00	59,45
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,39 125,60	88,62 261,09	22,65 216,36	158,60	506,30	291,56	17,00	671,00	335,38
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	8,00 52,00	64,00 80,00	36,38 66,40	3,00	345,60	88,95	0,00	980,00	123,50
Mineralizacja Mineralization	59,61 295,28	239,02 474,21	112,01 430,48	141,00	1173,00	422,24	118,00	2361,00	614,70

\*Badania własne (Krogulec & Józwiak, w druku); \*\*badania własne, materiały archiwalne IHIGI oraz analizy wykonane dla MhP 1:50 000

\*authors' researches (Krogulec & Józwiak, in press); \*\* authors' researches, archival results and data from MhP 1:50 000

tów wodowskazowych. Pomiar stanów wód podziemnych jest prowadzony o stałej godzinie (7<sup>00</sup> GMT), w interwałach dwutygodniowych, od 1998 r., a uzyskane wyniki doczekały się już wstępnej interpretacji (Krogulec, 2001; 2004). Stosując ogólnie przyjęte zasady wyboru reprezentatywnych punktów monitoringu wód podziemnych (Kazimierski & Sadurski, 1999), po wstępnej selekcji punktów badawczych (Krogulec & Józwiak, 2005) wytypowano do dalszych badań hydrogeochemicznych 8 piezometrów na przekrojach I i II (obszar i otulina KPN — ryc. 1.). Badania wykonano w okresie październik–grudzień 2004 r.

Obserwacje wód podziemnych na terenie Rezerwatu Las Bielański prowadzone są od końca 2002 r. Sieć obserwacyjna składa się z czterech piezometrów, z czego trzy położone są wzdłuż linii przekroju III (ryc. 2) przebiegającej zgodnie z doliną potoku Bielańskiego (Mikołajków & Józwiak, 2002). Pomiaru stanów wód podziemnych na terenie rezerwatu były prowadzone w 2003 r., z częstotliwością raz na miesiąc, a od marca 2004 r. raz na dwa miesiące. W 2003 r. trzykrotnie były wykonane badania podstawowych parametrów fizykochemicznych wody i pobrane próby do badań składu chemicznego. W 2004 r. badania hydrogeochemiczne były wykonywane w interwale dwumiesięcznym.

### Wyniki badań monitoringowych stanów wód podziemnych

Przy ocenie oddziaływania aglomeracji miejskich na wody podziemne najczęściej analizowane są obserwacje stanów wód. Warto podkreślić, że stwierdzenie określonych trendów zmian położenia zwierciadła wody wymaga jednak wieloletnich badań monitoringowych. Wyniki analizy stanów wód podziemnych w kilkudziesięciu punktach obserwacyjnych sieci KPN, w latach 1998–2004, wskazują

na terminowe, okresowe sekwencje lat suchych, szczególnie dotkliwe dla zachowania różnorodności biologicznej i harmonijnego rozwoju ekosystemów w ostatnich latach. Notowane znaczne deficyty wody, wynikają nie z określonej, trwałej klimatycznej tendencji obniżania zwierciadła wody, ale z nieprawidłowo prowadzonej gospodarki wodnej oraz niewłaściwej melioracji w rejonie KPN, a także historycznych uwarunkowań i wpływów antropopresji (Krogulec, 2004).

Obserwacje prowadzone w latach 2002–2004 na terenie Lasu Bielańskiego nie wykazują wyraźnych tendencji zmian położenia zwierciadła wody. Jednak na podstawie porównania materiałów archiwalnych (Baum & Trojan, 1982; Chojnacki & Mróz, 1984; Miścicki, 1992) i aktualnych obserwacji można stwierdzić, że szacunkowe obniżenie zwierciadła wody wynosi: na wysoczyźnie do 3,5 m, na obszarze tarasu akumulacyjnego ok. 1,0 m i tarasów zalewowych do 1,0 m. Tak znaczne obniżenie zwierciadła wody, połączone z zanikiem przepływu w Potoku Bielańskim jest skutkiem intensywnego rozwoju infrastruktury miejskiej w strefie zasilania wód powierzchniowych i podziemnych.

