

## OCENA PRZYDATNOŚCI DO SPOŻYCIA WODY ZE ŹRÓDŁA W LEŚNIOWIE (POLSKA POŁUDNIOWA)

Dominika Dąbrowska, Marek Ruman, Wojciech Rykała

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk Przyrodniczych, Sosnowiec

### STRESZCZENIE

Naturalne źródła są jednym z potencjalnych źródeł zaopatrzenia w wodę. Rosnąca działalność antropogeniczna, nieodpowiednie warunki sanitarne oraz intensywne opady deszczu to istotne czynniki zagrażające utrzymaniu odpowiedniej jakości wody w źródłach. Badania fizykochemiczne i mikrobiologiczne przeprowadzono w dwóch seriach pomiarowych wody ze źródła w Leśniowie (Polska południowa). Wyniki badań porównano z dopuszczalnymi wartościami dla wody pitnej i dla tych parametrów obliczono wartość wskaźnika zanieczyszczenia Nemerowa (NPI). Średnia przewodność wody w tym źródle wynosi ok. 390  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH ok. 7, a ze względu na zasadowość wodę można zaklasyfikować jako twardą. Wartości NPI wahały się od około 33 do około 3, co wynikało z dużej zawartości rtęci zmierzonej w pierwszej próbce. Dodatkowo w pierwszej serii pomiarowej liczba bakterii z grupy coli osiągnęła 35 jtk/100 ml, a całkowita liczba drobnoustrojów w temperaturze  $22\pm 2^\circ\text{C}$  osiągnęła 27 jtk/ml. Wartości te wskazują na zanieczyszczenie wody, które w przypadku spożycia może stanowić istotne zagrożenie dla zdrowia ludzi. Druga seria pomiarów wykazała mniejsze wartości zanieczyszczeń, jednak uzyskane wcześniej wyniki sugerują, że konieczna jest kontrola jakości wody w źródłach oraz kontrola pobliskich źródeł zanieczyszczeń.

**Słowa kluczowe:** źródło, wskaźnik zanieczyszczenia Nemerowa, mikrobiologia, woda pitna, Wyżyna Krakowsko-Częstochowska.

---

### ARTICLE INFO

PoiHypRes 2023 Vol. 85 Issue 4 pp. 83 – 96

ISSN: 1734-7009 eISSN: 2084-0535

DOI: 10.2478/phr-2023-0024

strony: 14, rysunki: 4 tabele: 1

page **www of the periodical:** [www.phr.net.pl](http://www.phr.net.pl)

#### Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

Typ artykułu: oryginalny

Termin nadestania: 19.08.2023 r.

Termin zatwierdzenia do druku: 17.10.2023 r.



## WSTĘP

Źródła to naturalne, samoistne wypływy wód podziemnych na powierzchnię ziemi. O właściwościach fizykochemicznych wody w źródłach decydują przede wszystkim warunki geologiczne, warunki klimatyczne, a także zagospodarowanie terenu, klimat i użytkowanie gruntów [1,2,3]. Woda w źródłach pojawia się na powierzchni także na skutek warunków tektonicznych, czyli sieci uskokiów, spękań czy kontaktu ze skałami. Źródła są elementem systemu wód powierzchniowych i podziemnych [4,5], dlatego są bardzo podatne na zanieczyszczenia i oddziaływania antropogeniczne [6]; [7,8] Topografia terenu oraz sposób zagospodarowania przestrzennego to główne czynniki, które mogą mieć wpływ na wielkość zanieczyszczeń [9]. Należy zaznaczyć, że ładunek zanieczyszczeń może także wzrastać wraz ze wzrostem opadów, migracją odcieków ze składowisk, oczyszczalni ścieków czy rur kanalizacyjnych [10,11,12]. Woda ze źródeł ma różną jakość także ze względu na zawartość mikroorganizmów oraz zmiany składu chemicznego na skutek np. procesów wietrzenia czy ługowania [13].

Należy także pamiętać, że źródła mogą wspierać działalność gospodarczą, a także wpływać na walory estetyczne i rekreacyjne krajobrazu. Hydrologia i ekologia źródeł są często ściśle powiązane ze zmianami w interakcjach wód powierzchniowych i podziemnych. Na całym świecie około 30% słodkiej wody to wody podziemne, na które wpływają zmiany klimatu i działalność antropogeniczna [14]. Ochroną powinny być objęte także wody źródlane ze względu na ich częste wykorzystywanie jako źródła wody pitnej [15]. Źródła odzwierciedlają skład mineralny skał w otaczających je procesach geologicznych, a obecność minerałów w wodzie źródlanej uważa się za korzystną dla zdrowia [16,17]. Chociaż woda w źródłach może mieć pozytywny wpływ na zdrowie człowieka, zanieczyszczenie i złe warunki sanitarne mogą mieć negatywny wpływ na zdrowie, powodując choroby żołądkowo-jelitowe i choroby wątroby [18].

Źródła można opisać pod kątem hydrologicznych, hydrogeologicznych, bakteriologicznych, a także biologicznych aspektów fauny i flory występującej na ich obszarze [19,20]. Właściwości hydrogeologiczne i geochemiczne źródła wpływają na jakość, prędkość i przepływ wody [21]. Czynniki naturalne i antropogeniczne mogą zmieniać właściwości wody źródlanej i prowadzić do jej skażenia.

