

## HYDROCHEMIZM ŹRÓDEŁ W OJCOWSKIM PARKU NARODOWYM

Magdalena Wiśnios, Włodzimierz Kanownik, Andrzej Bogdał  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono analizę wyników badań hydrochemicznych, którymi objęto źródła występujące na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego. W terenie zinwentaryzowano 19 źródeł, w tym 10 w Dolinie Sąpowskiej i 9 w Dolinie Prądnika. Wszystkie źródła w Dolinie Sąpowskiej posiadają naturalne misy, natomiast w Dolinie Prądnika misy 7 źródeł zostały częściowo lub całkowicie zabudowane przez człowieka. Podczas prac terenowych zmierzono wydajność źródeł oraz temperaturę wody, pH, przewodność elektrolityczną i potencjał redoks, a w laboratorium oznaczono stężenia kilkunastu jonów, w tym makro- i mikroelementów oraz związków biogenych. Na podstawie badań stwierdzono, że w OPN dominują źródła o wydajność od 1 do 10 dm<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. Ze źródeł wypływa woda prosta dwujonowa wodorowęglanowo-wapniowa, o odczynie słabo zasadowym. Na podstawie klasyfikacji badanych elementów fizykochemicznych zaliczono je do klasy II, czyli wód o dobrej jakości. W wodzie wszystkich źródeł stwierdzono podwyższone stężenie wodorowęglanów, wapnia oraz azotanów, co jest prawdopodobnie wynikiem naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych i nie wskazuje na wpływ działalności człowieka, albo jest to wpływ bardzo słaby.

**Słowa kluczowe:** źródło, jakość wody, stan chemiczny, Ojcowski Park Narodowy

### WSTĘP

Jedną z form naturalnego wpływu wód podziemnych na powierzchnię terenu są źródła, które pełnią rolę ogniwa pomiędzy wodami powierzchniowymi a podziemnymi [Jokieli 1997]. Znajomość charakteru źródeł oraz składu chemicznego ich wód jest istotna dla poznania całościowych stosunków wodnych występujących na danym obszarze [Satora 2009]. Wody podziemne są wartościowym zasobem naturalnym, który powinien być chroniony przed pogorszeniem stanu i zanieczyszczeniem chemicznym. Jest to

---

Adres do korespondencji – Corresponding Authors: mgr inż. Magdalena Wiśnios, dr hab. inż. Włodzimierz Kanownik, dr inż. Andrzej Bogdał, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24–28, 30–059 Kraków, e-mail: [mwisnios@wp.pl](mailto:mwisnios@wp.pl), [rmkanown@cyf-kr.edu.pl](mailto:rmkanown@cyf-kr.edu.pl), [rmbogdal@cyf-kr.edu.pl](mailto:rmbogdal@cyf-kr.edu.pl).

szczególnie ważne dla ekosystemów zależnych od wód podziemnych oraz w przypadku wykorzystywania tych wód do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia [Dyrektywa... 2006].

Zagrożenie jakości wód źródłanych stanowi poważny problem ekologiczny i naukowy. Zachowanie odpowiednich walorów wody wymaga dobrego rozpoznania stanu źródła oraz czynników kształtujących jakość wody o charakterze oddziaływań zarówno naturalnych, jak i antropogenicznych [Wolanin i Żelazny 2010]. Główne zagrożenia jakości wód wiążą się z aktywnością człowieka [Rajda i Kanownik 2007, Michalik 2008]. Mogą to być zanieczyszczenia atmosferyczne związane z działalnością przemysłową i osadniczą [Bogdał i in. 2012a, 2012b] oraz zanieczyszczenia wynikające z nieregulowanej gospodarki wodno-ściekowej [Kanownik i Rajda 2011, Policht-Latawiec i in. 2013] i niewłaściwie prowadzonej działalności rolniczej [Al-Khashman i Jaradat 2014].

