

WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ WPŁYWU PASTERSTWA OWIEC NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE I STAN SANITARNO-BAKTERIOLOGICZNY WÓD PODZIEMNYCH DRENOWANYCH PRZEZ ŹRÓDŁA W REJONIE PIENIN I BESKIDU SĄDECKIEGO

PRELIMINARY RESULTS OF THE INFLUENCE OF SHEEP GRAZING ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND THE SANITARY AND BACTERIOLOGICAL CONDITION OF GROUNDWATER DRAINED BY SPRINGS IN THE PIENINY MTS. AND THE BESKID SĄDECKI

MAGDALENA JERZAK¹

Abstrakt. Istotą badań przedstawionych w artykule jest wykazanie zależności pomiędzy sezonowością zmian właściwości fizykochemicznych wód podziemnych oraz stopniem ich bakteriologicznego zanieczyszczenia w rejonie pienińskich pastwisk owiec. Do badań wytypowano 10 poligonów badawczych z 28 źródłami, które objęto systematycznymi badaniami okresowymi prowadzonymi na przełomie kwietnia i maja, w sierpniu oraz w grudniu 2012 r. Badania terenowe obejmowały pomiar temperatury wód podziemnych, pH, przewodności elektrolitycznej właściwej oraz stężenia związków azotowych, jak również pobór próbek wód do oznaczeń stężeń jonów głównych w wodzie i badań bakteriologicznych.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie wód podziemnych, pasterstwo owiec, Pieniny.

Abstract. The objective of the research is to demonstrate the correlation between seasonal changes of the physicochemical properties of groundwater and the level of bacteriological pollution in the vicinity of sheep pastures. In order to test the research hypothesis, 10 research areas with 28 springs were selected that were systematically investigated during such periods: at the turn of April and May, August and December 2012. The seasonal field investigations included accurate measurements of groundwater temperature, water reaction, the electrical conductivity of water and the concentration of the nitrogen compounds. Water samples were collected in order to measure the concentrations of major ions and the bacteriological analyses.

Key words: groundwater pollution, sheep grazing, the Pieniny Mts.

WSTĘP

Z powodu postępującej degradacji hal tatrzańskich, w pierwszych latach po II wojnie światowej postanowiono radykalnie ograniczyć liczbę owiec wypasanych w Tatrach. Skutecznie zrealizowano projekt przerwania części stad na tereny połemkowskie, zlokalizowane w Małych Pieninach. Pierwszy Wielki Redyk z ośmioma tysiącami zwierząt

przybył w okolice Szczawnicy i Jaworek wiosną 1948 r. Pomimo że w dalszym ciągu pasterstwo stanowi jedną z ważniejszych gałęzi gospodarki regionu pienińskiego, dotychczas powstało niewiele prac badawczych, które pozwoliłyby jednoznacznie określić wpływ zintensyfikowanego pasterstwa owiec na jakość wód podziemnych.

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; mjerzak@student.uw.edu.pl

Z ważniejszych opracowań dotyczących Pienińskiego Parku Narodowego należy wymienić pracę Kostrakiewicza (1991), w której autor dokonał charakterystyki fizykochemicznej oraz bakteriologicznej wód źródeł uznając, że naturalne wypływy wód charakteryzują się korzystnym stanem bakteriologicznym, zaś trwałe zanieczyszczenia bakteriologiczne w wodach występują jedynie poniżej pól uprawnych, łąk, pastwisk i osad.

Wiele badań dokumentujących wpływ nawożenia pól uprawnych i wypasu, przede wszystkim na wody powierzchniowe i gleby, wykonano w Stacji Badawczej Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych w Jaworkach. Warto przytoczenia są zwłaszcza wyniki badań Jagły (1999), które wykazały, że pod wpływem wypasu w glebie i paszy następuje wzrost zawartości azotu ogólnego, potasu i magnezu oraz przyswajalnego fosforu.