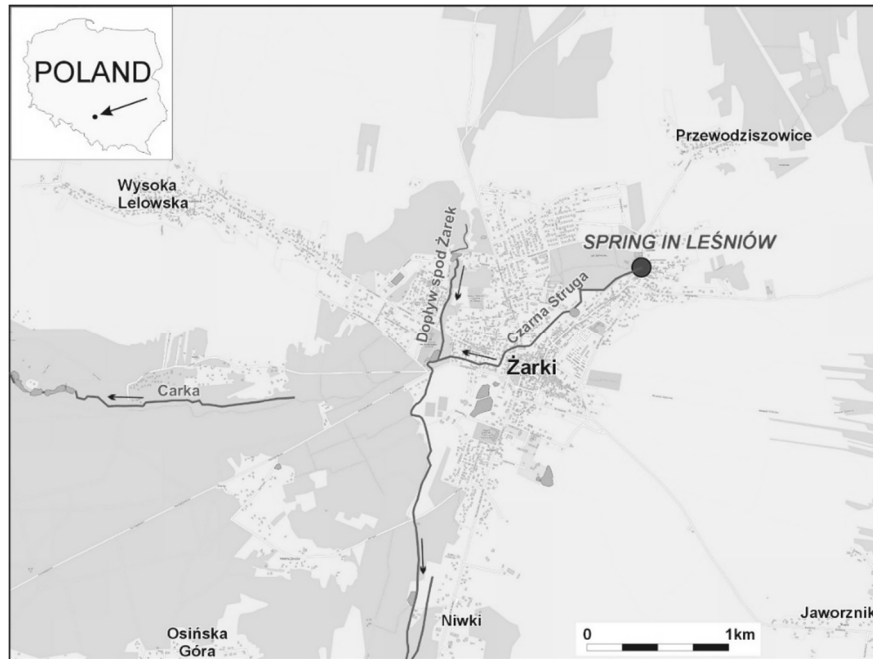
W artykule zwrócono uwagę na aspekty hydrologiczne i hydrogeologiczne oraz skład bakteriologiczny. Pojawiające się zanieczyszczenia organiczne są ważnym wskaźnikiem mikrozanieczyszczeń antropogenicznych, które w środowiskach wodnych są trudne do oceny ze względu na ich niskie stężenia. Jest to jednak jeden z najważniejszych tematów ostatnich lat, który może pomóc w prowadzeniu działań w zakresie monitorowania i oczyszczania jakości wody [22,23]. Podobnie ważną rolę odgrywa określenie zawartości mikroorganizmów w wodach źródłanych i ich znaczenia dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemów wodnych [24]. W wodach źródłanych często obserwuje się mikroorganizmy – w tym patogeny i potencjalne patogeny – które mogą stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia i dobrostanu człowieka.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań jakości wody źródlanej w źródle w Leśniowie (południowa Polska). Źródło to zostało wybrane do badań ze względu na fakt, że jest stale użytkowane przez mieszkańców, turystów i pielgrzymów oraz ze względu na warunki geologiczno-hydrogeologiczne, które zwiększają podatność tych wód na zanieczyszczenia. Uwzględniono wyniki analiz chemicznych, składu bakteriologicznego i pomiarów hydrometrycznych.

## OBSZAR BADAŃ

Badaniami objęto źródło Leśniów, które położone jest w gminie Żarki (południowa Polska) na wysokości 345 m n.p.m. Pod względem regionalizacji fizycznej i geograficznej, według Kondrackiego (2000), leży ono w makroregionie Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej i mezoregionie Wyżyny Częstochowskiej. Źródło jest całkowicie obetonowane, a na wylocie zamontowane są krany ułatwiające pobór wody. Ze względu na to, że źródło znajduje się na terenie Sanktuarium Matki Bożej Leśniowskiej, wodę czerpią pielgrzymi i turyści. Woda wypływa kamienną rynną.

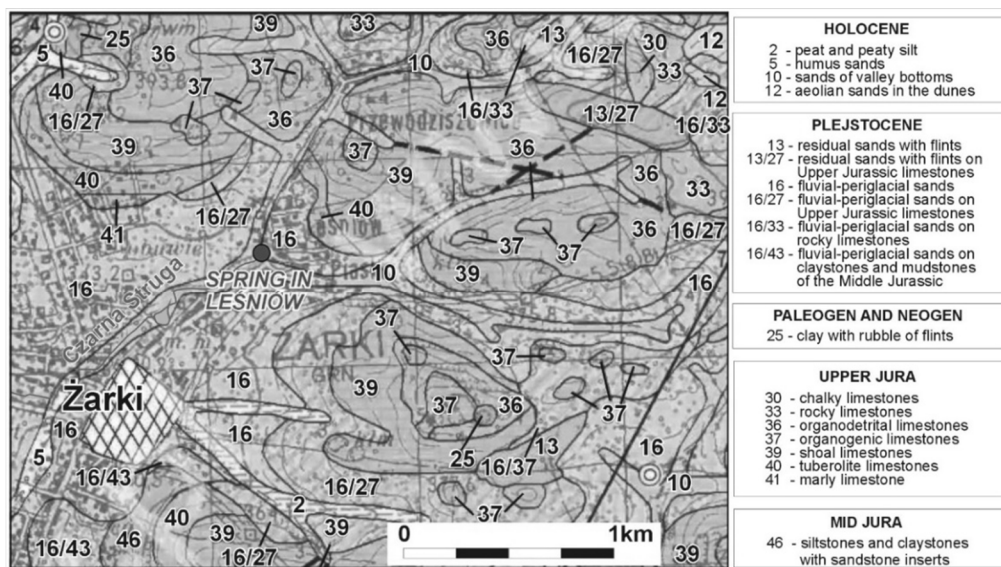
Średnia roczna temperatura powietrza wynosi tu 7,5 – 8,0°C. Opady atmosferyczne zasilają warstwy wodonośne. Opady dominują w półroczu letnim (maksimum przypada na lipiec). Średnie roczne opady wynoszą około 750 mm. Najwyższa wilgotność względna występuje w listopadzie i grudniu. Hydrograficznie źródło w Leśniowie leży w zlewni Leśniówki, będącej prawobrzeżnym dopływem zlewni III rzędu – Warty (ryc. 1). Źródło w Leśniowie zaliczane jest do źródeł stokowych i szczelinowych.