### Chemizm wód podziemnych

Wody podziemne w rejonie Kampinoskiego Parku Narodowego (przekrój I — ryc. 1) należą do wód słodkich i ultrasłodkich (mineralizacji 59,61–490,24 mg/L). W pasach wydmych, na przełomie października i listopada 2004 r. dominowały wody typu  $\text{SO}_4^{2-}\text{HCO}_3^- \text{Ca}^{2+}$  i  $\text{SO}_4^{2-}\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$ . Na przełomie listopada/grudnia 2004 r. typ wód zmienił się na  $\text{SO}_4^{2-}\text{Cl}^- \text{Ca}^{2+}$  (typ dominujący). Równolegle obserwowano stały wzrost mineralizacji we wszystkich opróbowywanych punktach — np. P20 z 106,57 do 128,49 mg/L; P16 z 88,19 do 121,91 mg/L.

Tab. 2. Zestawienie wybranych wskaźników składu chemicznego na terenie Lasu Bielańskiego

Table 2. Selected physical and chemical parameters of groundwater in Bielany Forest area

Wskaźnik Parameter [mg/L]	P1 — wysoczyzna (n = 8) P1 — plateau (n=8)			P2 — dolina potoku (n = 8) P2 — stream valley (n=8)			P3 — taras zalewowy (n=8) P3 — flood terrace (n=8)			P4 — taras „praski” (n=8) P4 — „Praga” terrace (n=8)		
	min. min.	max. max.	śr. Average	min. min.	max. max.	śr. Average	min. min.	max. max.	śr. Average	min. min.	max. max.	śr. Average
pH [—]	6,85	7,8	7,17	7,0	7,4	7,18	6,25	6,9	6,6	7,01	7,3	7,2
Przewodność Electrical conductivity of water [mS/cm]	0,417	3,66	1,3	0,527	0,856	0,69	0,710	1,191	0,97	0,556	0,825	0,726
Sucha poz. Dry residue	240,2	2082	792	438	549,5	447	639,6	1046	824	449	539,2	512,8
$\text{SO}_4^{2-}$	23,5	56,4	46,2	30,6	105	76,2	145,9	215	181,5	58,8	120	102,1
$\text{HCO}_3^-$	11,21	143,4	77,5	19,61	249,4	157	30,45	411,2	252,5	19,95	249,1	159,7
$\text{Cl}^-$	10,70	744,4	207	7,88	65,01	41,7	6,0	57	36,3	9,93	72,88	46,1
$\text{Ca}^{2+}$	3,28	226,0	63,9	13,30	71,8	34,1	20,74	117,8	61,7	14,35	95,8	42,3
$\text{Mg}^{2+}$	0,74	26,9	7,41	2,23	9,2	4,11	4,19	20,4	9,65	3,06	14,5	6,38
$\text{Na}^+\text{K}^+$	49,07	953,5	365	29,88	265,4	113	62,90	202,4	230,6	52,16	296	119

\*Badania własne — publikowane (Mikołajków, 2003) i materiały archiwalne IHIGI (lata 2002–2004)

\*Author's researches — published (Mikołajków, 2003) and archival results (2002–2004)



W pasach bagiennych, podobnie jak w wydmych, zaznaczył się podział chemizmu wód podziemnych na dwa okresy — przełom październik/listopad i listopad/grudzień 2004 r. Początkowo dominowały wody typu  $\text{HCO}_3^- \text{--} \text{Ca}^{2+}$ , aby w późniejszym czasie przekształcić się w wody typów  $\text{HCO}_3^- \text{--} \text{SO}_4^{2-} \text{--} \text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^- \text{--} \text{Cl}^- \text{--} \text{SO}_4^{2-} \text{--} \text{Ca}^{2+}$ . W tym czasie zaobserwowano, podobnie jak na wydmych, wzrost stężeń jonów  $\text{Cl}^-$  (maksymalnie o 2,8 mg/L) oraz  $\text{SO}_4^{2-}$  (maksymalnie o 17,84 mg/L). Wzrost mineralizacji wód wynosi od 456,17 mg/L (początek badań) do 474,21 mg/L (grudzień 2004 r.).