Analizując wpływ użytkowania pastwiska górskiego na jakość wody w przepływającym poniżej potoku, Góra-Drożdż i Drożdż (1999) dowiedli, że na stan mikrobiologiczny wód potoku w większym stopniu oddziaływały zlokalizowane

w pobliżu gospodarstwa wiejskie niż intensywnie użytkowane pastwisko.

Na podstawie wyników wieloletnich badań obejmujących szczegółowe rozpoznanie hydrogeologiczne Pienińskiego Parku Narodowego, Małecka i Humnicki (2001, 2002) oraz Humnicki (2007) stwierdzili, że nie tylko wody powierzchniowe, ale również znaczna część wód podziemnych drenowanych źródłami charakteryzuje się niezadawalającym stanem bakteriologicznym, przy czym nie powiązali tego faktu jednoznacznie z wypasem owiec.

Z uwagi na to, że niewiele z dotychczasowych prac badawczych w jakikolwiek sposób opisuje wpływ pasterstwa owiec na właściwości wód podziemnych drenowanych źródłami, celem badań rozpoczętych w 2012 r. jest dokonanie oceny tego wpływu w wybranych poligonach badawczych Pienin i Beskidu Sądeckiego. Rozważenie opisanego zagadnienia jest istotne z punktu widzenia zaopatrzenia ludności w wodę, jak również w aspekcie oceny antropogenicznego przekształcenia chemizmu wód podziemnych na terenach prawnie chronionych.

METODY I ZAKRES BADAŃ

Do badań wytypowano 28 naturalnych wypływów wód podziemnych zgrupowanych w 10 poligonach badawczych, które poddano systematycznym badaniom okresowym prowadzonym zarówno w okresie jesienno-zimowym (grudzień 2012 r.), gdy chemizm wód podziemnych jest kształtowany głównie przez czynniki naturalne, oraz w miesiącach wiosenno-letnich (kwiecień–maj, sierpień 2012 r.), gdy na właściwości fizykochemiczne wód mogły mieć wpływ również czynniki antropogeniczne związane z pasterstwem owiec.

Część wytypowanych poligonów badawczych jest zlokalizowana na obszarze Pienińskiego Parku Narodowego lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie (Hala Majerz, Toporzysko, Podskale i Cisówka), zaś pozostałe poligony usytuowane są na terenie Małych Pienin (Biała Woda, Za Homole i zlewnia Krupianki) lub w Beskidzie Sądeckim (zlewnie potoków: Niterbog, Szlachtowski i Pod Jasielnik) (fig. 1).

W toku badań przeprowadzonych w 2012 r. wykonano łącznie 60 terenowych pomiarów wskaźnikowych wód podziemnych drenowanych źródłami usytuowanymi w rejonie pienińskich pastwisk owiec. Obejmowały one pomiar temperatury wód za pomocą termometru hydrogeologicznego o

dokładności 0,1°C, pH wód przy użyciu pehametru marki Voltcraft, przewodności elektrolitycznej właściwej za pomocą konduktometru marki Elmetron oraz zawartości jonu amonowego, azotanowego (V), azotanowego (III) i fosforanowego przy użyciu fotometru marki Slandi. Pomierzono również wydajność źródeł metodą wolumetryczną przy użyciu worka, wycechowanego naczynia i stopera.

W ramach badań laboratoryjnych wykonano 60 analiz obejmujących oznaczenie zawartości jonów głównych w wodach (wodorowęglanowy, chlorkowy, wapniowy i magnezowy) metodą miareczkowania oraz jonów siarczanowych, sodowych i potasowych metodami spektrofotometrycznymi. W 47 pobranych próbkach wody wykonano oznaczenia ogólnej liczby mikroorganizmów w 1 ml badanej wody metodą płytkową na agarze odżywczym, liczby bakterii z grupy coli i *Escherichia coli* w 100 ml badanej wody metodą filtrów membranowych na Agarze Endo LES oraz liczby bakterii z grup *Salmonella* i *Shigella* w 100 ml badanej wody metodą filtrów membranowych na Agarze SS. Oznaczenia bakteriologiczne wykonywano w dwu- lub trzykrotnym powtórzeniu.

