

Analiza pierwiastków śladowych w wodach źródłanych Podkarpacia – wpływ wybranych „cudownych źródeł” na terapię oczu

Analysis of trace elements in spring waters of the Subcarpathian Province – Effect of selected Miraculous Springs on eye therapies

Andrzej Łach^{1,A,D,F}, Monika Adamska^{1,B-C}, Paweł Ryba^{2,E}

¹ Szkoła średnia, Zespół Szkół nr 2 im. Grzegorza z Sanoka, Polska

² Szpital, Szpital Specjalistyczny w Brzozowie. Podkarpacki Ośrodek Onkologiczny, Polska

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych, D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Łach A, Adamska M, Ryba P. Analiza pierwiastków śladowych w wodach źródłanych Podkarpacia – wpływ wybranych „cudownych źródeł” na terapię oczu. Med Środow. doi:10.26444/ms/210755

■ Streszczenie

Wprowadzenie i cel pracy. Pierwiastki śladowe: cynk, miedź, mangan i selen wchodzą w skład metaloenzymów. W pracy wymieniono enzymy i szczegółowo przedstawiono ich połączenia z metalami o działaniu antyoksydacyjnym. Stres oksydacyjny mający wpływ na choroby i wady wzroku jest powodowany m.in. niedoborem wymienionych pierwiastków śladowych. Celem pracy było instrumentalne (doświadczalne) sprawdzenie, czy istnieje różnica w składzie chemicznym między wodą pochodzącą z „cudownych źródeł” a wodą z innych źródeł gruntowych. Odmienne właściwości chemiczne i związane z tym inne właściwości medyczne mogłyby sugerować, że „cudowne źródła” rzeczywiście spektakularnie („cudownie”) uzdrawiają oczy.

Materiał i metody. Przebadano 8 źródeł wód gruntowych, przy czym 4 źródła określono jako „cudowne”, a 4 jako porównawcze. W każdej próbce wody oznaczono wymienione metale metodą ICP-OES. Badane źródła znajdują się na terenie całego Podkarpacia, w tym w Bieszczadach.

Wyniki. Na podstawie analizy instrumentalnej, danych statystycznych, dobowego zapotrzebowania organizmu człowieka na interesujące nas mikroelementy oraz ich stężenia w wodach źródłanych wykazano, że woda z „cudownych źródeł” pod względem składu chemicznego, a co za tym idzie właściwości medycznych nie różni się od wód z innych źródeł gruntowych.

Wnioski. Brak różnicy między wodami „cudownymi” a wodami porównawczymi oraz stanowczo zbyt niskie stężenie oznaczonych metali we wszystkich badanych wodach wyklucza pierwsze wody jako lecznicze. Można stwierdzić, że „cudowne źródła” z punktu widzenia fizyki, chemii czy medycyny nie wykazują działań leczniczych („cudownych”) w terapii oka, a pogląd o ich „cudownym” działaniu oparty jest na silnych przekonaniach religijnych (legendarne cuda).

■ Słowa kluczowe

stres oksydacyjny, „cudowne źródła”, terapia oka

■ Abstract

Introduction and Objective. Trace elements, such as zinc, copper, manganese, and selenium are all components of metalloenzymes. Specific enzymes and their metal connections with antioxidant activity are detailed. Oxidative stress, which results in diseases and visual impairments, is partly caused by deficiencies in the trace elements mentioned above. The objective of this study was to experimentally determine whether there is a difference in chemical composition between the so-called Miraculous Springs and other groundwater sources. Different chemical characteristics and the resulting medical properties could suggest that the Miraculous Springs indeed have spectacular (miraculous) healing effects on the eyes.

Materials and Method. Eight groundwater springs were examined—four identified as ‘miraculous’ and four as ‘control group’. In each water sample, the listed metals were analyzed using the ICP-OES method. The examined springs are located across the entire Subcarpathian Province, including the Bieszczady Mountains.

Results. Based on instrumental analysis, statistical testing, daily human dietary requirements, and the concentrations of the trace elements of interest in the spring waters, it was demonstrated that the chemical composition—and thus the medical properties—of the waters from the Miraculous Springs do not differ from those of other groundwater sources.

