

STANISŁAW MAŁEK, MICHAŁ JASIK, GRZEGORZ DURŁO

Jakość wody z ujęć zlokalizowanych w terenach leśnych zarządzanych przez Nadleśnictwo Myślenice*

Quality of water from the intakes located in the forest areas managed by the Myślenice Forest District

ABSTRACT

Małek S., Jasik M., Durło G. 2019. Jakość wody z ujęć zlokalizowanych w terenach leśnych zarządzanych przez Nadleśnictwo Myślenice. Sylwan 163 (4): 328-337. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2018053>.

We analysed quality of water from the intakes in the Myślenice Forest District (S Poland). 8 springs were selected: 4 were located in the Natura 2000 area on the Mt. Polica and another 4 originated from the Harbutowice surroundings. Additionally water from 3 places on streams was gathered: 2 points were located in the 'Las Gościba' nature reserve and 1 in the water intake for the residents of Sułkowice municipality. Water samples were collected at the beginning of each month in the year 2016. The water temperature and flow rate were measured in the field. The hydrogen ion activity (pH), electrolytic conductivity (PEW) as well as the content of NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} and F^- were determined with Dionex 5000 ion chromatograph. We also marked the content of P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn, Cu, Cr, Cd, Ni and Pb using the ICP-OES emission spectrometer. All analyzes were carried out in the Laboratory of Geochemistry of Forest Environment and Areas Designated for Reclamation of the Forest Faculty of the University of Agriculture in Krakow. Water quality classification was made due to the tested properties in accordance with Regulation of the Minister of the Environment of 21st July 2016 on the classification of the state of surface water bodies and environmental quality standards for priority substances. The study confirmed differences in electric conductivity and the content of NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- due to the development of alimentionation areas and the location of water collection.

KEY WORDS

water quality, water intakes, alimentionation areas

ADDRESSES

Stanisław Małek ⁽¹⁾ – e-mail: rlmalek@cyf-kr.edu.pl

Michał Jasik ⁽¹⁾, Grzegorz Durło ⁽²⁾

⁽¹⁾ Zakład Ekologii Lasu i Rekultywacji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

⁽²⁾ Zakład Ochrony Lasu, Entomologii i Klimatologii Leśnej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

*Praca finansowana w ramach zlecenia Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krakowie ZS.271.2.2015 „Prawne uwarunkowania ujęć wody na terenach leśnych zarządzanych przez nadleśnictwa RDLP Kraków” (BZ 818/IEiHL/15-17).

Wstęp

Lasy odgrywają ważną rolę w kształtowaniu obiegu wody w zlewni oraz w poprawie jej jakości. Wzajemne relacje między lasem a wodą są przedmiotem badań naukowych od wielu lat. Pomimo dużego dorobku hydrologii leśnej wiele problemów dotyczących wzajemnych relacji las-woda ciągle pozostaje do rozpoznania – m.in. relacja leśnego zagospodarowania zlewni i jakości wód powierzchniowych, co jest szczególnie zauważalne w stosunkowo małych zlewniach [Pierzgalski 2008]. O wadze tych związków świadczy opracowanie i przyjęcie rezolucji „Lasy i woda” na V Ministerialnej Konferencji nt. Ochrony Lasów w Europie (Warszawa, listopad 2007 roku). Wdrożenie zawartych w niej zobowiązań jest niezwykle istotne dla trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej. Woda w kompleksach leśnych stanowi bowiem istotny czynnik umożliwiający realizację ekologicznych, ekonomicznych i społecznych funkcji lasu [Pierzgalski 2008]. Mała retencja w obszarach leśnych przyczynia się do poprawy jakości wód [Miler 2008]. Jakość chemiczna wód wpływających z płytkich warstw glebowych w dużej mierze zależy od gleby i podłoża geologicznego, a także od składu gatunkowego szaty roślinnej, a nawet ukształtowania terenu czy wystawy stoków [Małek 2015].