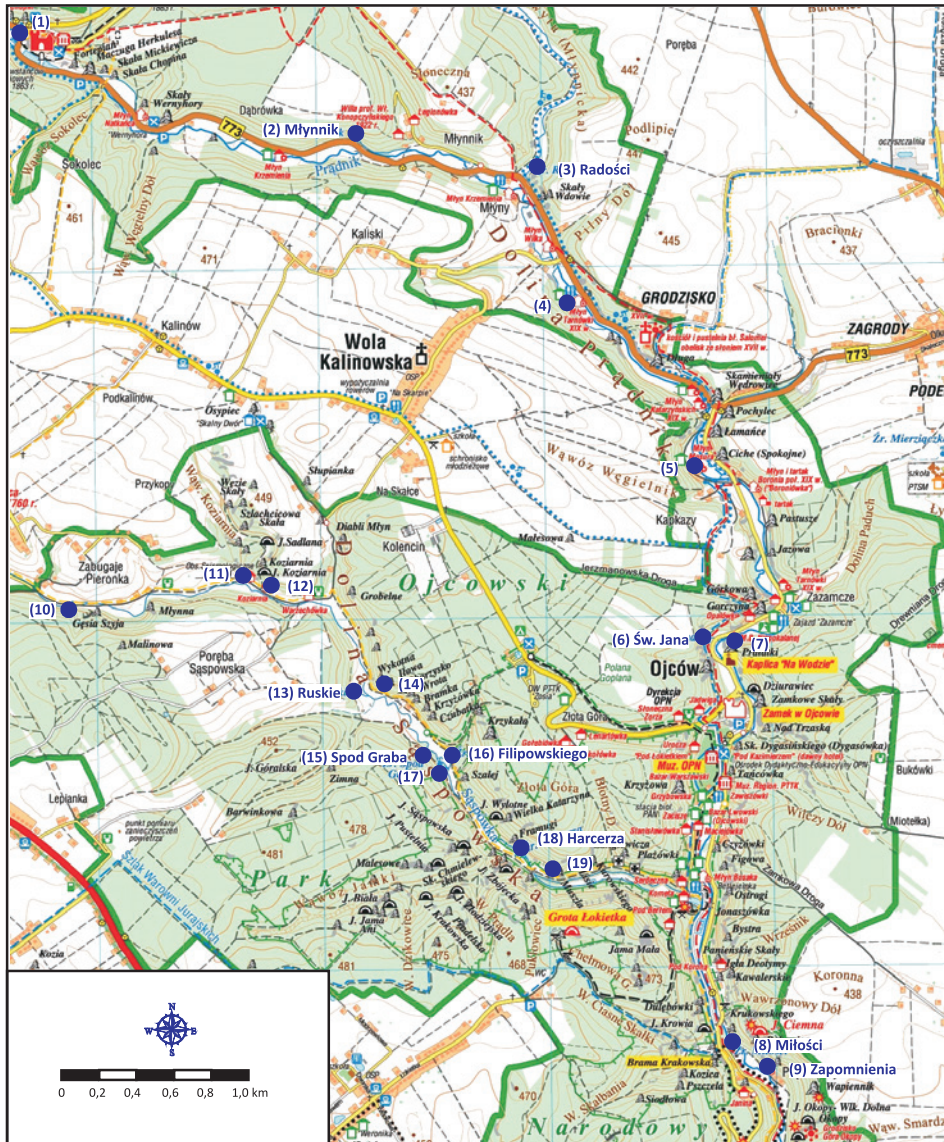
Badania jakości wód źródłanych, a także wprowadzenie zagadnienia ich ochrony w regionie wieluńsko-krakowskim sięgają lat 60. ubiegłego stulecia. W jednej z pierwszych publikacji naukowych dotyczących źródeł tego obszaru Oleksynowa [1966] zajęła się tematyką chemizmu wód źródłanych w oparciu o skład chemiczny wapieni jurajskich. Przeprowadzone dotychczas badania hydrochemiczne na obszarze Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej wykazują niewielkie zróżnicowanie składu chemicznego wód źródłanych w zlewni Prądnika i jednocześnie ze względu na budowę geologiczną – dużą ich podatność na zanieczyszczenia antropogeniczne [Rózkowski 1996, Chełmicki i in. 2001, Tyc 2001]. Ochrona wód źródłanych jest istotna, ponieważ są one nieustannie w sposób coraz dotkliwszy narażane na antropopresję, która powoduje ich pogarszanie się, przeobrażanie, a w skrajnych przypadkach nawet degradację [Siwek 2004].

Celem badań jest określenie wydajności źródeł oraz ocena jakości i stanu chemicznego wód źródłanych na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego. Ocena ta pozwoli na ustalenie zagrożenia jakości wód podziemnych na terenie objętym prawną ochroną przyrody i walorów krajobrazowych.

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Badaniami objęto źródła (ryc. 1) występujące na terenie najmniejszego w Polsce, liczącego zaledwie 2146 ha parku narodowego. Ojcowski Park Narodowy (OPN), położony w odległości kilkunastu kilometrów na północny-zachód od Krakowa, został utworzony w 1956 roku, jako szósty w Polsce. Jego obszar jest częścią podprowincji Wyżyna Śląsko-Krakowska, makroregionu Wyżyna Krakowsko-Częstochowska i wchodzi w skład mezoregionu Wyżyna Olkuska [Kondracki 2013]. Ze względu na budowę geologiczną jest to część monokliny śląsko-krakowskiej. Największy obszar parku zajmują lasy (ponad 1500 ha), w których dominują zbiorowiska o typie borów mieszanych i lasów bukowych. Na terenie parku znajduje się, głęboko wcięty w skały wapienne, 12-kilometrowy odcinek Doliny Prądnika oraz 4,5-kilometrowa Dolina Sąspowska.