Typ hydrogeochemiczny wód w punktach badawczych przekroju II (rejon Łomianek) cechuje się stabilnością składu chemicznego wód spowodowaną stałym wpływem antropopresji. Skutkiem oddziaływań antropogenicznych jest wielojonowość wód — dominującymi typami są wody:  $\text{SO}_4^{2-} \text{--} \text{Cl}^- \text{--} \text{Ca}^{2+} \text{--} \text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{HCO}_3^- \text{--} \text{SO}_4^{2-} \text{--} \text{Cl}^- \text{--} \text{Ca}^{2+} \text{--} \text{Na}^+$ ;  $\text{HCO}_3^- \text{--} \text{SO}_4^{2-} \text{--} \text{Ca}^{2+}$ .

Zgodnie z oczekiwaniami przedstawione w tab. 1. stężenia wybranych wskaźników składu chemicznego wód podziemnych w obszarze zagospodarowanym znacznie przewyższają wartości notowane w parku i jego otulinie. Rezultaty badań potwierdzają nieznaczny stopień antropopresji na obszarze KPN oraz istotną rolę otuliny jako strefy buforowej, w której występują początkowe stadia przekształceń antropogenicznych.

Podobne zmiany chemizmu wód podziemnych występują na terenie Lasu Bielańskiego — natomiast zakres notowanych stężeń jest o wiele szerszy, niż w obszarze KPN (tab. 2). Zróżnicowanie obserwowanych stężeń, zwłaszcza w piezometrze nr 1 (ryc. 2) wskazuje na bardzo intensywną presję miasta na wody podziemne. Maksymalne stężenia wskaźników hydrogeochemicznych w tym piezometrze rejestrowane są późną zimą/wczesną wiosną — w okresie roztopów, co jest związane ze sływem wód roztopowych, bardzo zanieczyszczonych środkami zimowego utrzymania dróg.

### Wnioski

Przeprowadzone badania monitoringowe stanów wód podziemnych, chociaż charakteryzują zakres i tendencje zmienności stanów, nie zawsze w pełni obrazują rzeczywiste hydrodynamiczne lub hydrochemiczne przeobrażenia zachodzące w warstwie wodonośnej. Dla spójnej oceny zachodzących zmian, konieczne są równoczesne badania i łączna interpretacja stanów wód i ich chemizmu.

Badania stanów wód w odkrytych poziomach wodonośnych, np. dolinach rzek, gdzie typowa jest ich zmienność sezonowa, należy prowadzić z większą częstotliwością, niż wymagają tego ogólne przepisy. Terminy i częstotliwość próbowania muszą być dostosowane do zachodzących zmian klimatycznych. Monitoringowe rozpoznanie sezonowych wahań stanów wód w obszarach chronionych jest konieczne dla ochrony środowiska biologicznego na danym obszarze.

Częstotliwość i zakres badań jakości wód w obszarach chronionych powinna być zróżnicowana, w zależności od

stopnia stwierdzonej antropopresji i szybkości obserwowanych zmian. Jako podstawowe wskaźniki jakości wód badane w obszarach chronionych należy uznać: pH, Eh, PEW, temperaturę oraz stężenia jonów  $\text{Cl}^-$  i  $\text{SO}_4^{2-}$  stanowiących charakterystyczne wskaźniki oddziaływań antropogenicznych. Proponowany, minimalny zakres pomiarów umożliwi ocenę stopnia antropopresji i jej zmienności, spełniając jednocześnie jeden z podstawowych wymogów monitoringu środowiska — ekonomiczność. Przedstawiony zakres badań należy rozszerzać w strefach o wyraźnych zmianach antropogenicznych chemizmu wód, uzupełniając go o wskaźniki związane z rodzajem antropopresji (rodzajem zanieczyszczeń).

