INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr III/1/2014, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 917–929
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

DOI: http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2014.3.1.068

JAKOŚĆ I WALORY UŻYTKOWE WODY POTOKU FLISZOWEGO O NISKIEJ PRESJI ANTROPOGENICZNEJ

Agnieszka Policht-Latawiec, Włodzimierz Kanownik, Piotr Wójcik
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

QUALITY AND USABLE VALUES OF WATER OF FLYSCH STREAM WITH LOW ANTHROPOPRESSURE

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki hydrochemicznych badań potoku Głębieniec (IV rzędu), prawobrzeżnego dopływu rzeki Kamienica. Zlewnia potoku o powierzchni 9,58 km^2 ma charakter górski i położona jest w województwie małopolskim, powiecie limanowskim, gminie Kamienica. Zagospodarowana jest ona w 81% jako grunty leśne, pozostały obszar to grunty rolnicze ekstensywnie użytkowane. Badania prowadzono w 2011 roku w pięciu punktach pomiarowo-kontrolnych zlokalizowanych na odcinku potoku o długości 3405 m. Bezpośrednio w terenie mierzono odczyn wody, przewodność elektrolityczną właściwą, stopień nasycenia tlenem i stężenie tlenu rozpuszczonego. Natomiast w laboratorium Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie oznaczano pozostałe wskaźniki fizykochemiczne: substancje rozpuszczone, NH_4, NO_3, NO_2, PO_4, fosfor ogólny, SO_4, Cl, Ca, Mg, żelazo ogólne, Mn, Na i K. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że stan ekologiczny wody potoku Głębieniec we wszystkich punktach pomiarowo-kontrolnych był bardzo dobry. Woda potoku może być wykorzystana do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia poza punktem pomiarowo-kontrolnym nr 1, ale musi być wcześniej poddana odpowiedniemu uzdatnianiu fizycznemu i chemicznemu ze względu na wysokie stężenie żelaza ogólnego i manganu. Również poza

punktem 1 (przekroczone stężenia azotynów), woda w potoku spełnia warunki środowiska życia ryb łososiowatych w warunkach naturalnych.

Słowa kluczowe: jakość wody, potok fliszowy, antropopresja

Summary

The paper presents the results of hydrochemical tests of the Głębieniec stream, a 4th order, right-side tributary of the Kamienica river. The stream catchment, of mountain character and area of 9.58km², is situated in the malopolskie voivodship, limanowski county and Kamienica commune. The 81% of the catchment is managed as forest grounds, the remaining area is an extensively used agricultural land. The analyses were conducted in 2011 in five measurement-control points over a stream stretch of 3405 m. The reaction (pH), electrolytic conductivity, concentrations of oxygen saturation and dissolved oxygen were measured in water samples on site, whereas the other quality indices: dissolved solids, NH_4, NO_3,NO_2, PO_4, total phosphorus, SO_4, Cl, Ca, Mg, total iron, Mn, Na, and K were assessed in a laboratory of the University of Agriculture in Krakow. On the basis of the assessment results the ecological state of the Głębieniec stream water was rates as very good in all measurement-control points. Except for the measurement-control point No.1, the stream water may be used for potable water supply, but it must be first subjected to physical and chemical treatment due to high concentrations of total iron and manganese. Also, except for point No.1 (exceeded nitrite concentrations), the water in the stream meets the environmental requirements for the water to support cyprinid and salmonid fish life in natural conditions. Statistical analysis revealed that the values of a majority of analysed indices did not differ significantly between the control-measurement points. Very good ecological state and uniform chemical composition over the investigated stretch of the Głębieniec stream evidences a low anthropopressure in the catchment.