Conclusions. The absence of differences between the ‘miraculous’ and ‘control group’ waters, as well as the consistently low concentrations of the analyzed metals in all water samples, excludes the former from being classified as therapeutic. It can be concluded that from the perspective of physics, chemistry, or medicine, the Miraculous Springs do not possess healing (miraculous) properties for eye therapy—unless such effects are based on the strong religious beliefs of pilgrims (legendary miracles).

■ Key words

oxidative stress, miraculous springs, eye therapy

✉ Autor do korespondencji: Andrzej Łach, szkoła średnia, Zespół Szkół nr 2 im. Grzegorza z Sanoka, ul. Stróżowska 15, 38–500 Sanok, Polska
E-mail: andrzejlach@poczta.onet.pl

WPROWADZENIE

Do końca XX wieku informacje na temat własności fizyko-chemicznych tzw. cudownych źródełek w literaturze były wyrывkowe. W ostatnich latach pojawiły się dane dotyczące wielu źródeł, zwłaszcza z obszaru województwa podkarpackiego. Należą do nich wypływy słynące z licznych łask i cudów, których woda – jak wykazują ustne przekazy – ma lecznicze właściwości, które mogą być wykorzystywane w leczeniu rozmaitych schorzeń [1]. Szczególnym rodzajem „cudownych źródeł” są te, które według legend leczą oczy.

Jedyny sposób, w jaki można spróbować wytłumaczyć to zjawisko racjonalnie (medycznie), to obecność w wodach źródłanych mikroelementów, które mają wpływ na terapię oka. W „cudownych źródłach” musiałyby zatem być obecne takie mikroelementy.

Mikroelementy są to pierwiastki chemiczne występujące w organizmie człowieka w śladowych ilościach. Zapotrzebowanie na nie wynosi poniżej 100 mg/dobę. Do pierwiastków śladowych zalicza się: jod, żelazo, fluor, bor, kobalt, miedź, chrom, cynk, mangan, molibden i selen [2].

Stres oksydacyjny to zaburzenie równowagi prooksydacyjno-antyoksydacyjnej organizmu i przesunięcie jej w kierunku reakcji utleniania i produkcji reaktywnych form tlenu (ang. *reactive oxygen species*, ROS). O roli ROS i stresu oksydacyjnego w patogenezie wielu schorzeń mówi się dużo i niebezpiecznie, albowiem liczne opublikowane wyniki badań naukowych dostarczają mocnych dowodów wskazujących na ich toksyczny potencjał. Naturalny system antyoksydacyjny ustroju składa się z enzymów antyoksydacyjnych i licznych związków, które wchodzi w reakcję z ROS [3]. Ważne w systemie enzymatycznej walki ze stresem okazują się pierwiastki śladowe, które wchodzi w skład enzymów. Składniki mineralne stanowią grupę składników odżywczych, które powinny być przyjmowane z pożywieniem. Sposobem na stres jest dostarczanie jonów metali (cynku, miedzi, manganu i selenu). Mangan, miedź oraz cynk są składnikami enzymów. Selen to element strukturalny licznej grupy selenobiałek występujących w organizmie, niezbędnych do jego prawidłowego funkcjonowania [3].

Stres oksydacyjny stanowi przyczynę wielu chorób w organizmie człowieka, w tym narządu wzroku. Jest jednym z kilku ogniw w patomechanizmie AMD (ang. *age-related macular degeneration*), jaskry, retinopatii cukrzycowej, zaćmy oraz innych chorób związanych z okiem [4]. Stres jest jednym z najistotniejszych czynników przyspieszających proces starzenia się organizmu, odgrywa zatem istotną rolę w rozwoju AMD, albowiem w przypadku tej choroby wiek jest kluczowym czynnikiem ryzyka. Zwyródnienie plamki związane z wiekiem dotyka już 50-latków i jest trzecią w kolejności, tuż po jaskrze i zaćmie, przyczyną ślepoty w tej populacji oraz pierwszą nieodwracalną przyczyną utraty wzroku w populacji osób starszych. Według danych szacunkowych na AMD choruje 30% osób, które przekroczyły 70. rok życia [5].