Najbardziej szczegółowe badania monitoringowe stanów i jakości wód należy prowadzić w obszarach chronionych o najwyższym poziomie antropopresji oraz w obszarach objętych monitoringiem zintegrowanym.

### Literatura

- BAUM T. & TROJAN P. (red.) 1982 — Las Bielański w Warszawie — rezerwat przyrody, PWN Warszawa.
- CHOJNACKI J. M. & MRÓZ W. J. 1984 — Wpływ antropogenicznych zmian stosunków wodnych na roślinność rezerwatu Las Bielański w Warszawie, Wiadomości Ekologiczne, t. 30, z. 2: 167–192.
- KAZIMIERSKI B., PILICHOWSKA-KAZIMIERSKA E. & SIKORSKA-MAYKOWSKA M. 1995 — Plan ochrony Kampinoskiego Parku Narodowego. Arch. KPN — Izabelin (maszynopis).
- KAZIMIERSKI B. & SADURSKI A. 1999 — Monitoring osłonowy ujęć wód podziemnych — metody badań. Państw. Inst. Geol.
- KROGULEC E. 2001a — System monitoringu wód powierzchniowych i podziemnych na terenie Kampinoskiego Parku Narodowego — wyniki obserwacji z okresu 1998–2001. [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii 10, t. II: 87–95.
- KROGULEC E. 2001b — Ocena czynników hydrodynamicznych przeobrażeń antropogenicznych przeobrażeń wód podziemnych na obszarze KPN. [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii 10, t. II: 95–103.
- KROGULEC E. 2004 — Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia w jednostce dolinnej w aspekcie warunków hydrodynamicznych. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- KROGULEC E. & ANDRZEJEWSKA A. 2005 — Zastosowanie automatycznych pomiarów stanów wód podziemnych w lokalnym systemie monitoringowym. [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, t. 12 (w druku).
- KROGULEC E. & JÓZWIĄK K. 2005 — Badania hydrogeochemiczne w rejonie Kampinoskiego Parku Narodowego (KPN). [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, t. 12 (w druku).
- KROGULEC E. & MARCINIAK M. 2003 — Badania laboratoryjne i terenowe współczynnika filtracji na terenie Kampinoskiego Parku Narodowego. [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii t. 10, cz. I: 361–369.
- KROGULEC E. & SIKORSKA-MAYKOWSKA E. 1996 — Projekt lokalnej sieci monitoringu wód powierzchniowych i podziemnych na obszarze Kampinoskiego Parku Narodowego wraz z otuliną. Arch. KPN, Izabelin.
- MACIOSZCZYK A., MACIOSZCZYK T. & JÓZWIĄK K. 2003 — Ocena zagrożeń wód podziemnych Kampinoskiego Parku Narodowego związanych z gospodarką prowadzoną w jego otoczeniu. Etap II. Maszynopis, Arch. WSEiZ.
- MIKOŁAJKÓW J. 2003 — Zmiany warunków hydrogeologicznych i jakości wód na terenie rezerwatu Las Bielański w Warszawie. [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, t. 11, Jastrzębia Góra: 225–232.
- MIKOŁAJKÓW J. & JÓZWIĄK K. 2002 — Dokumentacja prac geologicznych wykonanych w celu rozpoznania pierwszego poziomu wód podziemnych na terenie rezerwatu „Las Bielański” w Warszawie. Maszynopis, Archiwum Urzędu gminy Warszawa-Bielany.
- MISZCICKI S. (red.) 1992 — Plan ochrony częściowego rezerwatu krajo-  
brazowego Las Bielański na okres 01.01.1992–31.12.2006, maszynopis, SGGW AR, Warszawa.