Badane źródła są zasilane wodami górnourajskiego poziomu wodonośnego (GZWP 326), który ma charakter krasowo-szczelinowo-porowy. Liczne spękania, szczeliny i kanały krasowe powodują wysoką przepuszczalność zbiornika podziemnego, co sprzyja infiltracji wód opadowych [Mapa... 1990]. Jednocześnie wody te są podatne na degrada-



- (numer) nazwa źródła – (number) name of the spring;
- granica Ojcowskiego Parku Narodowego – boundary of the Ojców National Park

Ryc. 1. Lokalizacja badanych źródeł występujących na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego  
 Fig. 1. Localisation of analysed springs present in the area of the Ojców National Park

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów kartograficznych firmy Compass  
 Source: Author's own studies based on cartographic materials supplied by Compass enterprise

cje, których przyczyną jest łatwa migracja zanieczyszczeń z powierzchni terenu. Źródła ze względu na położenie (teren Ojcowskiego Parku Narodowego) podlegają bezwarunkowej ochronie prawnej. Badania prowadzone od lat 70. wykazują jednak znaczne ich przekształcenie na skutek nieodpowiedniej gospodarki komunalnej oraz wzmożonej turystyki [Dynowska 1983].

## METODYKA BADAŃ

W celu wykonania oznaczeń elementów fizykochemicznych wód źródłanych oraz wydajności źródeł występujących na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego, we wrześniu 2010 roku przeprowadzono ich inwentaryzację na podstawie materiałów kartograficznych udostępnionych przez dyrekcję OPN. W czasie wizji terenowej zbadano 19 źródeł, zarówno tych zlokalizowanych w sąsiedztwie zabudowy zagrodowej oraz tras komunikacyjnych, jak i położonych na terenach leśnych niezagrożonych bezpośrednią antropopresją (ryc. 1). Oceniano stan antropogenicznego przekształcenia misy źródlanej oraz otoczenia źródła pod kątem potencjalnego zagrożenia jakości wody. Przeprowadzono pomiar natężenia wypływu wód ze źródła, stosując najczęściej metodę pływakową, a dla źródeł o niewielkiej wydajności metodę wolumetryczną. Bezpośrednio w źródłach wykonano pomiar pH i temperatury wody za pomocą pehametru CP-104, przewodności elektrolitycznej właściwej konduktometrem CC-102 oraz potencjału redoks pehametrem CP-105 z głowicą GR-105k. Ze źródeł pobrano próbki wody do analiz chemicznych. W laboratorium Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie oznaczano substancje rozpuszczone metodą grawimetryczną; jony amonowe ( $\text{NH}_4^+$ ), azotyny ( $\text{NO}_2^-$ ), azotany ( $\text{NO}_3^-$ ), chlorki ( $\text{Cl}^-$ ) i fosforany ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) metodą przepływowej analizy kolorymetrycznej na aparacie FIAstar 5000; potas ( $\text{K}^+$ ), sód ( $\text{Na}^+$ ), wapń ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnez ( $\text{Mg}^{2+}$ ), mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ ) i żelazo (Fe) metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej na spektrometrze UNICAM SOLAAR 969; siarczany ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) metodą strąceniową; wreszcie wodorowęglany ( $\text{HCO}_3^-$ ) metodą miareczkową. Twardość ogólną obliczono jako sumę stężeń  $r\text{Ca}^{2+}$  i  $r\text{Mg}^{2+}$ , za twardość węglanową przyjęto stężenie jonu  $r\text{HCO}_3^-$ , a niewęglanową obliczono z różnicy pomiędzy nimi. Mineralizację określono poprzez zsumowanie stężeń oznaczonych jonów.

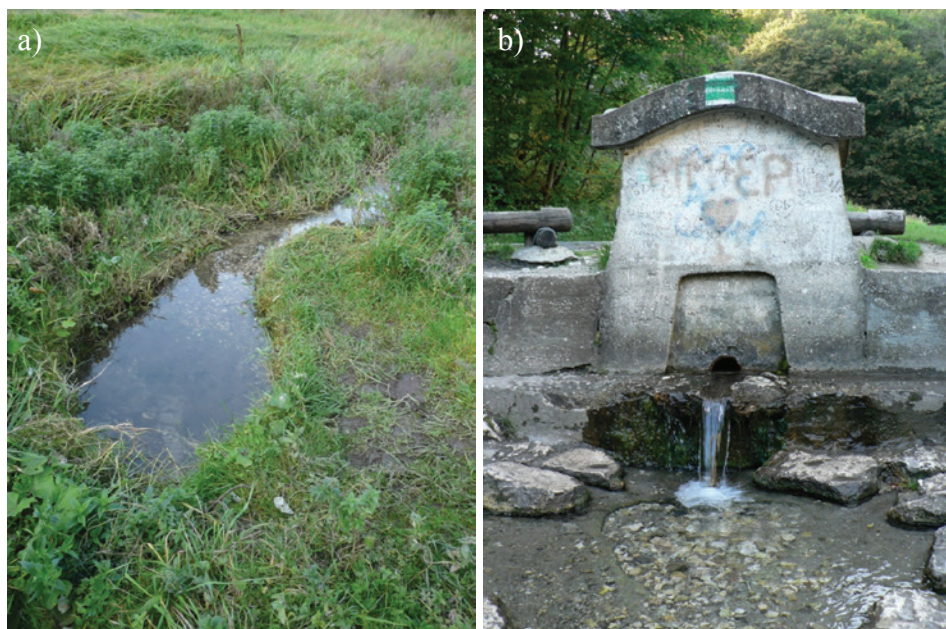
Dla każdego badanego wskaźnika jakości wód źródłanych określono minimalne i maksymalne wartości oraz obliczono średnią arytmetyczną, medianę, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Skład chemiczny wód przedstawiono za pomocą uproszczonego wzoru Kurlowa i na diagramie Pipera. Na podstawie danych fizykochemicznych przeprowadzono ocenę jakości wód zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 23 lipca 2008 roku w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych [Rozporządzenie... 2008].