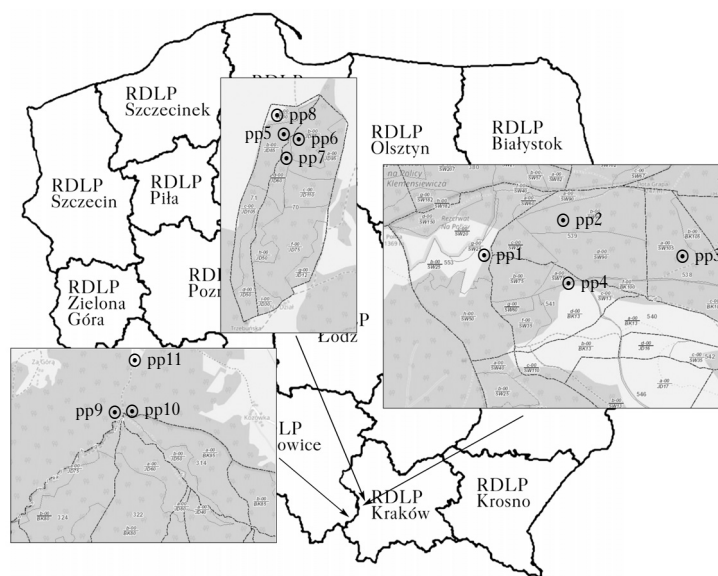
Zmiany klimatyczne przyczyniły się i przyczyniają do występowania ekstremalnych zdarzeń, m.in. takich jak susze czy powodzie. Konsekwencją tych zjawisk są znaczne wahania poziomu wód gruntowych na zlewniach leśnych [Małek, Gawęda 2006; Małek, Krakowian 2012]. Długotrwałe okresy suszy atmosferycznej i glebowej obniżają poziom wód gruntowych, a opady, występujące często w postaci nawalnej, utrudniają zatrzymywanie spływających po powierzchni wód. W takich warunkach bardzo ważną rolę odgrywają ekosystemy leśne, które pozwalają zatrzymać (zmagazynować) wodę na dłuższy czas i ograniczają jej odpływ, przyczyniając się tym samym do ochrony środowiska leśnego oraz ograniczenia zmian w reżimie hydrologicznym zlewni [Humnicki 2007]. To właśnie w lasach znajdujemy zasoby wód o wyższej jakości oraz niższym stężeniu zanieczyszczeń [Calder i in. 2004]. Oprócz dostępności wody, która w Polsce w przeliczeniu na mieszkańca wynosi około 1800 m³/rok i należy do najniższych w Europie, ważna jest również jej jakość. Istotnym zagrożeniem dla jakości wody jest stały dopływ zanieczyszczeń środowiska z różnych źródeł [Jasik, Małek 2013; Gutry-Korycka i in. 2014; Kosmowska i in. 2015].

Dla zaopatrzenia ludności w wodę pitną ważnym elementem jest również sposób zagospodarowania zlewni [Małek i in. 2010], zwłaszcza w obszarach leśnych. W pracy testowano hipotezę dotyczącą związku pomiędzy jakością wód oraz sposobem leśnego zagospodarowania małych zlewni leśnych.

Obszar badań

Do analizy wód pobieranych w terenach leśnych wytypowano 8 źródeł: 4 z nich były zlokalizowane w obszarze Natura 2000 w paśmie Policy (obszar alimentacyjny źródeł pp1, 2 i 4 pokrywały drzewostany świerkowe w różnych klasach wieku, a źródła pp3 około 100-letni drzewostan bukowy z domieszką świerka), a 4 poza wszelkimi formami ochrony przyrody w leśnictwie Harbutowice (obszar alimentacyjny pp5-7 pokryty był różnowiekowymi drzewostanami jodłowymi, a pp8 był zagospodarowany głównie rolniczo, z niewielkim udziałem olsu). Dodatkowo wyznaczono dwa miejsca na ciekach powierzchniowych w rezerwacie przyrody Las Gościba oraz jedno na cieku powierzchniowym z ujęciem wody dla mieszkańców gminy Sułkowice. Zlewnie tych cieków pokryte były drzewostanami jodłowo-bukowymi w różnym wieku (ryc. 1, tab.1).

Na tle wielolecia 2006-2016 rok 2016 należał do przeciętnych zarówno pod względem opadów w okresie wegetacyjnym i w całym roku, jak również pod względem temperatury powietrza (tab. 2).



Ryc. 1.

Lokalizacja punktów pomiarowych wód oraz ich obszarów alimentacyjnych
Location of measurement points (intakes) of waters and their alimentary areas

Tabela 1.