CHARAKTERYSTYKA PRZYRODNICZA POLIGONÓW BADAWCZYCH

Pod względem geologicznym wytypowane poligony badawcze są zlokalizowane w obrębie dwóch karpackich jednostek geologicznych. Zdecydowana większość usytuowana jest w granicach pienińskiego pasa skałkowego (Pieniny Właściwe i Małe Pieniny), pozostałe zaś znajdują się na obszarze Beskidu Sądeckiego, należącego do płaszczowiny ma-

gurskiej fliszowych Karpat zewnętrznych. Źródła usytuowane na obszarze pienińskiego pasa skałkowego drenują głównie wody podziemne ze środkowojurajskich ciemnych łupków i piaskowców należących do serii skałkowych, a także z późnokredowych i paleogeńskich utworów łupkowo-piaskowcowych osłony skałkowej. Źródła Beskidu Sądec-

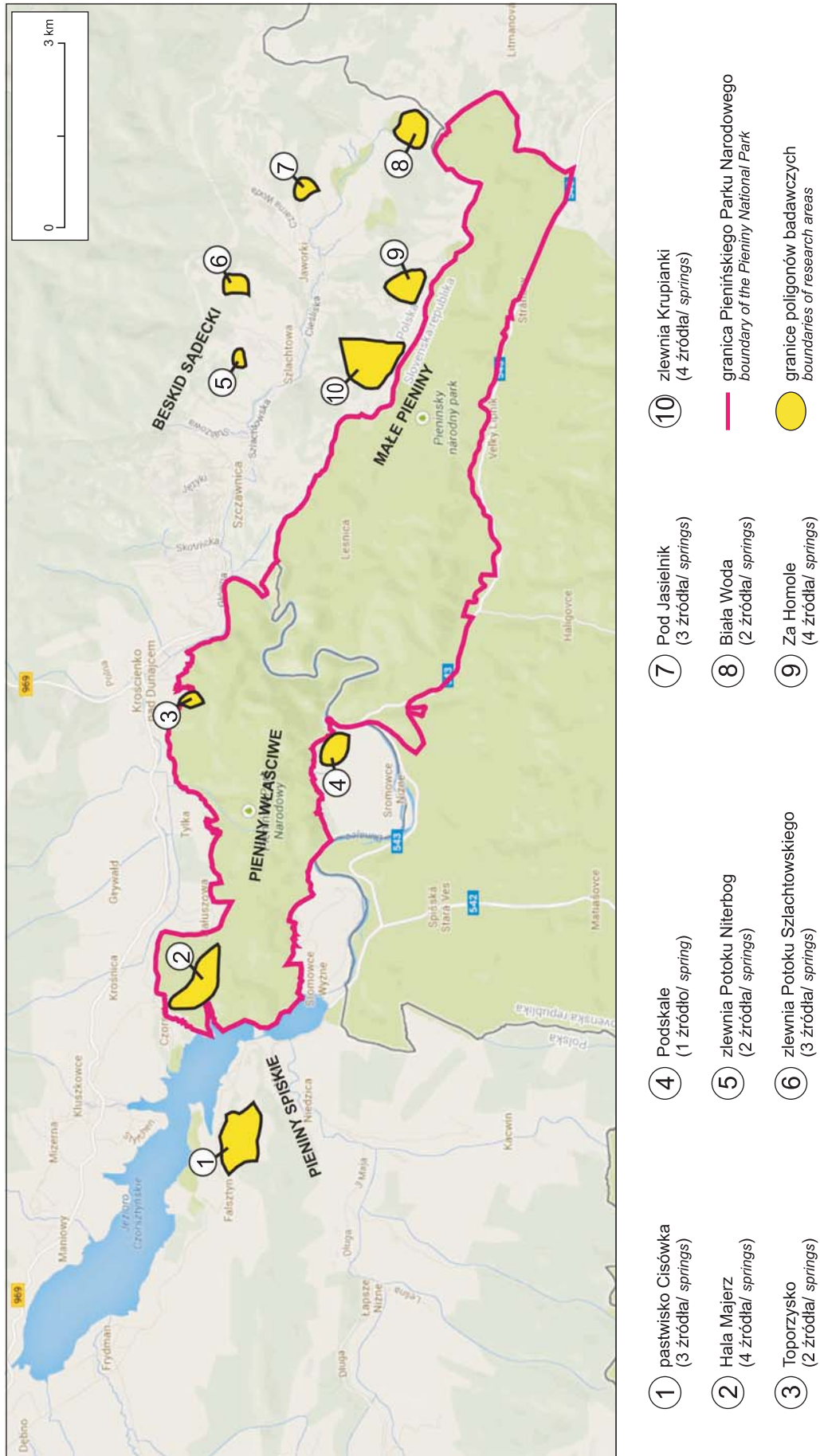


Fig. 1. Lokalizacja poligonów badawczych

The location of the research areas

kiego drenują natomiast wody podziemne z paleogeńskich piaskowców z wkładkami łupków. Część źródeł, zlokalizowanych w Małych Pieninach, znajduje się na obszarze występowania glin zwietrzelinowych zaliczanych do czwartorzędu (Golonka, Rączkowski, 1981).

Pod względem hydrogeologicznym większość wytypowanych poligonów badawczych jest usytuowana na obszarze, który nie został dotychczas objęty szczegółową charakterystyką hydrogeologiczną z uwagi na dużą zmienność budowy geologicznej i na ogół niską wodonośność tego rejonu (Chowaniec i in., 1997). Jedynie trzy poligony badawcze tj. część Hali Majerz, rejon Toporzyska i zlewnia Potoku Szlachtowskiego, są usytuowane na obszarze występowania paleogeńskiego poziomu wodonośnego wykształconego w stropowej, spękanej części fliszowych utworów piaskowcowych