Key words: *quality water, flysch stream, anthropopressure*

WSTĘP

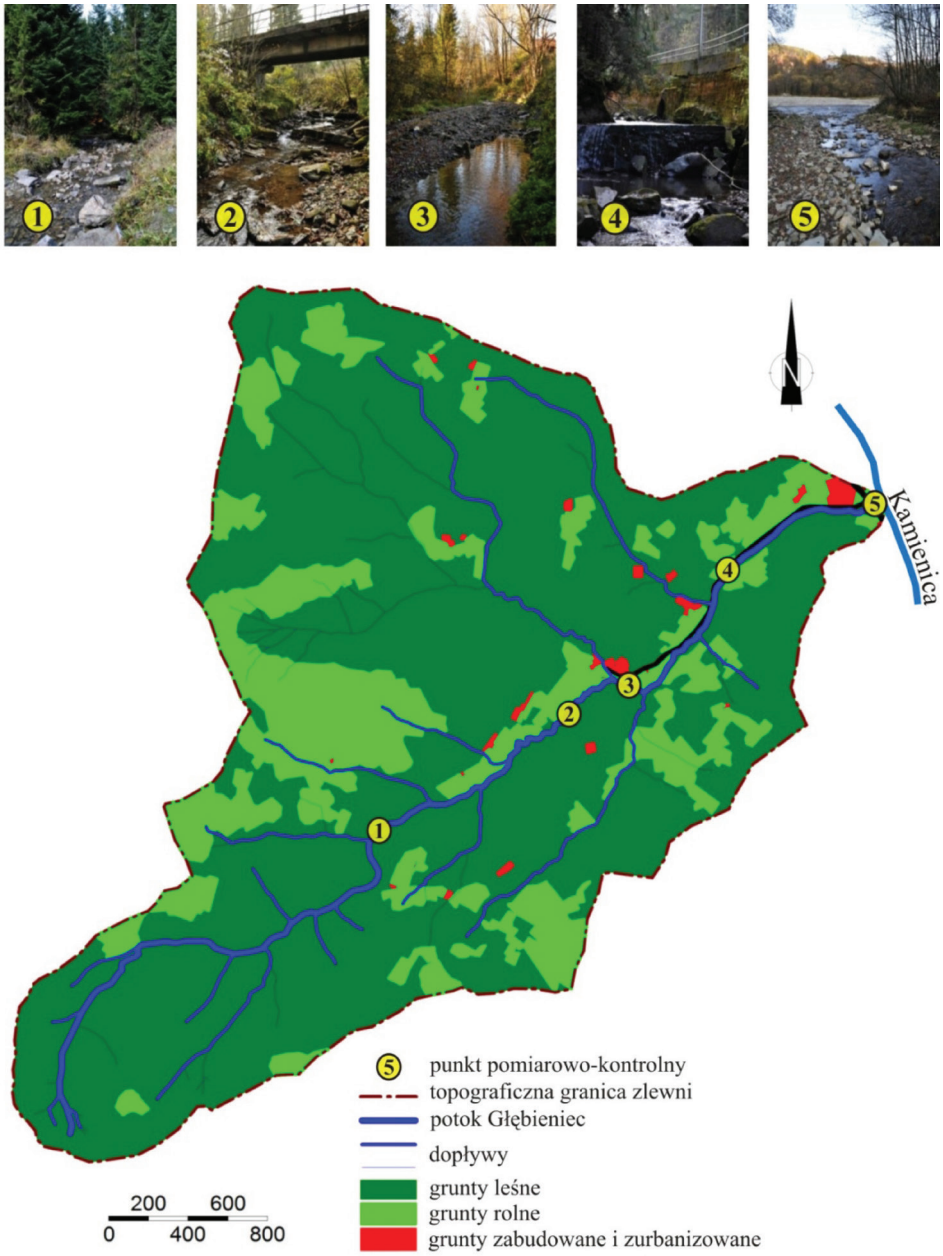
Złożony mechanizm kształtowania się jakości wód powierzchniowych jest wypadkową wielu czynników. Udział ich jest różny i zmienny w czasie (Ostrowski i in. 2008). Na podstawie badań prowadzonych w małych zlewniach stwierdzono, że jakość wody i związane z nią wykorzystanie do celów utylitarnych, uzależnione jest od zagospodarowania zlewni (Kanownik i in. 2013, Kowalik i in. 2009), ukształtowania terenu, rodzaju upraw i poziomu nawożenia, zasob-

ności gleb i podłoża geologicznego (Kowalik i in. 2009). Za główny czynnik stymulujący powstawanie zanieczyszczeń obszarowych uważa się sposób użytkowania i zagospodarowania zlewni (Kanownik 2005, Kornaś i Grześkowiak 2011) oraz wiążące się z nim nasilenie erozji wodnej z powierzchni gleb (Pytka i in. 2013). Zanieczyszczenia dostające się do wód związane są głównie z działalnością rolniczą (Wiatkowski i in. 2012) i opadami atmosferycznymi (Ostrowska 2010, Bogdał i in. 2012), niedostatecznie oczyszczonymi ściekami bytowymi (Lewandowska-Robak i in. 2011) i przemysłowymi (Policht-Latawiec i in. 2013) oraz spływami ze szlaków komunikacyjnych (Mosiej i in. 2007). Przy braku silnych oddziaływań antropogenicznych, ładunki zanieczyszczeń odprowadzane ze zlewni przez cieki są uwarunkowane wpływem czynników fizjograficznych i przyrodniczych (Kanownik i in. 2013).