Wybrane charakterystyki lokalizacji poszczególnych punktów pomiarowych (pp1-11)
Selected characteristics of the location of individual measuring points (pp1-11)

	Oddział Forest section	Wysokość n.p.m. Elevation [m]	Skład gatunkowy Species composition	TSL	Powierzchnia Area [ha]
pp1	Sidzina 553b	1235	Św	BWG	25,2
pp2	Sidzina 539b	1210	Św	BWG	5,3
pp3	Sidzina 538a	1120	Bk-Św	BWG	19,1
pp4	Sidzina 539d	1090	Św	BGśw/LGśw	58,0
pp5	Harbutowice 70b	420	Jd	LGśw	32,2
pp6	Harbutowice 70b	421	Jd	LGśw	32,2
pp7	Harbutowice 70d	430	Jd	LGśw	34,3
pp8	Harbutowice 71a	425	Rolny+Ol	LGśw	49,6
pp9	Harbutowice 322a	398	Jd-Bk	LGśw	225
pp10	Harbutowice 324a	398	Jd-Bk	LGśw	245
pp11	Sułkowice	382	Jd-Bk	LGśw	503

Św – spruce, Bk – beech, Jd – fir, Rolny+Ol – agricultural + alder

TSL – forest site type: BWG – alpine forest, BGśw – fresh mountain coniferous forest, LGśw – fresh mountain deciduous forest

Materiał i metody

Próbki wody były pobierane na początku każdego miesiąca w 2016 roku (12 próbek z każdego miejsca). W terenie mierzona była temperatura wody oraz wydajność przepływu. W Laboratorium Geochemii Środowiska Leśnego i Terenów Przeznaczonych do Rekultywacji Zakładu Ekologii Lasu i Rekultywacji oraz Zakładu Gleboznawstwa Leśnego UR w Krakowie wykonano: pomiar odczynu za pomocą pH-metru Eijkelkamp 18.37 oraz przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW) za pomocą konduktometru Eijkelkamp EC 18.34, oznaczenie zawartości kationów NH_4^+ ,

Tabela 2.

Średnia (T), maksymalna (Tmax) i minimalna (Tmin) temperatura powietrza [°C], długość okresu wegetacyjnego (DOW [dni]) oraz suma opadów atmosferycznych [mm] w roku (Prok) i w okresie wegetacyjnym (Pow) na obszarze badań

Mean (T), maximum (Tmax) and minimum (Tmin) temperature [°C], growing season length (DOW [days]) as well as precipitation [mm] during the whole year (Prok) and growing season (Pow)

Masyw Massif	Forma terenu Relief form	T	Tmax	Tmin	DOW	Prok	Pow
Polica	Szczyt Summit	3,7	6,4	0,3	170	1170	750
	Dno doliny Bottom of the valley	7,1	11,6	2,9	200	850	525
Babica	Szczyt Summit	6,3	4,3	1,7	202	1080	715
	Dno doliny Bottom of the valley	8,2	12,8	9,5	224	950	595

Na⁺, K⁺, Ca²⁺ i Mg²⁺, anionów: Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻ i F⁻ za pomocą chromatografu jonowego Dionex 5000 oraz wybranych pierwiastków – P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn, Cu, Cr, Cd, Ni i Pb – za pomocą spektrometru emisyjnego ICP-OES. Sporządzono klasyfikację jakości wód ze względu na badane własności [Guidelines... 2011; Rozporządzenie... 2015, 2016].

Wyniki

Analizowane wody charakteryzowały się odczynem zasadowym i słabo zasadowym, tylko raz pH wody w serii grudniowej spadło poniżej 7 w ujęciu wody zlokalizowanym w około 100-letnim drzewostanie świerkowym, w szczytowej partii pasma Policy (pp2). Najwyższym pH charakteryzowały się próbki wody pobrane z cieków powierzchniowych w rezerwacie Las Gościba. Wody z ujęć zlokalizowanych w paśmie Policy zostały zaklasyfikowane do II klasy, ponieważ wartość pH była niższa od 7,8. Pozostałe ujęcia charakteryzowały się średnim pH, w granicach 7,8-8,4 (tab. 3), i znalazły się w I klasie jakości wód.

Próbki pobrane z pasma Policy (pp1-4) cechowały się przewodnością kwalifikującą wodę do I klasy jakości – w granicach około 50-150 µS/cm (tab. 3). Pozostałe próbki (z rezerwatu Las Gościba oraz z leśnictwa Harbutowice) znalazły się w III klasie jakości i tylko przez część roku przewodność mieściła się w granicach II klasy.