z wkładkami łupków. Jakość wód podziemnych tego poziomu jest określana jako dobra, lecz nietrwała z powodu braku izolacji. Według uproszczonej regionalizacji zwykłych wód podziemnych, przyjętej przez Paczyńskiego i Sadurskiego (2007), wytypowane poligony badawcze znajdują się w obrębie XV jednostki hydrogeologicznej – regionie karpackim.

Wśród 28 wytypowanych źródeł znajdują się zarówno źródła stałe, jak i okresowe, zdecydowanie przeważają źródła descenzyjne nad ascenzyjnymi (np. źródło nr 11 w zlewni potoku Niterbog), źródła drenujące utwory skalno-pokrywowe dominują nad źródłami skalnymi i pokrywowymi, a wydajności poszczególnych wypływów wahają się od 0,1 (źródło nr 7 Hali Majerz) do 1,5 L/s (źródła potoku Krupianki). Różnorodność typów i rodzajów źródeł jest wynikiem skomplikowanej budowy geologicznej regionu pienińskiego.

WYNIKI BADAŃ

Już na podstawie wstępnych wyników przeprowadzonych badań można wysnuć wniosek, że większa intensywność prowadzonego wypasu owiec powoduje istotne zmiany we właściwościach fizykochemicznych wód podziemnych. Poniżej zostaną przedstawione jedynie wybrane właściwości wód, które w widoczny sposób dokumentują wpływ pasterstwa owiec na chemizm wód podziemnych. Ponadto w celu przedstawienia zmienności wybranych właściwości wód w różnych okresach badawczych, do szczegółowej interpretacji wybrano 10 źródeł charakteryzujących się wpływem stałym w 2012 r.