## WYNIKI BADAŃ

Źródła stanowią przedmiot zainteresowań badawczych wielu naukowców, czego wynikiem są bogate opracowania hydrograficzne i krenologiczne. Dokładne określenie liczby źródeł na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego jest bardzo trudne ze względu

na występowanie kilku wypływów, które w części opracowań traktowane są jako jedno, a w części jako kilka źródeł. W opracowanej przez Drzał i Ziemońską [1966] mapie hydrologicznej parku znajduje się 50 źródeł. Według nowszych opracowań liczba źródeł jest ponad dwukrotnie mniejsza [Siwek 2004, Soja 2008]. Stanowi to efekt m.in. zmian stosunków wodnych powstałych w wyniku prowadzonych powyżej parku prac regulacyjnych na potoku Prądnik, co spowodowało zamulenie części źródeł leżących w granicach OPN [Sołtys-Lelek i in. 2010].

W ramach prac terenowych ustalono, że źródła położone są głównie w lesie lub jego sąsiedztwie. Wszystkie badane źródła zlokalizowane w zlewni Sąsówki zachowały swój naturalny charakter (fot. 1a), a stopień zmian antropogenicznych ich otoczenia jest niewielki i przejawia się jedynie występowaniem dzikich ścieżek w ich pobliżu. W Dolinie Prądnika, mimo ścisłej ochrony przyrody, 7 na 9 źródeł zostało częściowo lub całkowicie obudowanych, a w kilku z nich woda odprowadzana jest za pomocą sztucznych odpływów – rury lub rynny (fot. 1b).



Fot. 1. Przykład źródła o naturalny (a) i antropogenicznie przekształconym (b) otoczeniu  
Photo 1. Example of natural springs with natural (a) and anthropogenically changed (b) environment

Problemy wynikające z wpływu człowieka na źródła dotyczą nie tylko bezpośredniej ingerencji w misę źródłaną poprzez obudowę lub pogłębianie dna, lecz także są związane z bliskością zabudowań gospodarczych, szlaków komunikacyjnych, w tym również tras pieszych, a tym samym dużego ruchu turystycznego. Wymienione zagrożenia zmieniają nie tylko wygląd źródła, lecz mogą przyczynić się do niekorzystnych zmian właściwości fizycznych, chemicznych i bakteriologicznych wód z nich wypływających. Zagrożeniem

jest tu przede wszystkim możliwość zanieczyszczenia wód substancjami organicznymi i nieorganicznymi (stałymi, płynnymi i gazowymi) pochodzącymi z niewłaściwie prowadzonej gospodarki ściekami i odpadami komunalnymi, a także z transportu drogowego. Jedną z przyczyn zanieczyszczenia wód są dzikie składowiska śmieci, których zlokalizowano kilkanaście, zwłaszcza wzdłuż koryta cieków (fot. 2), w rowach, a także bezpośrednio w dwóch misach źródła. Dbalność o dobrą jakość wód źródłanych jest bardzo ważna ze względu na ich walory ekologiczne oraz możliwość wykorzystania do celów utylitarnych. Od najdawniejszych czasów źródła były rezerwuarem wody pitnej dla człowieka. Na terenie OPN źródła również wykorzystuje się do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia. Woda z dwóch źródeł ujęta jest do sieci wodociągowej (źródło w Pieskowej Skale oraz św. Jana w Ojcowie). Z wielu innych źródeł woda jest okazjonalnie pobierana przez okolicznych mieszkańców zazwyczaj w celach gospodarczych.

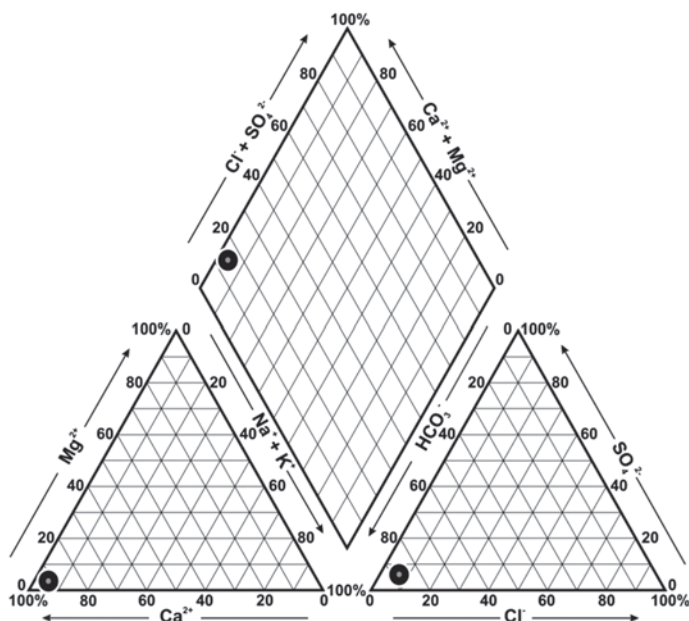


Fot. 2. Jedno z licznych dzikich składowisk odpadów w korycie potoku Prądnik  
Photo 2. One of numerous illegal dumping grounds in the Prądnik streambed