Poznanie mechanizmu kształtowania się jakości wód w małych zlewni, cechujących się różnymi warunkami glebowymi i klimatycznymi oraz podlegającymi zmiennymi czynnikami antropogenicznymi ma duże znaczenie gospodarcze i ekologiczne (Smoroń 2012). Prawidłowe gospodarowanie zasobami wodnymi u źródeł ich powstawania wpływa na zachowanie różnorodności biologicznej oraz podtrzymanie biotopów wodnych (Frąk i Baryła 2012), co bezpośrednio wiąże się z podniesieniem walorów użytkowych wody oraz krajobrazowych, estetycznych i rekreacyjnych walorów terenów przyległych. Tereny zasobne w wodę o dobrej jakości wpływają na standard życia i zdrowie społeczeństwa, jak również są czynnikiem obowiązkowym dla zrównoważonego rozwoju (Pawłowski 2011). Ponadto poprawiają atrakcyjność turystyczną regionu, oddziałując tym samym na rozwój niektórych gałęzi gospodarki. Zła jakość wody wpływa negatywnie na wszystkie aspekty życia i działalność człowieka.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Badania hydrochemiczne potoku Głębieniec prowadzono w roku 2011. Potok ma długość 6126 m, średni spadek dna wynosi 9,19%. Źródła Głębieńca znajdują się na północnych stokach Gorca na wysokości około 1070 m n.p.m. Spływa on wąskim jarem w kierunku północno-wschodnim do miejscowości Szczawa, gdzie na wysokości 507 m n.p.m. uchodzi do rzeki Kamienicy. Ciek o wartkim nurcie płynie wciętym korytem o podłożu skalnym, a w dolnej części kamienno-żwirowym – według typologii wód powierzchniowych jest potokiem fliszowym. Zlewnia potoku Głębieniec ma powierzchnię 9,58 km^2, położona jest na wysokości 507–1228 m n.p.m. Jest ona usytuowana w województwie małopolskim, powiecie limanowskim, w gminie Kamienica z ujściem potoku w miejscowości Szczawa. Zgodnie z podziałem geograficznym Kondrackiego zlewnia leży na pograniczu Beskidu Wyspowego i Gorców.



Zródło: opracowanie własne;
Source: own elaboration

Rysunek 1. Usytuowanie punktów pomiarowo-kontrolnych w zlewni potoku Głębieniec
Figure 1. Location of measurement-control points in the Głębieniec stream catchment

Zlewnia potoku w 81% pokryta jest lasem, w którym dominuje świerk i jodła. Pozostały teren użytkowany jest rolniczo, ze względu na trudność uprawy wynikającą z dużego spadku powierzchni terenu, są to głównie pastwiska lub łąki. Ponadto na obszarze zlewni zlokalizowane są nieliczne tereny zabudowane położone w małych skupiskach wzdłuż dolnego biegu potoku oraz jego dopływów i stanowią jedynie 0,7% jej ogólnej powierzchni. Tereny osadnicze nie są wyposażone w wodociąg, a do sieci kanalizacyjnej podłączona jest niewielka część gospodarstw. Mieszkańcy pozyskują wodę indywidualnie ze studni kopanych, a ścieki bytowe gromadzą głównie w bezodpływowych zbiornikach.

Podłoże zlewni składa się z utworów należących do Płaszczowiny Magurskiej powstałe na przełomie Górnej Jury i Dolnej Kredy. Są to czerwone i zielone łupki ilaste (reprezentujące warstwy Rdzawki) występujące w obrębie różnoławicowych piaskowców z przewarstwieniami iłów. W zlewni potoku Głębieniec występują liczne źródła wód mineralnych, część z nich jest ujmowana. Złoża źródeł znajdują się w warstwach menilitowych i krośnieńskich. Pochodzące z nich wody mineralne noszą nazwę tzw. szczaw i są to wody wodorowęglanowo-chlorkowo-sodowo-magnezowe, nasycone dwutlenkiem węgla (Cieszkowski 2006).