Ryc. 1. Obszar badań.

W profilu geologicznym w sąsiedztwie źródła w Leśniowie wyróżnia się trzy poziomy strukturalne – poziom fałdu waryscyjskiego, poziom piętra alpejskiego i utwory kenozoiczne. Utwory paleozoiku, przecięte erozją, przykryte są utworami epikontynentalnymi triasu i jury, tworząc fragment monokliny śląsko-krakowskiej. Miąższość utworów mezozoiku w tym rejonie wynosi około 700 m [25,26].

Utwory jury górnej reprezentowane są przez wapień skaliste, wapień ławicowe i wapień płytowe z wkładkami margli, należące do górnej części oksfordu środkowego i oksfordu górnego [27]. Wapień ławicowe występujące na tym obszarze spokrewnione są z wapieniami tuberolitowymi. Miąższość ławic waha się od 30 do 100 cm. Wstawki margliste w tym obszarze nie przekraczają 5 cm. Wapień skaliste są masywne, twarde i zwarte, o barwie od białej do jasnokremowej. Wapień płytowe to wapień margliste cienkowarstwowe, których grubość warstwy wynosi około 10 cm. Osady czwartorzędowe to piaski i żwiry rzeczne o miąższości do 50–70 m [28]. Na tym obszarze występują także osady piaszczyste i piaszczysto-mulaste wypełniające obniżenia dolin. Miąższość tych osadów waha się od 2 do 20 m. Na powierzchni można zaobserwować piaski, piaski i żwiry fluwioglacjalne z zlodowacenia Odry (ryc. 2).



Ryc. 2 Mapa geologiczna obszaru badań.

Opisywane źródło zlokalizowane jest w rejonie głównego zbiornika wód podziemnych – Krzeszowice-Pilica. Jest to zbiornik szczelinowo-krasowo-porowaty związany z utworami jury górnej. Porowatość skał jurajskich wynosi średnio 9,3%. W przewodzeniu wody zasadniczą rolę odgrywa system spękań, szczelin i pustek krasowych.

Poziom wodonośny czwartorzędu charakteryzuje się brakiem ciągłości i niskimi zasobami. W rejonie opisywanego źródła poziom ten ma niewielkie znaczenie. Miąższość warstwy wodonośnej nie przekracza 5 metrów. Ze względu na bezpośrednie zasilanie strefy czwartorzędowej oraz niewielką miąższość strefy aeracji, znajdujące się tam wody są w dużym stopniu narażone na zanieczyszczenia. Głównym piętrem wodonośnym na analizowanym obszarze badawczym jest piętro jurajski. Składa się z dwóch poziomów wodonośnych. Opisywane źródło zlokalizowane jest w obrębie warstwy wodonośnej związanej z piaskami i piaskowcami warstw kościeliskich (jura środkowa). Miąższość warstwy wodonośnej waha się od 12 do 43 m, a współczynnik filtracji od 0,27 do 5,79 m/d. Największe wartości osiąga się na wychodniach pod utworami czwartorzędowymi. Utwory jurajskie są słabo przewodzące [29]. Regionalny odpływ z tego poziomu wodonośnego następuje w kierunku północno-wschodnim. Głębokość do pierwszego poziomu wodonośnego na tym obszarze waha się od 2 do 5 metrów. Pole hydrodynamiczne na terenie Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej wskazuje na istnienie szeregu podziałów wód podziemnych. Podstawą drenażu są źródła. Woda zaliczana jest do II klasy jakości, czyli wody wymagającej prostego uzdatniania. O ocenie podatności [30,31,32] wód podziemnych na zanieczyszczenia determinowały takie czynniki, jak warstwa gleby, właściwości hydrogeologiczne (rodzaj podłoża skalne zarówno w strefie aeracji, jak i nasycenia), układ hydrodynamiczny oraz rodzaje zanieczyszczeń. Uwzględnione wody podziemne znajdują się na obszarze o bardzo dużym stopniu podatności na zanieczyszczenia, dla którego czas dotarcia zanieczyszczeń określono na niespełna 5 lat [33].

## METODYKA

Badania w źródłach obejmowały dwie serie pomiarowe przeprowadzone w listopadzie 2023 r. i lutym 2024 r. Podczas wyjazdów terenowych wykonano pomiary przepływów oraz pobrano próbki wody do analiz fizykochemicznych i bakteriologicznych. Analizy fizykochemiczne i bakteriologiczne wykonano w akredytowanym laboratorium. Wyniki obu serii zostały dwukrotnie sprawdzone przez laboratorium, aby zmniejszyć ryzyko błędów pomiaru. W zakresie parametrów fizykochemicznych wartości przewodności elektrycznej, pH, Ca, Na, K, Mg, Fe, Al, Mn, Ni, Cu, Sr, S, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, azot Kjeldahla, OWO, Pb, Cd, Cr, Hg, Zn, kwasowość i zasadowość. Potencjalną obecność patogenów w wodach środowiskowych można wywnioskować poprzez monitorowanie bakterii z grupy coli, enterokoków, *P. aeruginosa* i *C. perfringens*. Dodatkowo zaleca się oznaczenie bakterii z grupy coli jako wskaźnika stopnia niedawnego skażenia odchodami [34].

Natężenie przepływu uzyskano dzieląc objętość pojemnika przez czas napełniania. W celu zwiększenia wiarygodności pomiaru wykonano trzy różne pomiary i zapisano wartość średnią. Do pomiaru wypływu wykorzystano metodę kubełkową [35].