W ciągu roku odnotowano w próbkach analizowanych ujęć wód duże wahania stężenia jonu amonowego. Na przełomie zimy i wiosny stężenia te były najniższe, a znaczący wzrost zawartości jonu amonowego nastąpił jesienią. Wartości te mieściły się w zakresie od granicy oznaczalności – limitu detekcji urządzenia (okres od lutego do maja) – do około 0,4 mg/dm³ (w styczniu oraz w listopadzie i grudniu).

Analizując stężenie siarczanów, zauważono dużą stabilność jonów w źródłach pasma Policy. W tych źródłach zaobserwowano również najniższe stężenie siarczanów, kwalifikujące wody z tych ujęć do I klasy jakości zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska. Ujęcie wody zlokalizowane w leśnictwie Harbutowice w drzewostanie bukowo-jodłowym (pp7) zakwalifikowano do II klasy jakości, a pozostałe do III klasy jakości pod względem stężenia siarczanów. Stężenie azotanów w analizowanych wodach tylko w jednym ujęciu przekraczało normę dopuszczalną dla II klasy jakości, a stężenia oznaczone w tym ujęciu były w ciągu całego roku badań kilkakrotnie wyższe od odnotowanych w pozostałych miejscach poboru. Pozostałe ujęcia wód zaklasyfikowano do I klasy jakości pod względem stężenia azotanów (tab. 4).

Tabela 3.

Dopuszczalne wartości oraz stężenie wybranych parametrów fizykochemicznych w wodach analizowanych ujęć
 Limit values and the concentrations of selected physico-chemical parameters in the water intakes analyzed

	pH	NH ₄ -N-NH ₄ [mg/dm ³]	NO ₃ -N-NO ₃ [mg/dm ³]	PEWEC [μS/cm]	SO ₄ ²⁻ [mg/dm ³]	Cl ⁻ [mg/dm ³]	Na ⁺ [mg/dm ³]	Fe ²⁺ [mg/dm ³]	Ca ²⁺ [mg/dm ³]	Mg ²⁺ [mg/dm ³]
R2015	6,5-9,5	0,5	50	2500	250	250	200	0,2	-	30-125
WHO	6,5-9,5	-	50	-	-	-	-	-	-	-
I klasa	7,8-8,4	0,16	1,0	192	17,2	3	-	-	50	5,3
II klasa	7,4-8,4	0,42	1,5	309	28,2	12,8	-	-	51	11,7
pp1	min	0,01	0,77	51,0	0,47	0,66	0,66	0,00	7,34	0,67
	max	0,23	2,56	156,0	8,63	2,65	1,29	0,04	16,69	4,06
pp2	min	0,00	0,97	50,0	5,77	0,62	0,74	0,00	5,92	0,37
	max	0,12	3,26	93,0	6,94	0,91	0,97	0,06	16,99	2,27
pp3	min	0,00	2,88	101,0	9,11	0,77	0,96	0,00	17,10	2,34
	max	0,21	3,26	138,0	13,27	1,06	1,19	0,09	22,78	4,07
pp4	min	0,00	0,88	50,0	6,47	0,55	0,89	0,00	8,92	5,45
	max	0,43	4,28	93,0	9,35	0,98	1,26	0,06	16,11	6,94
pp5	min	0,00	0,59	305,0	38,39	3,71	8,17	0,00	40,62	5,45
	max	0,18	1,12	437,0	46,90	4,27	9,21	0,06	86,86	6,94
pp6	min	0,00	0,51	316,0	39,23	3,60	8,29	0,00	42,52	5,63
	max	0,30	1,19	458,0	44,84	4,57	9,32	0,07	86,79	6,77
pp7	min	0,00	0,99	186,0	18,44	2,47	3,01	0,00	26,40	2,54
	max	0,26	3,35	391,0	30,01	3,58	8,73	0,56	67,10	7,32
pp8	min	0,01	7,24	305,0	30,87	2,04	4,61	0,00	43,26	4,03
	max	0,41	9,12	365,0	35,17	3,70	5,38	0,04	65,78	5,20
pp9	min	0,00	0,12	185,0	17,09	2,08	3,21	0,00	26,83	2,67
	max	0,41	4,24	485,0	61,76	3,38	14,52	0,15	78,42	9,20
pp10	min	0,00	0,99	160,0	16,28	1,97	2,87	0,00	18,62	1,89
	max	0,38	4,20	462,0	52,73	2,95	13,70	0,19	69,54	7,74
pp11	min	0,00	1,05	173,0	17,00	2,08	3,14	0,00	22,55	2,09
	max	0,25	4,33	464,0	55,24	3,56	13,75	0,16	73,35	8,52