W okresie największej intensywności prowadzonego wypasu (sierpień 2012 r.) w wodach podziemnych pobranych w rejonach pasterskich zauważono spadek wartości pH wód w stosunku do jego wartości pomierzonej w miesiącach przed (kwiecień–maj 2012 r.) i po zakończeniu wypasu (grudzień 2012 r.). Jest to szczególnie widoczne w przypadku wód źródła nr 10 na Podskalju (spadek pH z 8,3 do 8,08), źródła nr 23 rejonu Homoli (spadek pH z 7,94 do 7,75) oraz źródeł nr 25, 26 i 27 usytuowanych w zlewni Krupianki (Fig. 2).

Ponadto ze wstępnych badań wynika, że na obszarach o większej intensywności wypasu owiec stężenia jonu potasowego i sodowego w wodach podziemnych wyraźnie wzrastają, z tym że wzrost zawartości jonu sodowego następuje bardzo szybko w okresach intensywnego wypasu w przeciwieństwie do stężenia jonu potasowego, którego koncentracja wzrasta znacznie wolniej, ale utrzymuje się w wodach znacznie dłużej (fig. 3). Najniższą zawartość jonu sodowego (0,25 mg/L) oraz najniższe stężenie jonu potasowego (0,25 mg/L) odnotowano w wodach źródła nr 23 na obszarze Homoli w kwietniu-maju 2012 r. Najwyższą zawartość jonu sodowego równą 4,97 mg/L oznaczono natomiast w wodach źródła nr 6 Hali Majerz w sierpniu 2012 r., zaś najwyższą koncentrację jonu potasowego w wodach tego źródła zmierzono w grudniu 2012 r. (2,15 mg/L).

Z analizy zebranych danych wynika, że istnieje grupa właściwości fizykochemicznych wód, które w sposób jednoznaczny obrazują wpływ pasterstwa owiec na chemizm wód podziemnych. Należą do nich m.in. związki azotowe. Maksymalne stężenie jonu azotanowego (V), wynoszące 11,7 mg/L, stwierdzono w źródle nr 13 znajdującym się na terenie zlewni potoku Szlachtowskiego, gdzie wypas jest prowadzony mniej intensywnie niż ma to miejsce w rejonie źródła nr 6 usytuowanego na Hali Majerz, gdzie zawartość jonów azotanowych (V) nie przekroczyła 0,6 mg/L (fig. 4). Podobną tendencję zauważono w odniesieniu do jonów azotanowych (III), których zawartość w wodach poszczególnych źródeł nie przekroczyła 0,02 mg/L (źródło nr 10 na Podskalju oraz źródło nr 25 w zlewni Krupianki), oraz jonów