Wartości głównych jonów w wodzie źródłowej odniesiono do wartości naturalnego tła hydrogeochemicznego wyznaczonego w pracy Siwka i Baścika [36] dla wód poziomu wodonośnego jury na tym obszarze. Tło hydrogeochemiczne zdefiniowano jako wartość 90. percentyla w empirycznym rozkładzie stężeń danego jonu w populacji [37]. Górne wartości graniczne tła ustalono na poziomie 137,9 mg/l dla wapnia, 17,3 mg/l dla magnezu, 9,8 dla sodu, 6,2 mg/l dla potasu, 400, 4 mg/l dla wodorowęglanów, 63,1 dla siarczanów, 26,9 mg/l dla chlorków, 32,2 mg/l dla azotanów. Dodatkowo uzyskane wyniki analiz fizykochemicznych oraz składu bakteriologicznego porównano z wartościami zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. z 2017 r., poz. 2294).

Dodatkowo dla wszystkich parametrów wymienionych w rozporządzeniu obliczono wskaźnik Nemerowa [38]. Wskaźnik zanieczyszczenia Nemerowa (NPI) jest jedną z najpopularniejszych metod oceny stanu jakości wód [39]. Oblicza się go na podstawie następującego wzoru:

$$NPI = \frac{C_i}{L_i}$$

gdzie:

C<sub>i</sub> – zmierzona wartość i-tego parametru

L<sub>i</sub> – dopuszczalna wartość i-tego parametru

Wartość wskaźnika < 1 oznacza zanieczyszczenie niskie, wartość od 1 do 3 oznacza zanieczyszczenie umiarkowane, wartość od 3 do 6, a pozostałe wartości oznaczają zanieczyszczenie bardzo duże. Jako dopuszczalne wartości poszczególnych parametrów przyjęto dane z rozporządzenia. Wskaźnik NPI obliczono dla następujących parametrów: EC, Na, Mg, Fe, Al, Mn, Ni, Cl, SO<sub>4</sub>, związków azotu, Pb, Cd, Cr i Hg.

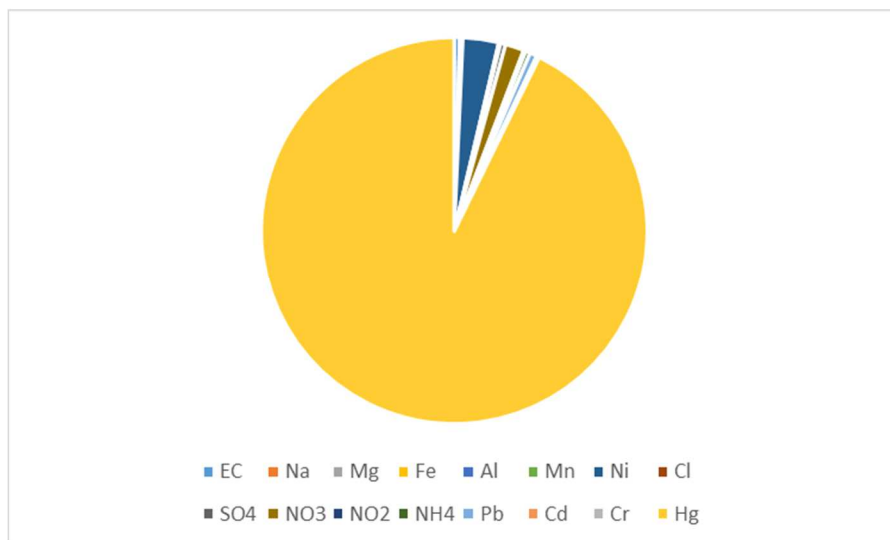
## WYNIKI I DISKUSJA

Wyniki pomiarów wydajności źródła wyniosły 0,22 l/h w listopadzie 2023 r. i 0,31 l/h w lutym 2024 r. Uzyskane wartości biologiczne i fizykochemiczne porównano z normami jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi i dla tych parametrów obliczono wartości NPI. Za wyjątkiem parametrów biologicznych – liczby bakterii coli, liczby *Escherichia coli*, które przekraczały zalecane limity (0 CFU/100 ml) dla wody pitnej i zawartości rtęci, wszystkie pozostałe parametry fizykochemiczne mieściły się w granicach dopuszczalnych norm. Wartość przewodności właściwej w pierwszej serii pomiarowej wyniosła 384 μS/cm, a w drugiej 399 μS/cm. Wartości większości parametrów w większości przypadków kształtowały się na poziomie kilkunastu procent normy dla wody pitnej (tab. 1).

Wyniki analiz fizykochemicznych i bakteriologicznych w obu seriach pomiarowych.