R2015 – Rozporządzenie... [2015]

R2016 – Rozporządzenie... [2016]

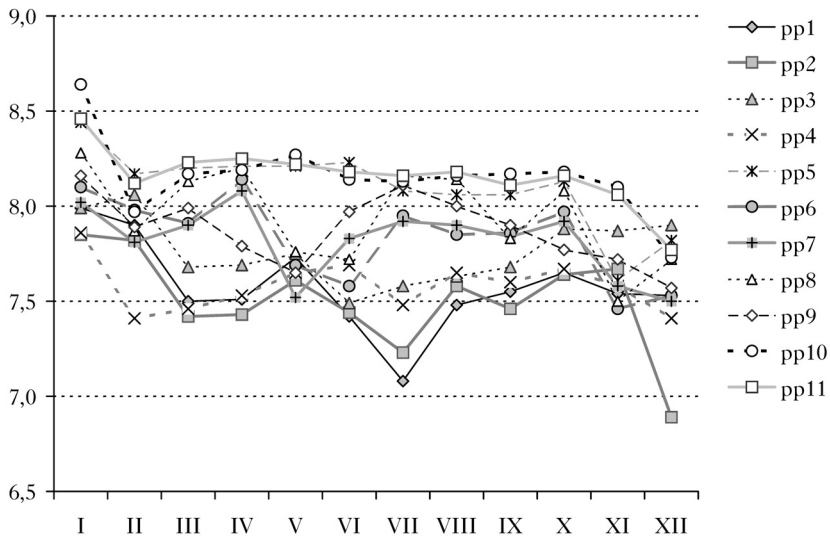
Dyskusja

Żadne z analizowanych ujęć wód nie zostało zaliczone do I klasy jakości. Różnice w parametrach fizykochemicznych analizowanych wód z ujęć oraz cieków powierzchniowych wynikają głównie z położenia geograficznego i sposobu zagospodarowania zlewni. Punkty zlokalizowane w masywie Policy (pp1-4) można zaliczyć do II klasy jakości, a decydującym parametrem jest pH wody. Pozostałe analizowane parametry pozwoliły zaliczyć wody z tych ujęć do I klasy jakości (tab. 4). Wszystkie źródła były zlokalizowane na wysokości powyżej 1000 m n.p.m. i zdecydowanie dalej na południe od aglomeracji krakowskiej. Wody z tych ujęć charakteryzowały się także najniższą zawartością siarczanów, co może być tłumaczone brakiem dopływu w wyższe położenia górskie tych jonów pochodzących z niskiej emisji [Kozak 2009]. Wody źródeł położonych najwyżej cha-

Tabela 4.

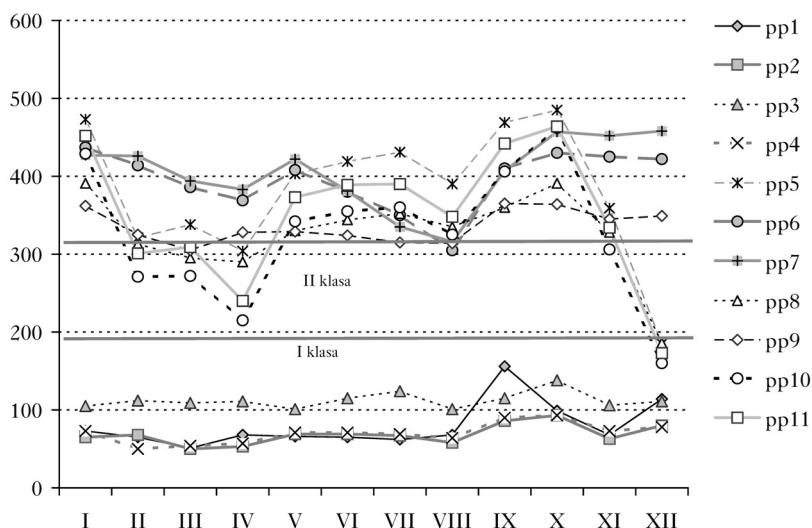
Klasy jakości wód dla analizowanych punktów pomiarowych według Rozporządzenia... [2016]
 Water quality classes for the analyzed measurement points according to the Rozporządzenie... [2016]