Wodę do badań pobierano w 5 punktach pomiarowo-kontrolnych: **punkt 1** – ujście potoku Głębieniec do rzeki Kamienicy, **punkt 2** – w km 0+870 m, **punkt 3** – w km 1+810, **punkt 4** – km 2+120 i **punkt 5** – km 3+405 biegu cieku (rys. 1). Górna część zlewni prawie w całości użytkowana jest jako grunty leśne, dopiero poniżej punktu 1 zlokalizowane są grunty rolne oraz niewielkie skupiska terenów osiedlowych, które mogą stanowić potencjalne źródło zanieczyszczeń badanego potoku.

Tabela 1. Zakres i średnie wartości fizyczno-chemicznych wskaźników wody potoku Głębieniec w punktach pomiarowo-kontrolnych

Table 1. Range and mean values of physicochemical indices of the Głębieniec stream water in the measurement-control points

Wskaźnik	Minimalna – Maksymalna Średnia				
	Punkt pomiarowo-kontrolny				
	1	2	3	4	5
pH	7,04 – 8,29 7,91	7,17 – 8,35 8,02	7,26 – 8,32 8,02	7,29 – 8,29 8,01	7,32 – 8,45 8,08
Przewodność elektrolityczna właściwa [$\mu S \cdot cm^{-1}$]	190 – 260 220	180 – 250 230	190 – 210 200	200 – 220 210	180 – 240 220
Stopień nasycenia tlenem [%]	103 – 139 116	107 – 125 114	106 – 127 116	108 – 126 117	106 – 132 119

Tlen rozpuszczony	mg·dm^{-3}	8,9 – 15,7 11,5	9,2 – 13,9 11,2	9,1 – 14,4 11,4	9,2 – 14,1 11,5	9,1 – 15 11,7
Substancje rozpuszczone		96 – 214 158	98 – 174 144	76 – 152 120	92 – 158 134	84 – 190 133
NH_4^+		0 – 0,42 0,07	0 – 0,10 0,03	0 – 0,06 0,01	0 – 0 0	0 – 0 0
$N\text{-}NH_4^+$		0 – 0,33 0,06	0 – 0,08 0,03	0 – 0,05 0,01	0 – 0 0	0 – 0 0
NO_3^-		0,8 – 1,3 1,03	1,1 – 2,3 1,47	1,0 – 1,9 1,34	1,0 – 1,9 1,36	0,7 – 1,9 1,23
$N\text{-}NO_3^-$		0,17 – 0,30 0,23	0,24 – 0,52 0,33	0,23 – 0,42 0,30	0,23 – 0,42 0,31	0,16 – 0,42 0,28
NO_2^-		0 – 0,11 0,02	0 – 0 0	0 – 0 0	0 – 0 0	0 – 0 0
PO_4^{3-}		0 – 0,38 0,09	0 – 0 0	0 – 0 0	0 – 0 0	0 – 0 0
Fosfor ogólny (P)		0 – 0,13 0,03	0 – 0 0	0 – 0 0	0 – 0 0	0 – 0 0
SO_4^{2-}		13 – 24 17	11 – 22 16	5 – 17 12	2 – 19 12	3 – 17 11
Cl^-		1 – 3,5 2,1	1 – 4 2,1	1 – 3 1,8	1 – 3 2,1	2 – 5 3,4
Ca^{2+}		33 – 44 39	33 – 46 41	29 – 40 36	30 – 43 38	30 – 44 39
Mg^{2+}		7 – 9 8,2	6 – 8 7,7	5 – 7 6,2	5 – 7 6,4	5 – 8 6,6
Żelazo ogólne (Fe)		0,02 – 2,23 0,47	0,02 – 0,40 0,13	0 – 0,27 0,07	0 – 0,13 0,06	0 – 0,60 0,11
Mn^{2+}		0 – 0,06 0,03	0 – 0,12 0,03	0 – 0,08 0,02	0 – 0,30 0,06	0 – 0,05 0,03
Na^+		2 – 4 3,3	3 – 5 3,7	2 – 4 3,3	3 – 5 4,1	4 – 7 5,4
K^+		0,8 – 1,8 1,3	0,9 – 3,7 1,6	0,9 – 1,2 1,1	1 – 1,4 1,3	1,2 – 1,5 1,3