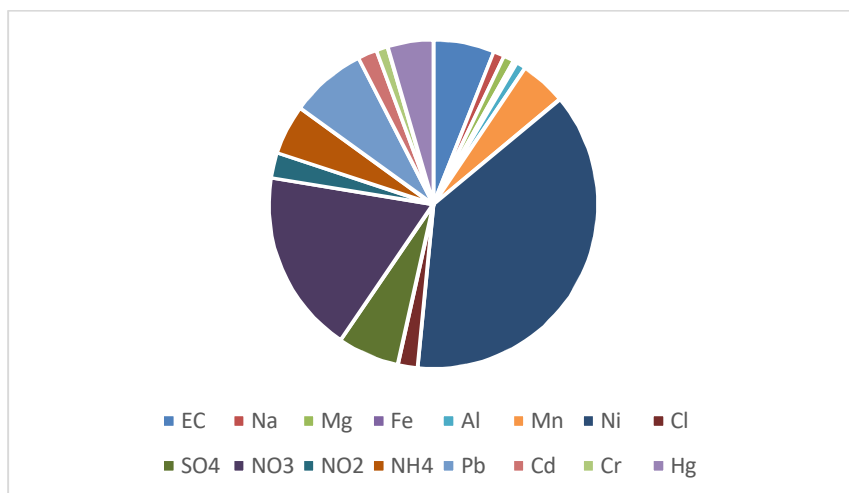
Parametr	Jednostka	Listopad 2023	Luty 2024	Norma dla wód pitnych
EC	μS/cm	384	399	2500
Ca	mg/l	90	89	
Na	mg/l	5.5	5.8	200
K	mg/l	0.5	1.5	
Mg	mg/l	1.5	3.4	125
Fe	mg/l	0.002	0.058	0.2
Al	mg/l	0.005	0.005	0.2
Mn	mg/l	0.0005	0.006	0.05
Ni	mg/l	0.002	0.002	0.002
Cu	mg/l	0.002	0.006	
Sr	mg/l	0.066	0.088	
S	mg/l	9.5	11	
Cl	mg/l	13	13	250
SO <sub>4</sub>	mg/l	36	40	250
HCO <sub>3</sub>	mg/l	202	208	
NO <sub>3</sub>	mg/l	26	24	50
NO <sub>2</sub>	mg/l	0.033	0.033	0.5
NH <sub>4</sub>	mg/l	0.065	0.065	0.5
PO <sub>4</sub>	mg/l	0.13	0.11	
N <sub>K</sub>	mg/l	2.5	2.5	
TOC	mg/l	1	1	
Pb	mg/l	0.002	0.002	0.01
Cd	mg/l	0.00025	0.00025	0.005
Cr	mg/l	0.0015	0.0015	0.05
Hg	mg/l	0.031	0.00012	0.001
Zn	mg/l	0.0025	0.022	
Kwasowość	mmol/l	0.6	0.47	
Zasadowość	mg/l CaCO <sub>3</sub>	166	171	
Liczba bakterii z grupy coli	jtk/100ml	35	7	0
Liczba Escherichia coli	jtk/100ml	13	3	0
Liczba Enterokoków	jtk/100ml	0	0	0
Liczba Clostridium perfringens	jtk/100ml	0	0	0
Całkowita liczba mikroorganizmów w temp. 22±2°C	jtk/ml	27	0	100
Liczba Pseudomonas aeruginosa	jtk/100ml	0	0	0
Całkowita liczba mikroorganizmów w temp. 36±2°C	jtk/ml	0	0	20

Zawartość azotanów stanowiła około połowy dopuszczalnej normy, natomiast zawartość niklu była dokładnie zgodna z dopuszczalną normą. Łączna wartość wskaźnika NPI dla analizowanych wód wyniosła 33,43 dla próby listopadowej i 2,66 dla próby lutowej. W pierwszej serii pomiarów na ostateczny wynik wskaźnika miała wpływ zawartość rtęci. Zawartość rtęci była 31 razy wyższa od dopuszczalnej normy dla wody pitnej. Stanowi to prawie 93% całkowitej wartości NPI. Około 3% to zawartość niklu i 1,5% zawartości azotanów. W tej serii pomiarowej najmniejszy udział w ogólnej wartości NPI miały magnez, mangan i żelazo (ryc. 3).



Ryc. 3 Udział poszczególnych składowych w wartości wskaźnika NPI w pierwszej serii pomiarowej.

W przypadku drugiej serii pomiarów nie została przekroczona dopuszczalna zawartość rtęci w wodzie. Zaobserwowano wzrost zawartości magnezu, siarki, siarczanów i wodorowęglanów. Zawartość magnezu wzrosła ponad dwukrotnie, ale nadal jest niewielka. Zmniejszyła się natomiast zawartość azotanów. Spowodowało to istotne zmniejszenie wartości wskaźnika NPI oraz udziału poszczególnych składowych w wartości wskaźnika ogółem (rys. 4). Dominujący udział w wartości wskaźnika dla tej serii pomiarowej ma zawartość niklu, siarczanów i ołowiu. Choć w przypadku tego ostatniego zawartość jest poniżej granicy oznaczalności.



Ryc. 4. Udział poszczególnych składowych w wartości wskaźnika NPI w drugiej serii pomiarowej.

Rtęć zidentyfikowana w pierwszej serii pomiarowej z pewnością nie jest związana z warunkami geologicznymi na danym obszarze, ale jest konsekwencją działalności antropogenicznej. Należy mieć na uwadze, że w rejonie źródła znajdują się także domy jednorodzinne oraz drogi, które stanowią potencjalne zagrożenie dla wody. Z jednej strony może to być konsekwencją uwalniania się rtęci nagromadzonej w wyniku depozycji w atmosferze podczas wzmożonych opadów, które na tym obszarze były wyższe w listopadzie niż w lutym (IMGW), z drugiej strony może to być konsekwencją migracji zanieczyszczeń z nieszczelnych pobliskich szamb. Tematykę zanieczyszczeń poruszano już wcześniej [40].

Pomimo tego, że wysokie stężenia rtęci stwierdzono tylko w jednym pomiarze, należy mieć na uwadze, że metale ciężkie naturalnie występujące w środowisku wodnym w wyższych stężeniach mogą być toksyczne na skutek kumulacji w organizmach [41]. Pierwiastki takie jak rtęć, kadm, ołów i arsen są mikroelementami nieistotnymi dla roślin, zwierząt i ludzi i są uważane za pierwiastki najbardziej szkodliwe [42]. Szacuje się, że poziom rtęci w atmosferze jest obecnie pięciokrotnie wyższy od poziomu naturalnego [43], dlatego rtęć została wpisana na listę priorytetowych substancji zanieczyszczających [44]. Głównymi źródłami rtęci w atmosferze są paliwa kopalne oraz wytopianie i spalanie odpadów stałych. Rtęć migruje z atmosfery do gleb i wód, dlatego też zawartość tego pierwiastka w wodzie pitnej może ulec