	pH	NH ₄ /N-NH ₄	NO ₃ /N-NO ₃	EC	SO ₄	Cl	Ca	Mg
pp1	II	I	I	I	I	I	I	I
pp2	II	I	I	I	I	I	I	I
pp3	II	I	I	I	I	I	I	I
pp4	II	I	I	I	I	I	I	II
pp5	I	I	I	III	III	II	III	II
pp6	I	I	I	III	III	II	III	II
pp7	I	I	I	III	II	I	I	I
pp8	I	I	III	III	III	I	III	I
pp9	I	I	I	III	III	I	III	II
pp10	I	I	I	III	III	I	I	II
pp11	I	I	I	III	III	I	III	II



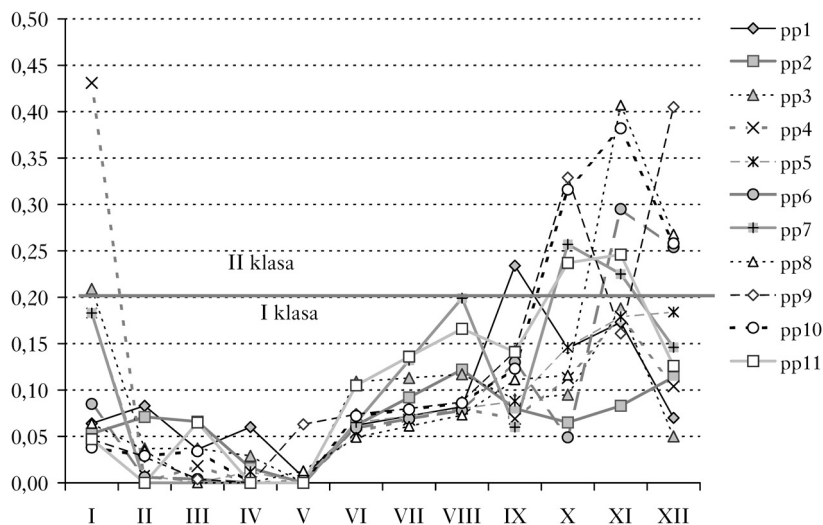
Ryc. 2.

Odczyn wody dla punktów pomiarowych w poszczególnych miesiącach 2016 roku
 Water pH for measurement points in the following months of 2016



Ryc. 3.

Przewodność elektryczna właściwa wody dla punktów pomiarowych w poszczególnych miesiącach 2016 roku
Electrical conductivity of water for measuring points in the following months of 2016

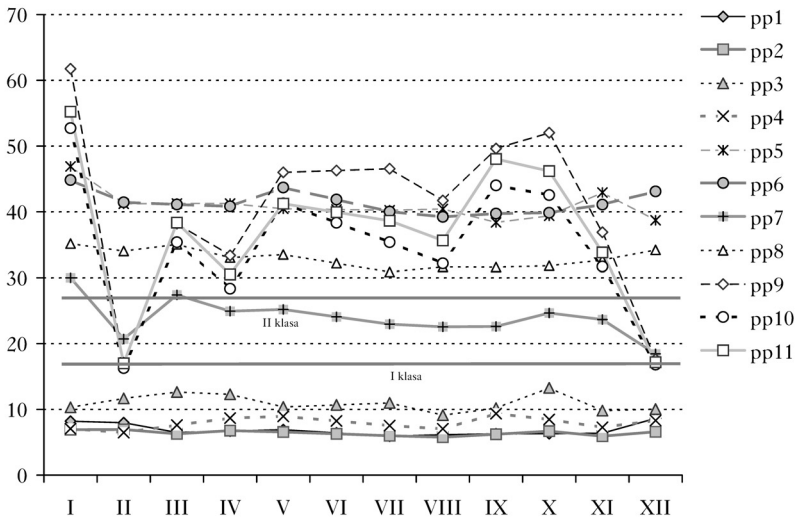


Ryc. 4.