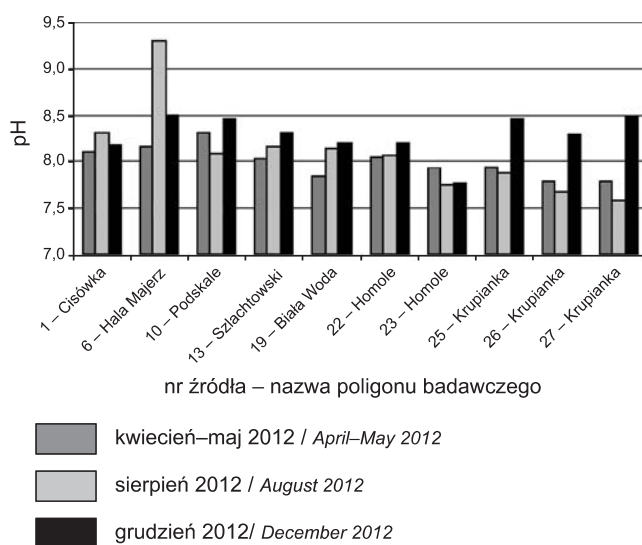


Fig. 2. Wartość pH wód w poszczególnych źródłach

pH in selected springs

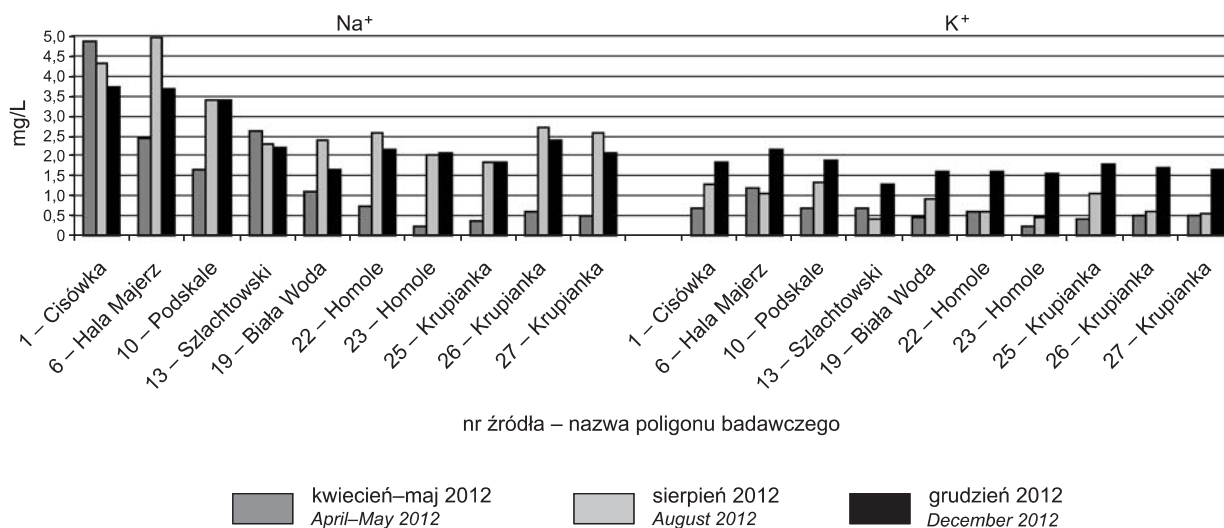


Fig. 3. Zawartość jonu sodowego i potasowego w wodach poszczególnych źródeł [mg/L]

The concentrations of potassium and sodium ions in selected springs [mg/L]

amonowych, których najwyższą koncentrację stwierdzono w źródle nr 19 w Białej Wodzie i wynosiła ona zaledwie 0,7 mg/L.

Problematycznym wskaźnikiem zanieczyszczeń w odniesieniu do zanieczyszczeń pochodzących z pastwisk owiec jest zawartość jonu chlorkowego, który jest powszechnie uznawany za jeden z głównych wskaźników antropogenicznego zanieczyszczenia wód. W całym okresie badawczym stężenie tego jonu w wodach wytypowanych źródeł nie przekroczyło bowiem 10,9 mg/L (źródło nr 4 na Hali Majerz) (fig. 5). Zauważono również, że wzrost koncentracji jonu

chlorkowego w wodach źródeł następuje w grudniu po zakończeniu wypasu, zatem z pewnym opóźnieniem.

Większa intensywność prowadzonego wypasu owiec determinuje występowanie w wodach większej liczby różnych grup mikroorganizmów, w tym również mikroorganizmów chorobotwórczych. W sierpniu, w okresie największej intensywności prowadzonego wypasu owiec, w wodach podziemnych pobranych ze źródeł w rejonach, gdzie wypas owiec jest niewielki i jedynie sporadyczny, ogólna liczba mikroorganizmów wyniosła poniżej 150 jtk (jtk – jednostki tworzące kolonie) na 1 mL badanej wody (Jasielnik, Topo-