zwiększeniu. Związki rtęci mogą zakłócać większość reakcji enzymatycznych [45]. Badania związane z określeniem negatywnych skutków zdrowotnych po spożyciu żywności lub wody zawierającej rtęć w wysokim stężeniu wskazują na wpływ na centralny układ nerwowy człowieka [46,47,48,49]. Skutki zdrowotne związane ze spożywaniem wody zawierającej rtęć różnią się w zależności od dawki oraz częstotliwości i czasu trwania spożycia [50]. W celu określenia ryzyka nienowotworowego oraz nowotworowego u dzieci i dorosłych, spowodowanego spożyciem wody o podwyższonym stężeniu rtęci, należałoby ocenić ilość tej wody spożywanej przez lokalnych mieszkańców lub inne osoby oraz obliczyć chroniczne dzienne spożycie (CDI). Zróżnicowanie zawartości rtęci może być podyktowane epizodycznym dopływem zanieczyszczeń ze środowiska lokalnego lub efektem zawartości tego pierwiastka w atmosferze i migracji wraz z opadem atmosferycznym.

Wody powierzchniowe są potencjalnie niebezpieczne jako nośnik mikroorganizmów chorobotwórczych wszędzie tam, gdzie zetkną się z odpadami ludzkimi. Woda zanieczyszczona mikrobiologicznie staje się niezwykle niebezpieczna do picia. Negatywne skutki antropogeniczne mogą prowadzić do zaburzeń zawartości tlenu w wodzie. *Escherichia coli* służy jako doskonały wskaźnik skażenia wody kałowej. Analizy mikrobiologiczne wykazały, że liczba bakterii heterotroficznych w pierwszej próbie wynosiła 13 jtk/100ml, a w drugiej 3 (liczba *Escherichia coli*). W pierwszej próbie liczba bakterii z grupy coli była 5-krotnie większa. Bakterie mezofilne występujące naturalnie w organizmie człowieka i wraz z odchodami powodują zanieczyszczenie wody. Zwiększone opady mogą także prowadzić do migracji tych zanieczyszczeń do źródeł m.in. z rzek [51]. Warto wspomnieć, że przeżywalność tych bakterii w wodzie jest większa w środowiskach zasadowych i obojętnych, co potwierdza pomiar pH wody wiośną. Biorąc pod uwagę wyniki obu analiz bakteriologicznych, można zauważyć sezonowe występowanie bakterii kałowych. Liczba bakterii wykryta w próbce pobranej zimą potwierdza mniejszą aktywność mikroorganizmów w niższych temperaturach.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Woda odgrywa ważną rolę w rozwoju różnych sektorów gospodarki na całym świecie. Zapotrzebowanie na wodę pitną stale rośnie, dlatego tak istotne jest utrzymanie dobrego stanu chemicznego wody. Na skutek negatywnego oddziaływania antropogenicznego jakość wody może ulec pogorszeniu. Podstawą racjonalnej gospodarki wodnej jest utrzymanie jakości i ilości zasobów wodnych, monitorowanie i ochrona zasobów naturalnych. Dotyczy to również źródeł.

Wyniki badań wody ze źródła w Leśniowie wykazały, że poza wysoką zawartością rtęci w pierwszej serii pomiarowej, właściwości fizykochemiczne badanych ujęć wody odpowiadają wartościom przyjętym w krajowych wytycznych dotyczących jakości wody pitnej. Wskaźnik Nemerowa, który w pierwszej serii pomiarów wynosił około 33, w drugim pomiarze spadł ponad 10-krotnie. Wiąże się to ze znaczącą zmianą stężenia rtęci.

Pośród wszystkich badanych bakterii chorobotwórczych w punktach poboru próbek najliczniej występowały bakterie z grupy coli (liczba *Escherichia coli*). Obecność bakterii w wodzie uniemożliwia jej spożycie. W serii zimowej aktywność drobnoustrojów spadła z powodu niższych temperatur.