W terenie oznaczano odczyn wody za pomocą pehametru CP–104, przewodność elektrolityczną właściwą (EC) konduktometrem CC–102, a zawartość tlenu rozpuszczonego i stopień nasycenia tlenem – za pomocą tlenomierza CO–411. W laboratorium oznaczono: substancje rozpuszczone przez odparowanie, stężenie jonów Ca^{2+}, Na^+, K^+, Mg^+, Mn^{2+} oraz Fe^{2+} i Fe^{3+} (żelazo ogólne) metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) na spektrometrze UNICAM SOLAR 969. Stężenie azotu amonowego ($N–NH_4^+$), azotynowego ($N–NO_2^-$)

i azotanowego ($N–NO_3^-$) oraz fosfor ogólny (P), fosforany (PO_4^{3-}) i chlorki (Cl^-) oznaczono metodą przepływowej analizy kolorymetrycznej na aparacie FIAstar 5000, siarczany (SO_4^{2-}) metodą strąceniową. Z form azotu oznaczonych w laboratorium obliczono stężenie jonów NH_4^+, NO_2 – i NO_3^-.

Przy opracowywaniu wyników określono minimalne i maksymalne wartości poszczególnych wskaźników, a także obliczono średnie arytmetyczne. Wnioskowanie statystyczne o istotności różnic wartości wskaźników pomiędzy punktami pomiarowo-kontrolnymi przeprowadzono nieparametrycznym testem U Manna-Whitney'a na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Test ten wybrano ze względu na brak normalności rozkładu większości analizowanych wskaźników zgodnie z wynikami testu Shapiro-Wilka oraz brak równości wariancji określony testem Fishera-Snedecora. Jakość wody oceniono zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 roku (Rozporządzenie MŚ 2011), natomiast walory użytkowe – przez porównanie wyników oznaczeń z wartościami dopuszczalnymi dla wody przeznaczonej do zaopatrzenia ludności (Rozporządzenie MŚ 2002b) oraz do bytowania ryb w warunkach naturalnych (Rozporządzenie MŚ 2002a).

WYNIKI BADAŃ

W okresie badań odczyn wody potoku Głębieniec był lekko zasadowy, od 7,04 do 8,45 pH (tab. 1). Przewodność elektrolityczna właściwa nie przekraczała 260 $\mu S \cdot cm^{-1}$, a stężenie substancji rozpuszczonych wynosiło maksymalnie 214 $mg \cdot dm^{-3}$. Wartości te były znacznie niższe niż wartości graniczne dla I klasy jakości, świadczy to o znikomym zanieczyszczeniu wody. Przez cały okres badań woda potoku charakteryzowała się bardzo dobrymi warunkami tlenowymi – stopień nasycenia był powyżej 100% i nie przekraczał 140%, a stężenie tlenu rozpuszczonego było powyżej 8 $mg \cdot dm^{-3}$. Na całej długości cieku spośród badanych biogenów stwierdzono tylko azotyny, w punktach od 1 do 3 jony amonowe. Tylko w punkcie 1 stwierdzono wszystkie badane formy azotu i fosforu. Wartości wskaźników biogennych mieściły się w I klasie jakości (Rozporządzenie MŚ 2011). Zasolenie wody potoku było na niskim poziomie; najwyższe stężenie siarczanów (SO_4^{2-}) wynosiło 24 $mg \cdot dm^{-3}$, chlorków (Cl^-) – 5 $mg \cdot dm^{-3}$, wapnia (Ca^{2+}) – 46 $mg \cdot dm^{-3}$ i magnezu (Mg^{2+}) – 9 $mg \cdot dm^{-3}$. W punkcie 1 odnotowano najwyższe stężenie żelaza ogólnego (2,23 $mg \cdot dm^{-3}$). Średnia wartość stężenia żelaza ogólnego w tym punkcie wynosiła 0,47 $mg \cdot dm^{-3}$. W pozostałych punktach stężenie żelaza ogólnego nie przekraczało 0,6 $mg \cdot dm^{-3}$, a średnia wartość była poniżej 0,15 $mg \cdot dm^{-3}$. Stężenie manganu (Mn^{2+}) wahało się od 0 do 0,3 $mg \cdot dm^{-3}$, średnia wartość stężenia na całej badanej długości cieku nie przekroczyła 0,06 $mg \cdot dm^{-3}$ (tab. 1).