Układ enzymatyczny w siatkówce składa się z enzymów antyoksydacyjnych takich jak dysmutaza nadtlenkowa (SOD), katalaza (CAT) i peroksydaza glutationowa (GPx), których aktywność jest zależna od elementów egzogenicznych – są nimi jony metali: cynku, miedzi, manganu i selenu [5].

CYNK. Pierwiastek cynk jest niebiesko-białym metalem, występującym naturalnie w skorupie ziemskiej [6].

W organizmie człowieka znajduje się 2–4 g cynku. Dienne zapotrzebowanie na ten pierwiastek chemiczny wynosi 10–15 mg [7].

Cynk jest pierwiastkiem śladowym niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania grupy metaloenzymów, m.in.: enzymów z rodziny oksydoreduktaz, hydrolaz czy ligaz [7]. Nieprawidłową zawartość tego metalu stwierdzono we włosach i łzach osób krótkowzrocznych [2].

Zawartość cynku we krwi może być wysoka, przy równoczesnym niedoborze tego pierwiastka w płynie podsiatkówkowym. Cynk może hamować wydłużenie gałki ocznej i przyrost wady refrakcji [2, 8].

MIEDŹ. Miedź występuje najczęściej na +2 stopniu utleniania. Ponadto może tworzyć jony jednowartościowe oraz kompleksowe. W środowisku kwaśnym wszystkie związki miedzi są łatwo rozpuszczalne [9]. Zawartość miedzi w organizmie dorosłego człowieka o przeciętnej masie 70 kg waha się w zakresie 7–150 mg. Jest ona przyswajana z pożywienia w małych ilościach (0,6–1,6 mg/dzień) [7]. Pierwiastek ten jest składnikiem wielu enzymów, tj. oksydazy, hydroksylazy, dysmutazy ponadtlenkowej (SOD) oraz oksydazy cytochromowej [6]. Niedobór miedzi osłabia syntezę kolagenu i obronę antyoksydacyjną ustroju, przyczyniając się do rozwoju i postępu krótkowzroczności. Wykazano zmniejszenie stężenia miedzi w surowicy, łzach i włosach osób krótkowzrocznych [2].

MANGAN. Mangan jest metalem o srebrzystoszarej barwie, kruchym i reaktywnym. Rozpuszcza się w kwasach, wykazuje właściwości amfoteryczne oraz tworzy bardzo wiele związków nieorganicznych i organicznych [10]. Organizm dorosłego człowieka zawiera 10–20 mg manganu.

Zgodnie z normami żywienia dla populacji polskiej zalecane spożycie manganu dla osób dorosłych wynosi 2,3 mg/dzień dla mężczyzn oraz 1,8 mg/dzień dla kobiet [11]. Mangan jest głównym składnikiem i aktywatorem enzymów uczestniczących w ochronie przeciwutleniającej organizmu, tj.: karboksylazy pirogronianowej, glikozylotransferazy, a zwłaszcza mitochondrialnej dysmutazy ponadtlenkowej [7].

Istnieją badania podkreślające wpływ niedoboru manganu u zwierząt na uszkodzenie fotoreceptorów siatkówki [2].

SELEN. Zawartość selenu w skorupie ziemskiej jest bardzo mała, stanowi on zanieczyszczenie rud siarkowych. Tworzy kilka odmian krystalicznych, podobnie jak siarka, może tworzyć ośmioatomowe cząsteczki pierścieniowe. Zawartość selenu w organizmie człowieka waha się od 13–20 mg [12]. Zalecana dobową dawkę tego pierwiastka dla mężczyzn to 70 µg [7].

Biologicznie aktywny selen występuje w organizmie przeważnie w postaci selenoaminokwasów, składających się na białka enzymatyczne (np. peroksydazę glutationową). Dotychczas zidentyfikowano 25 selenoenzymów i selenoprotein [13]. Pierwiastek ten uważany jest za ważny element obrony antyoksydacyjnej organizmu. Wzbogacenie diety w selen wydaje się godne polecenia w celu zapobiegania postępowi krótkowzroczności [2].