Ze względu na zagospodarowanie najbliższego otoczenia należy monitorować jakość wody źródłanej, aby zapobiec pobieraniu przez ludzi wody nienadającej się do picia, co może skutkować chorobami układu pokarmowego lub nerwowego. W celu określenia sezonowości zmian jakości wód w tym źródle planowane są dalsze pomiary. Dodatkowo planowane jest prowadzenie badań w innych źródłach zlokalizowanych w rejonach krasowych w tej części kraju.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Ansari MA, Deodhar A, Kumar US, Khatti VS. Water quality of few springs in outer Himalayas – A study on the groundwater–bedrock interactions and hydrochemical evolution. *Groundwater for Sustainable Development* 2015; 1(1–2):59–67, DOI 10.1016/j.gsd.2016.01.002;
- 2) Kayastha SP. Geochemical parameters of water quality of Karra river, Hetauda industrial area, central Nepal. *Journal of Institute of Science and Technology* 2015; 20(2):31–6, DOI 10.3126/jist.v20i2.13945;
- 3) Von Fumetti S, Bieri-Wigger F, Nagel P. Temperature variability and its influence on macroinvertebrate assemblages of alpine springs. *Ecology* 2017; 10(7):e1878, DOI 10.1002/eco.1878;
- 4) Jokiel P. Springs, their role in the environment and importance in water management. *Folia Geographica* 1997; 2: 5–7;
- 5) Sari MM, Andarani P, Notodarmojo S, Harryes RK, Nguyen MN, Yokota K, et al. Plastic pollution in the surface water in Jakarta, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 2022; 182(114023):114023, DOI 10.1016/j.marpolbul.2022.114023;
- 6) Todd DK, Mays LW. *Groundwater Hydrology*. 3rd ed. Nashville, TN: John Wiley & Sons; 2004;
- 7) Pokładek R, Kowalczyk T. Na, K, Ca, Mg concentrations in effluent water drained from agricultural catchment basins in Lower Silesia. *Journal of Elementology* 2012; 16:467–79, DOI 10.5601/jelem.2011.16.3.11;
- 8) Keeler BL, Polasky S, Brauman KA, Johnson KA, Finlay JC, O'Neill A, et al. Linking water quality and well-being for improved assessment and valuation of ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2012; 109(45):18619–24, DOI 10.1073/pnas.1215991109;
- 9) Gothwal R, Shashidhar T. Antibiotic pollution in the environment: A review: Antibiotic pollution in the environment. *Clean (Weinh)* 2015; 43(4):479–89, DOI 10.1002/cle.201300989;
- 10) Maksymiuk Z, Moniewski P. Hydrological and landscape role of springs in a small catchment in the western part of the Wzniesienie Łódzkie edge zone. *folia ge.* 2000;5:67–87;
- 11) Grimalt JO, Fernandez P, Berdie L, Vilanova RM, Catalan J, Psenner R, et al. Selective trapping of organochlorine compounds in mountain lakes of temperate areas. *Environmental Science & Technology* 2001; 35(13):2690–7, DOI 10.1021/es000278r;
- 12) Kumar R, Sharma P, Manna C, Jain M. Abundance, interaction, ingestion, ecological concerns, and mitigation policies of microplastic pollution in riverine ecosystem: A review. *The Science of The Total Environment* 2021; 782(146695):146695, DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.146695;
- 13) Khatri N, Tyagi S. Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. *Frontiers in Life Science* 2015; 8(1):23–39, DOI 10.1080/21553769.2014.933716;
- 14) Twinomucunguzi FRB, Nyenje PM, Kulabako RN, Semiyaga S, Foppen JW, Kansime F. Emerging organic contaminants in shallow groundwater underlying two contrasting peri-urban areas in Uganda. *Environmental Monitoring and Assessment* 2021; 193(4):228, DOI 10.1007/s10661-021-08975-6;
- 15) Chelmicki W, Jokiel P, Michalczyk Z, Moniewski P. Distribution, discharge and regional characteristics of springs in Poland. *Episodes* 2011; 34(4):244–56, DOI 10.18814/epiugs/2011/v34i4/003;
- 16) Nguyet VTM, Goldscheider N. Tracer tests, hydrochemical and microbiological investigations as a basis for groundwater protection in a remote tropical mountainous karst area, Vietnam. *Hydrogeological Journal* 2006; 14(7):1147–59, DOI 10.1007/s10040-006-0038-z;
- 17) Rózkowski J. Groundwaters of carbonate formations in the southern part of Jura Krakowsko-Częstochowska and problems with their protection. Katowice: Uniwersytet Śląski; 2006;