Wydajność określono tylko dla 17 z 19 badanych źródeł, ponieważ z dwóch woda częściowo pobierana jest do wodociągu, dlatego wykonanie pomiaru było niemożliwe. Na podstawie badań ustalono, że 11 źródeł należy zgodnie z klasyfikacją Mainzera do klasy V (wydajność od 1 do  $10 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), cztery źródła nr 2, 15, 17 i 18 należą do klasy IV (wydajność  $10\text{--}100 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) i po jednym: nr 4 o wydajności  $0,36 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do klasy VI oraz nr 9 o wydajności  $0,07 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do klasy VII. W czasie prowadzonych badań największą wydajność rzędu  $24,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  miało źródło Spod Graba, a najmniejszą na poziomie  $0,07 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  źródło Zapomnienia. Źródła Doliny Sąspowskiej w porównaniu ze źródłami Doliny Prądnika charakteryzowały się zazwyczaj większą wydajnością –

wyjątek stanowi źródło Młynnik o wydajności  $17,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  oraz źródła zasilające sieć wodociągową.

Badania fizykochemiczne wody wykazały, że źródła OPN cechują się odczynem słabo zasadowym, charakterystycznym dla wód płynących na obszarach zbudowanych ze skał węglanowych. Wielkość potencjału redoks wskazuje na dobre warunki utleniające w warstwie wodonośnej. Wartości pH zawierające się w przedziale 7,34–7,67 przy Eh rzędu 375–417 mV (tab. 1) wskazują, że badane wody należą do aktywnej strefy wymiany pokryw zwietrzelinowych skał węglanowych. Skład chemiczny badanych wód kształtowany jest przez system płytkiego krążenia wód podziemnych w ośrodku krasowo-szczelinowym w skałach węglanowych. Duże znaczenie dla tych wód ma rozpuszczanie węglanów, co determinuje twardość węglanową stanowiącą średnio 90% twardości ogólnej wód wynoszącej od 193 do  $253 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . We wszystkich źródłach woda charakteryzuje się wskaźnikiem  $r\text{Ca}/r\text{HCO}_3$  większym od 1 oraz wskaźnikiem  $r\text{Mg}/r\text{Ca}$  mniejszym od 0,1. Mineralizacja wód zawiera się w przedziale  $134\text{--}284 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , przewodność elektrolityczna właściwa w temperaturze  $20^\circ\text{C}$  wynosi od 301 do  $443 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . W składzie jonowym monitorowanych wód dominują kationy wapniowe i aniony wodorowęglanowe (ryc. 2). Pozostałe makroskładniki występują w ilości nieprzekraczającej kilku procent mval. W badanych wodach nie wykryto stosowaną metodą analityczną obecności jonów manganu i żelaza. Skład chemiczny wód źródeł okazuje się bardzo podobny – współczynnik zmienności dla większości wskaźników jest niższy od 10%, tylko stężenie potasu wyróżniało się ponad 50-procentowym wskaźnikiem zmienności (tab. 1).



Ryc. 2. Skład chemiczny wód źródlanych OPN przedstawiony na diagramie Piper  
Fig. 2. Chemical composition of OPN spring waters presented in Piper diagram

Tabela 1. Parametry statystyczne opisujące wartości wskaźników fizykochemicznych wód źródlanych oraz wydajności źródeł występujących na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego

Table 1. Statistical parameters describing physicochemical indices values of spring waters and yield of springs occurring in the area of the Ojcow National Park

Wskaźnik fizykochemiczny Physicochemical index		Wartość Indeks value			Mediana – Median	Odchylenie standardowe Standar deviation	Współczynnik zmienności, % Coefficient of variation, %
		minimalna min	maksymalna max	średnia average			
Odczyn (pH) – Reaction		7,34	7,67	7,5	7,49	0,11	1
Przewodność w 20°C Electrolytic conductivity	$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	301	443	389	392	39	10
Temperatura – Temperature	°C	8,1	9,9	9,0	9,1	0,5	6
Potencjał redoks Redox potential	mV	171	185	178	179	4	2
Twardość węglanowa Carbonate hardness	$\text{mval} \cdot \text{dm}^{-3}$	3,4	4,6	4,0	4	0,3	7
Twardość niewęglanowa Non-carbonate hardness		0,2	1,0	0,5	0,5	0,3	56
Twardość ogólna Total hardness		$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	3,9	5,1	4,5	4,5	0,3
Mineralizacja – Mineralization		325	418	379	383	26	7
Substancje rozpuszcz. – Dissolved solids		226	330	278	270	29	10
Amonowy jon ( $\text{NH}_4^+$ ) – Ammonia		0	0	0	0	0	–
Azotany ( $\text{NO}_3^-$ ) – Nitrates		11	24	17	17	4	21
Azotyny ( $\text{NO}_2^-$ ) – Nitrites		0	0	0	0	0	–
Chlorki ( $\text{Cl}^-$ ) – Chlorides		4	14	8,9	9,0	2,9	32
Fosforany ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) – Phosphates		0,07	0,20	0,11	0,10	0,03	31
Magnez ( $\text{Mg}^{2+}$ ) – Magnesium		0,7	2,3	1,3	1,3	0,5	36
Mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ ) – Manganese		0	0	0	0	0	–
Potas ( $\text{K}^+$ ) – Potassium		0,6	3,1	1,1	0,9	0,6	55