Stężenie NH_4^+ w wodzie dla punktów pomiarowych w poszczególnych miesiącach 2016 roku
 NH_4^+ concentration in water for measurement points in the following months of 2016

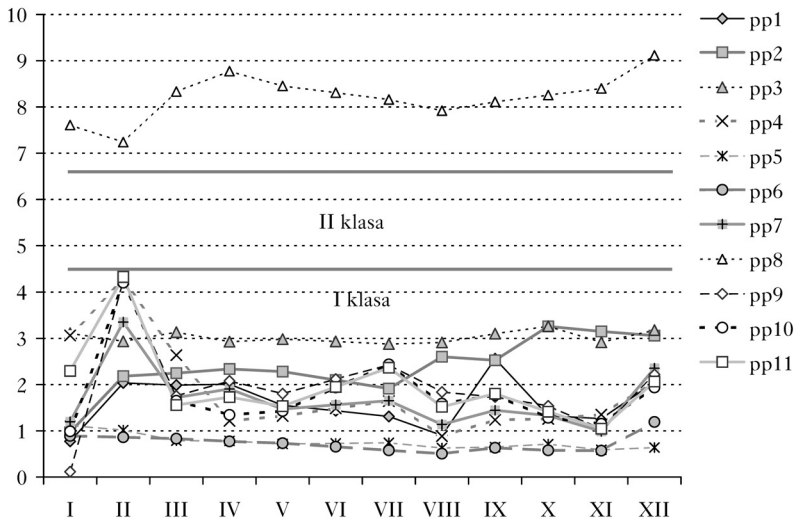
rakteryzują się najniższym pH i przewodnictwem. Utrudniony jest tu bowiem proces wietrzenia chemicznego, poprzez zastępowanie w glebie dopływających kationów wodorowych innymi kationami. Ze względu na dużą szkieletowość gleb i zatrzymywanie substancji mineralnych w nadkładzie organicznym proces wymywania jest w tym wypadku w znacznej mierze ograniczony [Małek 2015].

Ujęcia pp5-9 zostały zaklasyfikowane do niższych klas z powodu zawartości siarczanów oraz wyższej przewodności elektrycznej i wyższego niż dopuszczalne stężenia Ca^{2+} (51 mg/dm^3). Wody



Ryc. 5.

Stężenie SO_4^{2-} w wodzie dla punktów pomiarowych w poszczególnych miesiącach 2016 roku
 SO_4^{2-} concentration in water for measurement points in the following months of 2016



Ryc. 6.

Stężenie NO_3^- w wodzie dla punktów pomiarowych w poszczególnych miesiącach 2016 roku
 NO_3^- concentration in water for measurement points in the following months of 2016

z ujęcia pp8 w leśnictwie Harbutowice zaliczono do III klasy jakości, głównie z powodu zbyt wysokich stężeń azotanów. Może to być spowodowane tym, że wody zasilające to ujęcie spływają głównie z terenów użytkowanych rolniczo. Zwiększenie udziału azotanów w wodach powierzchniowych wraz ze wzrostem udziału terenów rolniczych w ogólnej powierzchni zlewni było przedstawiane przez wielu autorów [Kholm i in. 2000; Assaletta i in. 2009; Hus, Pulikowski 2011]. Wyższe stężenia Na^+ , Ca^{2+} oraz Mg^{2+} w wodach pobranych z punktów zlokalizowanych w leśnictwie Harbutowice mogą wynikać (oprócz geologii) z większego udziału jodły oraz buka, których

znaczny udział w zlewni zwiększa dopływ tych kationów do wód [Małek i in. 2010] w porównaniu do zdominowanych przez świerk obszarów alimentacyjnych ujęć w masywie Policy. Wyniki badań wskazują, że wody źródeł wypływające ze zbiornika alimentacyjnego porośniętego przez drzewostany mieszane z dużym udziałem buka cechują się wyższymi wartościami pH oraz koncentracją wapnia i magnezu w porównaniu z wodami źródeł porośniętych litymi drzewostanami świerkowymi [Małek i in. 2010; Małek, Krakowian 2012; Małek 2015; Jasik i in. 2017].