- 18) Muter O, Bartkevics V. Advanced analytical techniques based on high-resolution mass spectrometry for the detection of micropollutants and their toxicity in aquatic environments. *Current Opinion in Environmental Science & Health* 2020; 18:1–6, DOI 10.1016/j.coesh.2020.05.002;
- 19) Dumnicka E, Galas J, Koperski P. Benthic invertebrates in Karst springs: Does substratum or location define communities? *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 2007; 92(4–5):452–64, DOI 10.1002/iroh.200610991;
- 20) Pant RR, Zhang F, Rehman FU, Wang G, Ye M, Zeng C, et al. Spatiotemporal variations of hydrogeochemistry and its controlling factors in the Gandaki River Basin, Central Himalaya Nepal. *The Science of The Total Environment* 2018; 622–623:770–82, DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.12.063;
- 21) Dumaru B, Kayastha SP, Pandey VP. Spring water assessment for quality and suitability for various uses: the case of Thuligaad watershed, western Nepal. *Environmental Earth Sciences* 2021; 80(17), DOI 10.1007/s12665-021-09826-w;
- 22) Masoner JR, Kolpin DW, Cozzarelli IM, Barber LB, Burden DS, Foreman WT, et al. Urban stormwater: An overlooked pathway of extensive mixed contaminants to surface and groundwaters in the United States. *Environmental Science & Technology* 2019; 53(17):10070–81, DOI 10.1021/acs.est.9b02867;
- 23) Bradley PM, LeBlanc DR, Romanok KM, Smalling KL, Focazio MJ, Cardon MC, et al. Public and private tapwater: Comparative analysis of contaminant exposure and potential risk, Cape Cod, Massachusetts, USA. *Environment International* 2021; 152(106487):106487, DOI 10.1016/j.envint.2021.106487;
- 24) Schwitzguébel J-P, Aubert S, Grosse W, Laturmus F. Sulphonated aromatic pollutants. Limits of microbial degradability and potential of phytoremediation. *Environmental Science and Pollution Research* 2002; 9(1):62–72, DOI 10.1007/BF02987317;
- 25) Heliasz Z, Lewandowski J, Liszkowski J. Detailed Geological Map of Poland. Arkusz Żarki, Polish Geological Institute, Sosnowiec, 1992;
- 26) Heliasz Z, Lewandowski J, Liszkowski J. Explanations to the Detailed Geological Map of Poland. Żarki sheet. Polish Geological Institute, Warsaw, 1994;
- 27) Matyszkiewicz J, Krajewski M, Żaba J. Structural control on the distribution of Upper Jurassic carbonate buildups in the Kraków-Wieluń. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*. 2006;3, DOI 10.1127/njgpm/2006/2006/182;
- 28) Lewandowski J. The extent of the ice sheet of the Central Polish Glaciation in the Silesian Upland. *Bulletin of the Geological Institute*. 1982; 337(26):115–36;
- 29) Różkowski A, Siemiński A, Pacholewski A, Zembal M. Explanations for the hydrogeological map of Poland on a scale of 1:50,000. Żarki sheet. Warsaw: Polish Geological Institute; 1997;
- 30) Hermanowski P, Ignaszak T. Ground water vulnerability based on four different assessment methods and their quantitative comparison in a typical North European Lowland river catchment (the Pliżka River catchment). 2017;
- 31) Kabbour BB, Zouhri L, Mania J, Colbeaux J-P. Assessing groundwater contamination risk using the DASTI/IDRISI GIS method: coastal system of western Mamora, Morocco. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 2007; 66(4):507–507, DOI 10.1007/s10064-007-0104-3;
- 32) Oke SA, Vermeulen D, Gomo M. Aquifer vulnerability assessment of the Dahomey Basin using the RTt method. *Environmental Earth Sciences* 2016; 75(11), DOI 10.1007/s12665-016-5792-1;
- 33) Krawczyk J, Turek J. GIS database of the hydrogeological map of Poland 1:50,000. The first aquifer is sensitive to pollution. Warsaw: Polish Geological Institute; 2013;
- 34) Yáñez MA, Valor C, Catalán V. A simple and cost-effective method for the quantification of total coliforms and *Escherichia coli* in potable water. *Journal of Microbiological Methods* 2006; 65(3):608–11, DOI 10.1016/j.mimet.2005.09.005;
- 35) Parajuli K, Joshi J, Gautam J. Major springs and their status in mid-hills of nepal: a case study of samdi micro-watershed of Dhandkhola watershed. *Clean Energy Nepal*. 2019; 10–5;
- 36) Siwek J, Baścik M. The natural and anthropogenic changes of springs in the Krakowsko-Wielunska and Miechowska Uplands (Southern Poland) and the role of springs in. Cracow: Institute of Geography and Spatial Management; 2013;
- 37) Eckhardt DAV, Sloto RA, United U S Department of the Interior. Baseline groundwater quality in National Park units within the Marcellus and Utica shale gas plays, New York, Pennsylvania, and West Virginia. 2011: Open-file report 2012-1150. Bibliogov; 2013;
- 38) Łukasik M, Dąbrowska D. Groundwater quality testing in the area of municipal waste landfill sites in Dąbrowa Górnicza (southern Poland). *Environmental & Socio-economic Studies* 2022; 10(1):13–21, DOI 10.2478/enviro-2022-0002;
- 39) Dąbrowska D, Witkowski AJ. Groundwater and human Health Risk Assessment in the vicinity of a municipal waste landfill in Tychy, Poland. *Applied Sciences (Basel)* 2022; 12(24):12898, DOI 10.3390/app122412898;
- 40) <https://dziennikchód.pl/woda-ze-zrodelka-znow-nadaj-sie-do-picia/ar/41953>;
- 41) Kumar M, Singh S, Dwivedi S, Trivedi A, Dubey I, Trivedi SP. Copper-induced genotoxicity, oxidative stress, and alteration in transcriptional level of autophagy-associated genes in Snakehead fish *Channa punctatus*. *Biological Trace Element Research* 2023; 201(4):2022–35, DOI 10.1007/s12011-022-03301-8;
- 42) Fashola M, Ngole-Jeme V, Babalola O. Heavy metal pollution from gold mines: Environmental effects and bacterial strategies for resistance. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2016; 13(11):1047, DOI 10.3390/ijerph13111047;
- 43) Nawala J, Czupryński K, Popiel S, Dziedzic D, Beldowski J. Development of the HS-SPME-GC-MS/MS method for analysis of chemical warfare agent and their degradation products in environmental samples. *Analytica Chimica Acta* 2016; 933:103–16, DOI 10.1016/j.aca.2016.05.033;
- 44) Gworek B, Dmuchański W, Baczeńska AH, Brągoszewska P, Bemowska-Kałabun O, Wrzosek-Jakubowska J. Air contamination by mercury, emissions and transformations-a Review. *Water Air & Soil Pollution* 2017; 228(4):123, DOI 10.1007/s11270-017-3311-y;
- 45) Siudek P, Frankowski M, Siepak J. Atmospheric particulate mercury at the urban and forest sites in central Poland. *Environmental Science and Pollution Research* 2016; 23(3):2341–52, DOI 10.1007/s11356-015-5476-5;
- 46) Clarkson TW. Mercury: major issues in environmental health. *Environmental Health Perspectives* 1993; 100:31–8, DOI 10.1289/ehp.9310031
- 47) Ask K, Akesson A, Berglund M, Vahter M. Inorganic mercury and methylmercury in placentas of Swedish women. *Environmental Health Perspectives* 2002; 110(5):523–6, DOI 10.1289/ehp.02110523;
- 48) Budtz-Jørgensen E, Grandjean P, Jørgensen PJ, Weihe P, Keiding N. Association between mercury concentrations in blood and hair in methylmercury-exposed subjects at different ages. *Environmental Research* 2004; 95(3):385–93, DOI 10.1016/j.envres.2003.11.001;
- 49) Berzas Nevado JJ, Rodríguez Martín-Doimeadios RC, Guzmán Bernardo FJ, Jiménez Moreno M, Herculano AM, do Nascimento JLM, et al. Mercury in the Tapajós River basin, Brazilian Amazon: A review. *Environment International* 2010; 36(6):593–608, DOI 10.1016/j.envint.2010.03.011;
- 50) Fernandes Azevedo B, Barros Furieri L, Peçanha FM, Wiggers GA, Frizera Vassallo P, Ronacher Simões M, et al. Toxic effects of mercury on the cardiovascular and central nervous systems. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 2012; 2012:949048, DOI 10.1155/2012/949048;
- 51) Weststrate J, Dijkstra G, Eshuis J, Gianoli A, Rusca M. The sustainable development goal on water and sanitation: Learning from the millennium development goals. *Social Indicators Research* 2019; 143(2):795–810, DOI 10.1007/s11205-018-1965-5.

**Dominika Dąbrowska**

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk Przyrodniczych

Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

e-mail: dominika.dabrowska@us.edu.pl