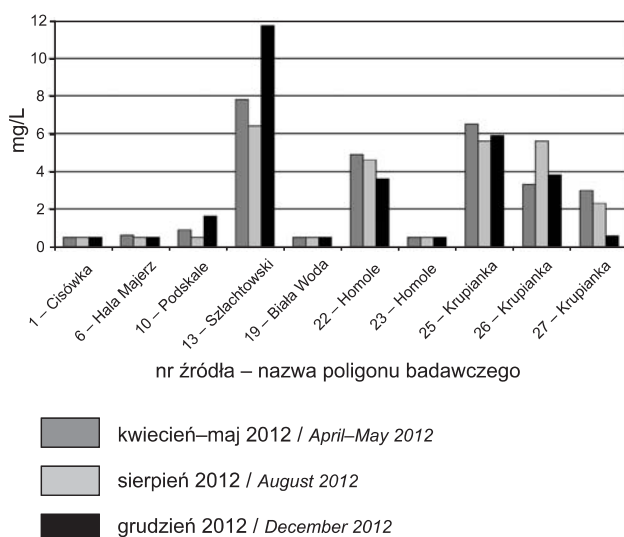


Fig. 4. Zawartość jonów azotanowych (V) w wodach poszczególnych źródeł [mg/L]

The concentration of nitrate ions in selected springs [mg/L]

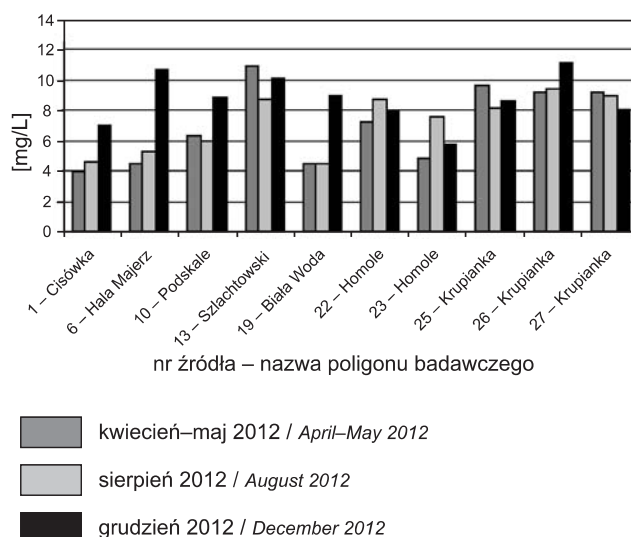


Fig. 5. Zawartość jonów chlorkowych w wodach poszczególnych źródeł [mg/L]

The concentration of chloride ions in selected springs [mg/L]

Tabela 1

Średnia liczba mikroorganizmów w wodach poszczególnych źródeł pomierzona w sierpniu 2012 r.

The count microorganisms in selected springs – August 2012

Numer źródła i rejon	Ogólna liczba mikroorganizmów w 1 ml wody [jtk]	<i>Escherichia coli</i> w 100 ml wody [jtk]	<i>Shigella</i> sp. w 100 ml wody [jtk]	Obecność <i>Salmonella</i> sp.
17 – Jasielnik	90	70	80	nie
8 – Toporzysko	120	80	40	nie
6 – Hala Majerz	>6000	1010	0	nie
10 – Podskale	>6000	650	0	nie
25 – Krupianka	3000	160	470	nie
13 – Szlachtowski	1220	30	20	tak
19 – Biała Woda	>6000	10	0	tak
25 – Krupianka	3000	160	470	tak

rzysko) (tab. 1). Natomiast na obszarach, gdzie wypas jest prowadzony bardzo intensywnie, ogólna liczba mikroorganizmów w 1 mL wody przekroczyła 6000 jtk (Hala Majerz, Podskale). Podobną tendencję zauważono w odniesieniu do oznaczonej liczby bakterii *Escherichia coli*. Na obszarach pasterskich liczba kolonii tej bakterii dochodziła do 1010 na 100 ml wody (źródło nr 6 na Hali Majerz), podczas gdy w re-