Wnioski

- ✦ Najlepszą jakością pod względem analizowanych parametrów charakteryzowały się wody z ujęć położonych powyżej 1000 m n.p.m., tj. w wyższych partiach masywu Policy. Odnotowano w nich zdecydowanie niższe stężenia siarczanów (około 4-6-krotnie).
- ✦ Wody z ujęcia, którego obszar alimentacyjny pokrywa teren użytkowany rolniczo, zaliczone zostały do III klasy jakości z powodu wysokich stężeń azotanów.
- ✦ Wody z ujęć, których obszar alimentacyjny pokrywały lasy z dużym udziałem buka i jodły, charakteryzowały się wyższymi stężeniami sodu, wapnia i magnezu oraz wyższą przewodnością w porównaniu do ujęć zlokalizowanych w drzewostanach z dużym udziałem świerka.
- ✦ Lokalizacja ujęć wód w bezpośrednim sąsiedztwie obszarów leśnych jest właściwa – tak jak to ma miejsce w przypadku gminy Sułkowice, przy rezerwacie przyrody Las Gościbia.

Literatura

- Assaletta L., García-Gómez H., Gimeno B. S., Rovira J. V. 2009. Agriculture-induced increase in nitrate concentrations in stream waters of large Mediterranean catchment over 25 years (1981-2005). *Science of the Total Environment* 407: 6034-6043.
- Calder I. R., Amezaga J., Aylward B., Bosch J., Fuller L., Gallop K., Gosain A., Hope R., Jewitt G., Miranda M., Porras L., Wilson V. 2004. Forests and water – closing the gap between public and science perceptions. *Water Sci. Technol.* 49 (7): 39-53.
- Guidelines for drinking-water quality. 2011. WHO Chronicle 38 (4): 104-8.
- Gutry-Korycka M., Sadurski A., Kundzewicz Z., Pociask-Karteczka J., Skrzypczyk L. 2014. Zasoby wodne i ich wykorzystanie. *Nauka* 1: 77-98.
- Humnicki W. 2007. Hydrogeologia Pienin. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Hus T., Pulikowski K. 2011. Content of Nitrogen Compounds in Waters Flowing Out of Small Agricultural Catchments. *Polish J. of Environ. Stud.* 20 (4): 895-902.
- Jasik M., Małek S. 2013. Quality assessment of spring water from the area of the Łysogóry Mts. in Świętokrzyski National Park in 2010. *Folia Forestalia Polonica A* 55 (1): 27-32.
- Jasik M., Małek S., Żelazny M. 2017. Effect of water stage and tree stand composition on spatiotemporal differentiation of spring water chemistry draining Carpathian flysch slopes (Gorce Mts). *Science of the Total Environment* 599-600: 1630-1637.
- Kholm P., Kallio K., Salo S., Pietiläinen O. P., Rekolainen S., Laine Y., Joukola M. 2000. Relationship between catchment characteristic and nutrient concentrations in an agricultural river system. *Water Research* 34 (15): 3709-3716.
- Kosmowska A., Żelazny M., Małek S., Siwek J. P. 2015. Wpływ wylesień na krótkoterminowe zmiany składu chemicznego wody w zlewni Potoku Malinowskiego (Beskid Śląski). *Sylwan* 159 (9): 778-790. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2015085>.
- Kozak J. 2009. Rozkład przestrzenny ditlenku siarki w okresie grzewczym 2005/2006 na obszarze Straconki (Bielsko-Biała). *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 38: 149-153.
- Małek S. 2015. Obieg biogeochemiczny w małych zlewniach leśnych z dużym udziałem świerka. W: Małek S. [red.]. *Ekologiczne i hodowlane uwarunkowania przebudowy drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim*. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków.
- Małek S., Astel A., Krakowian K., Opałacz J. 2010. Ocena jakości wód źródłanych w rejonie Skrzycznego i Baraniej Góry. *Sylwan* 154 (7): 499-505. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2009231>.
- Małek S., Gawęda T. 2006. Charakterystyka chemiczna źródeł Potoku Dupniańskiego w Beskidzie Śląskim. *Sylwan* 150 (3): 39-46. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.9200520>.
- Małek S., Krakowian K. 2012. The effect of deforestation on spring water chemistry on Skrzyczne (Silesian Beskid Mountains, Poland). *Journal of Forest Science* 58 (7): 308-313.

Miler A. T. 2008. Las i woda – wybrane zagadnienia. *Studia i Materiały CEPL* 2 (18): 24-32.

Pierzgalski E. 2008. Relacje między lasem a wodą – przegląd problemów. *Studia i Materiały CEPL* 2 (18): 13-23.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. 2016. *Dz. U.*, poz. 1187.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. 2015. *Dz. U.*, poz. 1989.