Tabela 2. Klasa jakości i ocena przydatności wody potoku Głębieniec
Table 2. Quality class and assessment of utility values of the Głębieniec stream water

Wskaźnik		Klasa jakości					Przydatność wody do									
							zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia					bytowania ryb łososiowatych w warunkach naturalnych				
		Punkt pomiarowo-kontrolny														
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
pH		I – stan bardzo dobry					A1					tak				
Przewodność elektrolityczna właściwa [$\mu S \cdot cm^{-1}$]		I – stan bardzo dobry					A1					–	–	–	–	–
Stopień nasycenia tlenem [%]		–	–	–	–	–	A1					–	–	–	–	–
Tlen rozpuszczony	$mg \cdot dm^{-3}$	I – stan bardzo dobry					–	–	–	–	–	tak				
Substancje rozpuszczone		I – stan bardzo dobry					–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$N\text{-}NH_4^+$		I – stan bardzo dobry					–	–	–	–	–	tak				
NO_3^-		–	–	–	–	–	A1					–	–	–	–	–
$N\text{-}NO_3^-$		I – stan bardzo dobry					–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
NO_2^-		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	nie	tak			
PO_4^{3-}		–	–	–	–	–	A1					–	–	–	–	–
Fosfor ogólny (P)		I – stan bardzo dobry					–	–	–	–	–	tak				
SO_4^{2-}		I – stan bardzo dobry					A1					–	–	–	–	–
Cl^-		I – stan bardzo dobry					A1					–	–	–	–	–
Ca^{2+}		I – stan bardzo dobry					–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Mg^{2+}		I – stan bardzo dobry					–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Żelazo ogólne (Fe)		–	–	–	–	–	NU	A2	A1	A1	A2	–	–	–	–	–
Mn^{2+}		–	–	–	–	–	A2	A3	A2	A3	A1	–	–	–	–	–

A1 – woda wymagająca prostego uzdatniania fizycznego, w szczególności filtracji oraz dezynfekcji,
A2 – woda wymagająca typowego uzdatniania fizycznego i chemicznego, w szczególności utleniania wstępnego, koagulacji, flokulacji, dekantacji, filtracji, dezynfekcji (chlorowania końcowego),
A3 – woda wymagająca wysokosprawnego uzdatniania fizycznego i chemicznego, w szczególności utleniania, koagulacji, flokulacji, dekantacji, filtracji, adsorpcji na węglu aktywnym, dezynfekcji (ozonowania, chlorowania końcowego),
NU – woda nienadająca się do uzdatniania.

Ocena przydatności wody do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia wykazała, że spośród 20 badanych wskaźników, tylko 9 uwzględnianych jest w Rozporządzeniu MŚ (2002a). We wszystkich punktach pomiarowo-kontrolnych większość badanych wskaźników (odczyn, przewodność elektrolityczna właściwa, tlen rozpuszczony, azotany, fosforany, siarczany i chlorki) klasyfikowały wodę potoku Głębieniec do kategorii A1, tj. wody wymagającej prostego uzdatniania fizycznego (tab. 2). Wysokie stężenie żelaza ogólnego i manganu utrudnia uzdatnianie wody do spożycia. Stężenie żelaza ogólnego powyżej 2 $mg \cdot dm^{-3}$ w punkcie 1 spowodowało, że woda nie nadaje się do uzdatniania. W pozostałych punktach woda z potoku może być ujmowana do zaopatrzenia ludności, ale wymaga odpowiedniego uzdatniania. W punktach 2 i 4 woda została zakwalifikowana do kategorii A3. Wymaga ona wysokosprawnego uzdatniania fizycznego i chemicznego ze względu na stężenie manganu powyżej 0,1 $mg \cdot dm^{-3}$. Natomiast w punktach 3 i 5 spełnia wymagania kategorii A2 i wymaga typowego uzdatniania fizycznego i chemicznego odpowiednio ze względu na stężenie manganu (>0,05 $mg \cdot dm^{-3}$) i żelaza ogólnego (>0,3 $mg \cdot dm^{-3}$). Wysokie stężenie tych metali w wodach małych cieków jest typowe dla terenów podgórskich i górskich w województwie małopolskim. Pochodzenie ich jest naturalne, związane z budową geologiczną zlewni, składem chemicznym skał i gleb w zlewni oraz koryt rzecznych (Kanownik i in. 2013).

Ze względu na górski charakter potoku dokonano oceny wody, jako naturalne środowisko tylko dla bytowania ryb łososiowatych. Na podstawie 5 wskaźników fizykochemicznych stwierdzono, że woda w punkcie 1 nie spełnia wymagań Rozporządzenia MŚ (2002b), tylko ze względu na występowanie stężenia azotynów powyżej 0,01 $mg \cdot dm^{-3}$.