jonach niedotkniętych wpływem wypasu wielkość ta nie przekraczała 80 kolonii w 100 ml wody (Toporzysko, Jasielnik). Jedynie w ośmiu próbkach udało się wyhodować kolonie *Salmonella* sp. Próbkę zawierającą kolonie tej bakterii pobrano ze źródeł dotkniętych wpływem intensywnego wypasu owiec, m.in.: nr 13, nr 19 oraz nr 25 zlokalizowanych w Małych Pieninach.

WNIOSKI

1. Wstępne wyniki badań dowodzą, że wpływ pasterstwa owiec na chemizm i stan sanitarno-bakteriologiczny wód podziemnych Pienin i Beskidu Sądeckiego jest dostrzegalny i zaznacza się także w miesiącach po zakończeniu wypasu.

2. W miesiącach, w których jest prowadzony wypas, wpływ ten przejawia się niższymi wartościami pH, wyższymi

mi stężeniami jonu sodowego i potasowego oraz wysoką liczbą mikroorganizmów i bakterii *Escherichia coli*.

3. Problematycznym wskaźnikiem zanieczyszczeń w odniesieniu do zanieczyszczeń pochodzących z pastwisk owiec wydają się być zawartości związków azotowych i jonów chlorkowych.

LITERATURA

- CHOWANIEC J., WITEK K., LASKOWICZ I., 1997 — Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Piwniczna. MOŚZNiL, Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GOLONKA J., RĄCZKOWSKI W., 1981 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Piwniczna. Wyd. Geol., Warszawa.
- GÓRA-DROŹDŹ E., DROŹDŹ A., 1999 — Wpływ użytkowania pastwiska górskiego na jakość wody w przepływającym poniżej potoku. *W: Szata roślinna jako wielofunkcyjna dominanta ilościowo-jakościowych zasobów wodnych w górach. Mater. seminaryjne*, **42**: 85–90.
- HUMNICKI W., 2007 — Hydrogeologia Pienin. Wyd. UW, Warszawa.
- JAGŁA S., 1999 — Wpływ wieloletniego, intensywnego wypasu owiec na skład botaniczny runi i środowisko glebowe. *W: Szata roślinna jako wielofunkcyjna dominanta ilościowo-jakościowych zasobów wodnych w górach. Mater. seminaryjne*, **42**: 185–197.
- KOSTRAKIEWICZ L., 1991 — Charakterystyka fizyczno-chemiczna oraz bakteriologiczna wybranych źródeł Pienińskiego Parku Narodowego i jego okolicy. *Ochrona Przyr.*, **49**: 129–139.
- MAŁECKA D., HUMNICKI W., 2001 — Stan rozpoznania hydrogeologicznego Pienińskiego Parku Narodowego. *Współczesne Problemy Hydrogeologii*, **10**, 1: 45–54. Wrocław.
- MAŁECKA D., HUMNICKI W., 2002 — Problemy hydrogeologii i ochrony wód Pienińskiego Parku Narodowego. *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **7**: 49–70.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 — Hydrogeologia regionalna Polski. T. 1. Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

SUMMARY

The main objective of the research is to estimate the influence of sheep grazing on the physicochemical properties, the sanitary and bacteriological conditions of the groundwater in 10 selected areas with 28 springs of the Pieniny Mountains and the Beskid Sądecki. The preliminary findings of the hydrogeological investigations in the vicinity of sheep pastures demonstrated that the influence of the sheep grazing

on groundwater conditions is noticeable in lower water reaction, higher concentrations of potassium and sodium ions and also in a high quantity of *Escherichia coli*. Moreover, a very interesting and surprising observation is that the concentrations of nitrate ions and chloride ions are not reliable indicators of groundwater pollution.