Celem pracy było instrumentalne (doświadczalne) sprawdzenie (poprzez oznaczenie Zn, Cu, Mn, Se), czy istnieje różnica w składzie chemicznym między wodą z „cudownych źródeł” a wodą z innych źródeł gruntowych. Wymienione metale jako metaloenzymy mają działanie antyoksydacyjne, czyli mogą wpływać na leczenie chorób i wad wzroku.

Odmienne właściwości chemiczne i związane z tym inne właściwości medyczne mogłyby sugerować, że „cudowne źródła” rzeczywiście spektakularnie (cudownie) uzdrawiają oczy.

MATERIAŁ I METODY TEREN BADAŃ

W różnych miejscach Podkarpacia znajdują się, otaczane czcią przez miejscowych mieszkańców, „cudowne źródła”. Wody z tych źródeł – jak informują stare legendy – posiadają nadzwyczajne właściwości. Wielokrotnie pomagały na różne dolegliwości. Niejedno z tych źródeł ma swoją udokumentowaną ciekawą historię.

BOREK STARY. Nieopodal „cudownego źródła” w Borcu zbudowano drewnianą kapliczkę [14]. Szczególnie wiele uleceń dzięki „cudownej” wodzie dotyczyło chorób oczu, a nawet zanotowano wyleczenia z całkowitej ślepoty. Do dziś wielu okolicznych mieszkańców przyjeżdża tu, zwłaszcza w niedziele, zaczerpnąć „cudownej” wody [14].

RABE. Na terenie nieistniejącej wsi Rabe koło Baligródu w lesie stoi samotna kapliczka. Bezpośrednio spod niej wypływa źródło uważane za „cudowne”, pomocne zwłaszcza przy leczeniu chorób oczu [1].

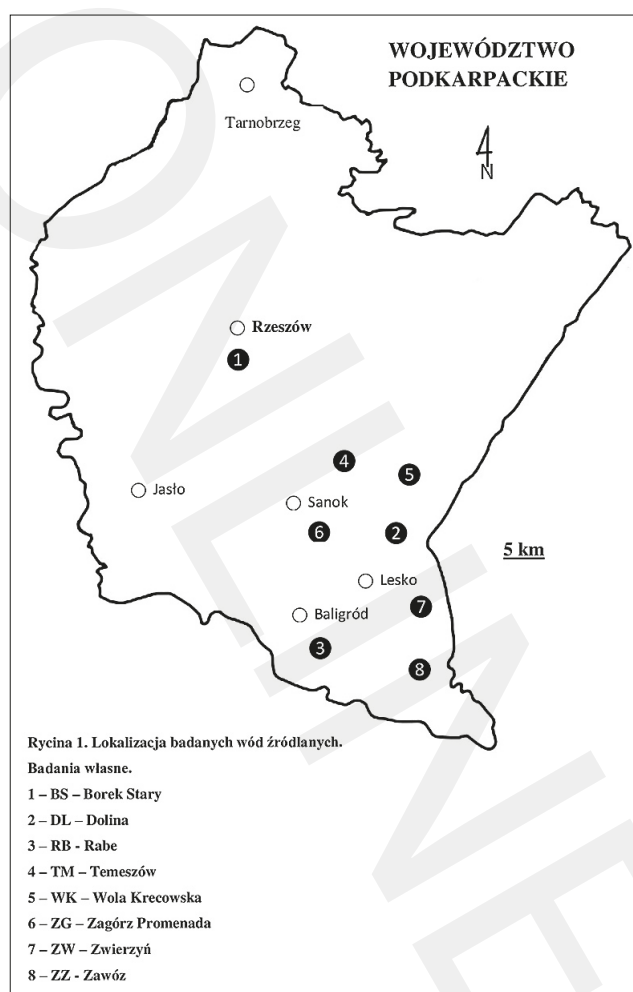
ZWIERZYŃ. O źródle w Zwierzyniu krążą różne przekazy. W studzienie pewna kobieta znalazła mistrzowsko wykonany, zdobiony szlachetnymi kamieniami, stary krzyż [15], który, jak się okazało po badaniach, pochodzi z XIII wieku z Limoges we Francji. Obecnie nad studzienką wybudowano kapliczkę, a ludzie używają wody i uważają, że uzdrawia ona choroby oczu [1].