W pozostałych punktach pomiarowo-kontronych, warunki tlenowe, pH oraz stężenie azotu amonowego, azotynów i fosforu ogólnego są odpowiednie dla wody stanowiącej naturalne środowisko życia ryb należących do rodziny Salmo spp., rodziny Coregonidae (*Coregonus*) oraz gatunku lipień (*Thymallus thymallus*).

Analiza statystyczna wykonana testem U Manna-Whitney'a wykazała, że wartości większości badanych wskaźników nie różniły się istotnie pomiędzy punktami pomiarowo-kontrolnymi (tab. 3). Stwierdzono statystycznie wyższe wartości magnezu w górnej części potoku (punkt 1 i 2) w stosunku do dolnego biegu. Natomiast w przypadku stężenia sodu i chloru wyższe wartości notowano

w punkcie 5, w tym statystycznie istotnie niższe było stężenie sodu w punktach 1, 2, 3 oraz stężenie chloru w punkcie 1.

Tabela 3. Istotność różnic wartości wskaźników wody pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowo-kontrolnymi – prawdopodobieństwo testu U Manna-Whitney'a
Table 3. Significance of differences of water indices values among the measurement-control points, probability of U Mann Whitney's test

Punkt	pH				Przewodność (EC)				Stopień nasycenia tlenem [%]			
	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
1	0,423	0,522	0,631	0,230	0,471	0,230	0,631	0,936	1,000	0,631	0,337	0,423
2		0,936	0,810	0,575		0,066	0,066	0,230		0,522	0,173	0,230
3			1,000	0,423			0,093	0,066			0,471	0,522
4				0,298				0,378				0,936
Punkt	Tlen rozpuszczony				Substancje rozpuszczone				NH_4^+			
	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
1	0,936	0,936	0,689	0,810	0,575	0,078	0,230	0,298	0,810	1,000	0,689	0,689
2		0,810	0,631	0,873		0,093	0,522	0,749		0,575	0,378	0,378
3			0,936	0,873			0,298	0,522			0,689	0,689
4				0,936				0,873				1,000
Punkt	NO_3^-				NO_2^-				PO_4^{3-}			
	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
1	0,150	0,200	0,173	0,749	0,689	0,689	0,689	0,689	0,378	0,378	0,378	0,378
2		0,631	0,631	0,522		-	-	-		-	-	-
3			1,000	0,689			-	-			-	-
4				0,522				-				-
Punkt	Fosfor ogólny (P)				SO_4^{2-}				Cl^-			
	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
1	0,689	0,689	0,689	0,689	0,631	0,200	0,173	0,055	0,936	0,749	0,936	0,055
2		-	-	-		0,298	0,298	0,128		0,689	0,810	0,066
3			-	-			0,810	0,873			0,230	0,013*
4				-				0,689				0,066

Punkt	Ca^{2+}				Mg^{2+}				Żelazo ogólne (Fe)			
	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
1	0,575	0,173	0,522	0,936	0,173	0,008	0,016	0,031	0,689	0,128	0,093	0,093
2		0,093	0,230	0,378		0,020	0,031	0,045		0,298	0,522	0,200
3			0,471	0,298			0,378	0,128			0,873	0,810
4				0,378				0,522				0,522
Punkt	Mn^{2+}				Na^{+}				K^{+}			
	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
1	0,689	0,423	0,749	0,936	0,337	0,631	0,173	0,013	0,873	0,378	0,749	1,000
2		0,689	0,936	0,631		0,423	0,378	0,037		0,378	0,749	0,262
3			0,936	0,471			0,128	0,016			0,109	0,128
4				0,810				0,128				0,337

* wartość zapisana kolorem czerwonym oznacza różnice statystycznie istotne przy $p < 0,05$

WNIOSKI

1. Na podstawie wskaźników fizykochemicznych wspierających elementy biologiczne określono, że stan ekologiczny wody na całej długości badanego potoku Głębieniec jest bardzo dobry.
2. Woda potoku, poza punktem pomiarowo-kontrolnym nr 1, może być wykorzystana do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia, jednak ze względu na wysokie stężenie żelaza ogólnego i manganu musi być poddana odpowiedniemu uzdatnieniu fizycznemu i chemicznemu.
3. Woda w potoku nie spełnia wymagań dla wód śródlądowych stanowiących naturalne środowisko życia ryb łososiowatych tylko w punkcie 1 ze względu na przekroczone stężenia azotynów.
4. Statystyczna analiza porównawcza wykazała, że wartości większości badanych wskaźników fizykochemicznych nie różnią się istotnie pomiędzy punktami pomiarowo-kontrolnymi.
5. Bardzo dobry stan ekologiczny i jednolity skład chemiczny wody na całym badanym odcinku potoku Głębieniec świadczy o niskiej presji antropogenicznej w zlewni. Ze względu liczne źródła i ujęcia wód mineralnych, teren zlewni potoku Głębieniec należy chronić przed działaniem czynników antropogenicznych.