Tabela 1. cd.  
Table 1. cont.

Wskaźnik fizykochemiczny Physicochemical index	Wartość Indeks value			Mediana – Median	Odchylenie standardowe Standar deviation	Współczynnik zmienności, % Coefficient of variation, %	
	minimalna min	maksymalna max	średnia average				
Siarczany (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) – Sulphates	5	25	15,4	15	7,2	46	
Sód (Na <sup>+</sup> ) – Sodium	1,8	4,6	3,0	2,8	0,9	29	
Wapń (Ca <sup>2+</sup> ) – Calcium	74	100	88	88	6	7	
Wodorowęglany (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) Hydrogen carbonates	207	280	245	244	19	8	
Żelazo (Fe) – Iron	0	0	0	0	0	–	
Wydajność źródła – Spring yield	dm <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup>	0,07	24,90	6,92	4,11	7,31	106

Skład chemiczny badanych wód opisany za pomocą uproszczonego wzoru Kurlowa przedstawia się następująco:

$$M^{134-284} \frac{HCO_3^{2,7-4,1}, SO_4^{0,1-0,5}, Cl^{0,1-0,4}, NO_3^{0,02-0,32}}{Ca^{2,4-4,9}, Mg^{0,05-0,26}, Na^{0,05-0,64}, K^{0,02-0,27}} T^{8,1-9,9}, W^{0,07-24,9}$$

Zobrazowano go również metodą odwzorowywania punktem na trójkątno-rombowym diagramie Piper, gdzie przedstawiono stężenia głównych jonów wyrażonych w % mvali (ryc. 2). Ten system odwzorowań pozwala przedstawić na wykresie wiele analiz oraz umożliwić przeprowadzenie klasyfikacji hydrogeochemicznych [Słownik... 2002].

Oprócz zawartości makrojonów w wodzie, duże znaczenie ma obecność substancji biogennych, które są niepożądane w wodach źródłanych, a ich pochodzenie wiąże się głównie z działalnością człowieka. Źródła zasilane ze zbiornika jurajskiego mają znaczną podatność na zanieczyszczenia antropogeniczne, co jest wynikiem szybkiego tempa migracji wód podziemnych w systemie szczelin krasowych, co również wpływa na niewielką możliwość samooczyszczania się wód. Budowa hydrogeologiczna terenu OPN umożliwia także szybkie przedostawanie się wód opadowych, a co za tym idzie, niesionych wraz z nimi zanieczyszczeń do zbiornika wód podziemnych. W badanych próbkach wód źródłanych nie stwierdzono obecności azotu amonowego i azotynowego, co świadczy o braku istotnych zanieczyszczeń pochodzenia bytowego i rolniczego. Ma to również związek z dobrym natlenieniem tych wód warunkującym przejście azotu amonowego i azotyno-

wego w formę azotanową, której stężenie w wodzie wszystkich źródeł wynosiło powyżej  $10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wartości te porównywalne są z wynikami badań hydrochemicznych źródeł OPN wykonanych przez Rożkowskiego [1996], Chełmickiego i in. [2001] i Siwka [2004]. Można zatem stwierdzić, że wody te mają trwale podwyższone stężenia azotanów, co może być wynikiem zanieczyszczenia całego zbiornika wód podziemnych.

Ocena jakości wód podziemnych wypływających ze źródeł przeprowadzona zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska [Rozporządzenie... 2008] wykazała, że spośród badanych 16 elementów fizykochemicznych 13 spełnia wymagania stawiane dla wód I klasy (tab. 2). We wszystkich badanych źródłach stężenia azotanów ( $11\text{--}24 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), wapnia ( $74\text{--}100 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) i wodorowęglanów ( $207\text{--}280 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) przekraczają wartości graniczne dla I klasy. Właśnie te trzy wskaźniki zadecydowały o zakwalifikowaniu badanych wód źródłanych do klasy II, czyli do wód o dobrej jakości, w których wartości elementów fizykochemicznych są podwyższone w wyniku zachodzenia w nich naturalnych procesów i nie wskazują one na wpływ działalności człowieka, albo jest to wpływ bardzo słaby.