LITERATURA

Bogdał A., Kowalik T., Kanownik W., Ostrowski K., Wiśnios M. (2012). Ocena stanu fizykochemicznego wód opadowych i odpływających ze zlewni potoku Wolninka. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 8, 362–365.

Cieszkowski M. (2006). Geologiczne walory naukowe Gorczańskiego Parku Narodowego i jego otoczenia. Ochrona Beskidów Zachodnich, 1, 45–57.

Frąk M., Baryła A. (2012). Assessment of the state of water quality of the Dzierzgoń Lake using chemical and biological indicators. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Land Reclamation, 44 (2), 111–119.

Kanownik W. (2005). Impact of mountainous areas management system upon biogenes content in surface waters. EJPAU, 8 (2), #11.

Kanownik W., Kowalik T., Bogdał A., Ostrowski K. (2013). Quality categories of stream water included in a Small Retention Program. Pol. J. Environ. Stud., 22 (1), 159–165.

Kornaś M., Grześkowiak A. (2011). Wpływ użytkowania zlewni na kształtowanie jakości wody w zbiornikach wodnych zlewni rzeki Drawa. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 11, 1 (33), 125–137.

Kowalik T., Kanownik W., Bogdał A., Ostrowski K., Rajda W. (2009). Jakość i cechy użytkowe wody potoku Bąbola w aspekcie jej przyszłego magazynowania w zbiorniku retencyjnym. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 8 (3–4), 17–23.

Lewandowska-Robak M., Górski Ł., Kowalkowski T., Dąbkowska-Naskręt H., Miesikowska I. (2011). Wpływ ścieków oczyszczonych odprowadzanych z Oczyszczalni Ścieków w Tucholi na jakość wody w strudze Kicz. Inżynieria i Ochrona Środowiska, 14 (3), 209–221.

Mosiej J., Komorowski H., Karczmarczyk A., Suska A. (2007). Wpływ zanieczyszczeń odprowadzanych z aglomeracji łódzkiej na jakość wody w rzekach Ner i Warta. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 6 (2), 19–30.

Ostrowska M. (2010). Zmienność stężenia miogenów w wodzie rzeki Mała Panew pod wpływem opadów atmosferycznych i przepływów w rzece. Problemy Ekologii, 14 (3), 139–143.

Ostrowski K., Policht A., Rajda W., Bogdał A. (2008). Zmiany przewodności elektrolitycznej i stężeń biogenów w wodzie z biegiem cieku odwadniającego małą zlewnię rolniczą. Zesz. Probl. Postępów Nauk Roln., 528, 123–131.

Pawłowski L. (2011). Role of environmental monitoring in implementation of sustainable development. Annual Set The Environment Protection, 13, 333–345.

Policht-Latawiec A., Kanownik W., Łukasik D. (2013). Wpływ zanieczyszczeń punktowych na jakość wody rzeki San. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 4 (1), 253–269.

Pytka A., Jóźwiakowski K., Marzec M., Gizińska M., Sosnowska B. (2013). Ocena wpływu zanieczyszczeń antropogenicznych na jakość wód rzeki Bochotniczanki. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 3/II, 15–29.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 roku w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych (Dz. U. 2002 Nr 176, poz. 1455). [2002a]

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (Dz. U. 2002 Nr 204, poz. 1728). [2002b]

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 roku w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. Nr 257, poz. 1545).

Smoroń S. (2012). Zagrożenie eutrofizacją wód powierzchniowych wyżyn lessowych Małopolski. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, t. 12 z. 1 (37), 181–191.

Wiatkowski M., Rosik-Dulewska Cz., Gruss Ł. (2012). Profil zmian wskaźników jakości wody w rzece Stobrawie. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 3, 21–35.

Dr inż. Agnieszka Policht-Latawiec
email: a.policht@ur.krakow.pl

Dr hab. inż. Włodzimierz Kanownik
email: rmkanown@cyf-kr.edu.pl

mgr inż. Piotr Wójcik
UR Kraków

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
al. Mickiewicza 24–28, 30–059 Kraków
tel. 12 662 4148