Tabela 2. Jakość wód źródłanych w Ojcowskim Parku Narodowym

Table 2. Quality of spring water in the Ojcow National Park

Element fizykochemiczny Physicochemical index	Wartości graniczne w klasach I–V Permissible values in classes I–V [Rozporządzenie... 2008]					Zakres wartości w badanych wodach źródłanych (klasa jakości) Range of values in the investigated spring water (quality class)		
	I	II	III	IV	V			
Elementy ogólne General elements	Odczyn (pH) Reaction	6,5–9,5		< 6,5 lub > 9,5		7,34–7,67	(I)	
	Przewodność w 20°C Electrolytic conductivity $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	700	2500	2500	3000	> 3000	301–443	(I)
	Temperatura Temperature, °C	< 10	12	16	25	> 25	8,1–9,9	(I)
Elementy nieorganiczne Inorganic elements, $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	Amonowy jon ( $\text{NH}_4^+$ ) Ammonia	0,5	1	1,5	3	> 3	0	(I)
	Azotany ( $\text{NO}_3^-$ ) Nitrates	10	25	50	100	> 100	11–24	(II)
	Azotyny ( $\text{NO}_2^-$ ) Nitrites	0,03	0,15	0,5	1	> 1	0	(I)
	Chlorki ( $\text{Cl}^-$ ) Chlorides	60	150	250	500	> 500	4–14	(I)
	Fosforany ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) Phosphates	0,5	0,5	1	5	> 5	0,07–0,2	(I)

Tabela 2. cd.  
Table 2. cont.

Element fizykochemiczny Physicochemical index	Wartości graniczne w klasach I–V Permissible values in classes I–V [Rozporządzenie... 2008]					Zakres wartości w badanych wodach źródłanych (klasa jakości) Range of values in the investigated spring water (quality class)	
	I	II	III	IV	V		
Magnez (Mg <sup>2+</sup> ) Magnesium	30	50	100	150	> 150	0,7–2,3	(I)
Mangan (Mn <sup>2+</sup> ) Manganese	0,05	0,4	1	1	> 1	0	(I)
Potas (K <sup>+</sup> ) Potassium	10	10	15	20	> 20	0,6–3,1	(I)
Siarczany (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) Sulphates	60	250	250	500	> 500	5–25	(I)
Sód (Na <sup>+</sup> ) Sodium	60	200	200	300	> 300	1,8–4,6	(I)
Wapń (Ca <sup>2+</sup> ) Calcium	50	100	200	300	> 300	74–100	(II)
Wodorowęglany (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) Hydrogen carbonates	200	350	500	800	> 800	207–280	(II)
Żelazo (Fe) Iron	0,2	1	5	10	> 10	0	(I)

## PODSUMOWANIE

Licznie występujące źródła na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego są ważnym elementem środowiska, które decydują o specyfice Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, przyczyniają się do zwiększenia jej bioróżnorodności, odgrywają istotną rolę ekologiczną oraz zwiększają atrakcyjność turystyczną regionu. Z przeprowadzonych badań wynika, że ze źródeł wypływa słodka, średnio twarda woda prosta dwujonowa, która według klasyfikacji Altowskiego-Szwieca należy do typu HCO<sub>3</sub>-Ca (wód wodorowęglanowo-wapniowych) o odczynie słabo zasadowym i niskim potencjale utleniająco-redukcyjnym. Są to wody o dobrym stanie chemicznym, a podwyższone stężenie wodorowęglanów oraz wapnia jest wynikiem naturalnych uwarunkowań hydrogeologicznych i hydrograficznych tego terenu. Ustalenie przyczyn podwyższonego stężenia azotanów w wodzie źródeł występujących na terenie OPN jest trudne. Jednak biorąc pod uwagę to, że skład chemiczny badanych wód źródłanych jest bardzo

podobny zarówno na obszarze leśnym, jak i osadniczo-rolniczym, można przypuszczać, iż chemizm wód podziemnych tego piętra wodonośnego jest kształtowany głównie przez naturalne procesy fizyczne i chemiczne, a wpływ czynników antropogenicznych jest znikomy.

## PIŚMIENNICTWO

- Al-Khashman, O.A., Jaradat, A.Q. (2014). Assessment of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural uses in arid environment. *Stochastic Environm. Res. Risk Assess.*, 28(3), 743–753.
- Bogdał, A., Kanownik, W., Wiśnios, M. (2012a). Zmiany wartości i stężeń fizykochemicznych wskaźników jakościowych wód rzeki Prądnik-Białucha (Wyżyna Krakowsko-Częstochowska). *Gaz Woda Tech. Sanit.*, 8, 358–361.
- Bogdał, A., Kowalik, T., Kanownik, W., Ostrowski, K., Wiśnios, M. (2012b). Ocena stanu fizykochemicznego wód opadowych i odpływających ze zlewni potoku Wolninka. *Gaz Woda Tech. Sanit.*, 8, 362–365.
- Chelmiński, W., Baścik, M., Korska, A., Pociask-Karteczka, J., Siwek, J. (2001). Źródła Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej. Zmiany w latach 1973–2000. IGI GP UJ, Kraków.
- Dowgiałło, J. (1971). Studium genezy wód zmineralizowanych w utworach mezozoicznych Polski północnej. *Biul. Geol. UW*, 13, 133–224.
- Drzał, M., Ziemońska, Z. (1966). Rzeźba i stosunki wodne obszaru Ojcowskiego Parku Narodowego. Biblioteka OPN, maszynopis.
- Dynowska, I. (1983). Źródła Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej. *Studia Ośr. Dokum. Fizjogr. PAN*, XI, ss. 244.
- Dyrektywa 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 372/19*.
- Jokiel, P. (1997). Źródła, ich rola w środowisku i znaczenie w gospodarce wodnej. *Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geogr. Phys.*, 2, 5–7.
- Kanownik, W., Rajda, W. (2011). Wpływ oczyszczonych ścieków na jakość wód w odbiorniku. *Gaz Woda Tech. Sanit.*, 10, 366–368.
- Kondracki, J. (2013). *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony (wraz z komentarzem) (1990). [W:] A.S. Kleczkowski (red.). *Ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczego*. IHiGI AGH, Kraków, 38.
- Michalik, A. (2008). The use of chemical and cluster analysis for studying spring water quality in Świętokrzyski Park Narodowy. *Polish J. Environm. Stud.*, 17(3), 357–362.
- Oleksynowa, K. (1966). Materiały do poznania chemizmu wód doliny Prądnika i doliny Sąspówki. *Acta Hydrobiol.*, 8 (3–4), 275–292.
- Policht-Latawiec, A., Kanownik, W., Łukasik, D. (2013). Wpływ zanieczyszczeń punktowych na jakość wody rzeki San. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.*, 4(1), 253–269.
- Rajda, W., Kanownik, W. (2007). Some water quality indices in small watercourses in urbanized areas. *Arch. Environ. Prot.*, 33(4), 31–38.
- Rózkowski, J. (1996). Przeobrażenia składu chemicznego wód krasowych południowej części Wyżyny Krakowskiej (zlewnia Rudawy i Prądnika). *Kras i Speleologia*, nr spec. 1. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 roku w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych, *Dz.U. Nr 143*, poz. 896.

- Satora, S. (2009). Zróżnicowanie składu chemicznego fliszowych karpackich wód podziemnych. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.*, 6, 157–160.
- Siwek, J. (2004). Źródła w zlewniach Prądnika, Dłubni, Szreniawy. Naturalne i antropogeniczne uwarunkowania jakości wód. IGiGP UJ, Kraków.
- Słownik hydrogeologiczny (2002). Red. J. Dowgiałło, A.S. Kleczkowski, T. Macioszczyk, A. Rózkowski. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Soja, R. (2008). Hydrologia Ojcowskiego Parku Narodowego. [W:] *Monografia Ojcowskiego Parku Narodowego: Przyroda*. Red. A. Klasa, J. Partyka. Ojcowski Park Narodowy, Ojców, 97–120.
- Sołtys-Lelek, A., Rożkowski, J., Lelek, K. (2010). Wpływ antropopresji na środowisko biotyczne i abiotyczne stref źródłiskowych na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego i jego otuliny. *Prądnik. Prace Muz. Szafera*, 20, 377–396.
- Tyc, A. (2001). Badania krenologiczne na terenie gminy Klucze i Wolbrom w granicach Zespołu Jurajskich Parków Krajobrazowych województwa małopolskiego. [W:] *Badania naukowe w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*. Red. J. Partyka. Ojcowski Park Narodowy, Ojców, 111–114.
- Wolanin, A., Żelazny, M. (2010). Sezonowe zmiany chemizmu wód źródeł tatrzańskich w zlewniach Potoku Chochołowskiego i Potoku Kościeliskiego w 2009 roku. [W:] *Woda w badaniach geograficznych*. Red. T. Ciupa, R. Suligowski. Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy w Kielcach, Instytut Geografii, 347–355.

## HYDROCHEMISTRY OF SPRINGS IN THE OJCOW NATIONAL PARK

**Abstract.** The paper presents analysis of hydrochemical research comprising springs occurring in the area of the Ojcow National Park (OPN). There were 19 springs identified in the area, including 10 in Sąspowska Valley and 9 in the Prądnik valley. All springs in the Sąspowska Valley are natural basins, whereas in the Prądnik valley 7 sources have been partially or totally built up by man. During field works the sources capacity was measured, their temperatures, pH value, electrolytic conductivity and redox potential, whereas concentrations of more than a dozen ions, including macro- and microelements, and biogenic compounds were determined in a laboratory. On the basis of investigations it was stated that springs with the yield between 1 and 10 dm<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup> are dominant in OPN. Water flowing from the springs is a two-ionic bicarbonate-calcium water with weakly alkaline pH. On the basis of classification of the analysed physicochemical elements the water was classified to II water purity class, i.e. good quality waters. Elevated concentrations of bicarbonates, calcium and nitrates were registered in all springs, which probably results from natural processes occurring in groundwaters and does not indicate the influence of human activities, or very slight effect.

**Key words:** spring, water quality, chemical status, Ojcow National Park

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 2.09.2015*

Do cytowań – For citation: Wiśnios, M., Kanownik, W., Bogdał, A. (2015). Hydrochemizm źródeł w Ojcowskim Parku Narodowym. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 14(3), 205–217.