ZAWÓZ. Nieopodal wioski Zawóz, położonej nad brzegiem Jeziora Solińskiego, w bocznej dolince znajduje się zrujnowana cerkiew. W odległości ok. 200 metrów na południowy zachód od ruin, po prawej stronie potoku jest źródło, które uważane jest za „cudowne”. Według przekazów woda z tego źródła leczy choroby oczu [1].

Na terenie Podkarpacia znajdują się źródła gruntowe niebędące miejscami kultu religijnego. Źródełek takich jest dużo więcej niż „cudownych źródełek”, ale najczęściej są znacznie mniej dostępne. Występują one m.in. w miejscowościach: Dolina, Temeszów, Wola Krecowska, Zagórz Promenada (ryc. 1 – mapa, ryc. 2 – zdjęcia).

METODYKA

Dla 8 źródeł wyznaczono współrzędne geograficzne, przyporządkowano numer stanowiska oraz podano dwuliterowy kod źródła. Cztery źródła określono jako „cudowne”, a 4 jako porównawcze (typ źródła) (tab. 1). W 8 próbkach wód źródłanych oznaczono cynk (Zn), miedź (Cu), mangan (Mn) oraz selen (Se). Analizy (tab. 2) wykonano metodą optycznej spektrometrii atomowej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ang. *inductively coupled plasma – optical emission spectroscopy*, ICP-OES) [16]. Analizę wykonało Przedsiębiorstwo Usług Laboratoryjnych i Geologicznych PETROGEO z Jasła [17] PETROGEO 2025 Jasło w oparciu



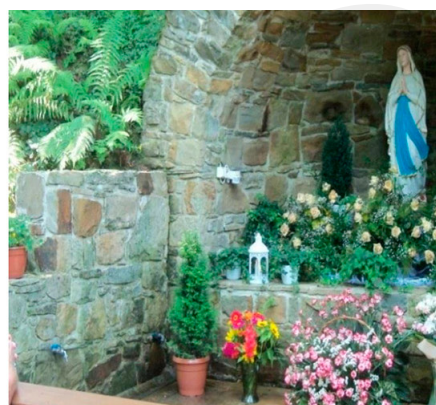
o normę PN-EN ISO 11885:2009 metale (Zn, Cu, Mn) oraz normę PN-EN ISO 11885:2009 niemetal (Se). Do analiz (32 oznaczenia) użyto spektrometru Thermo Scientific. Laboratorium PETROGEO w Jasle posiada numer akredytacji: AB 1185.

BADANIA STATYSTYCZNE

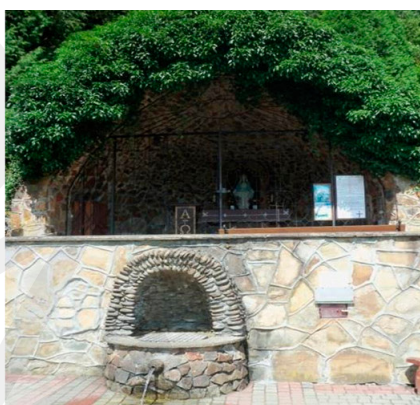
W praktyce analitycznej często korzystamy z tzw. testowania, które umożliwia ocenę, czy różnica między uzyskanymi (obliczonymi) wynikami jest mała, czy duża, czy ma istotne znaczenie, czy też można ją pominąć. Metody testowania pozwalają stwierdzić, czy otrzymane doświadczalnie wartości, podstawione do wzoru na obliczanie danego kryterium testującego, mieszczą się w przyjętym zakresie prawdopodobieństwa, tzn. w granicach tzw. wartości krytycznych dla danego testu. Wartości krytyczne znajdujemy w odpowiednich tablicach. Poziom prawdopodobieństwa określamy jako poziom istotności α , dla którego następuje porównanie wartości uzyskanej z wartością odczytaną z tablicy. W analizie chemicznej korzystamy często z testu t-Studenta [18].

WYNIKI I DISKUSJA

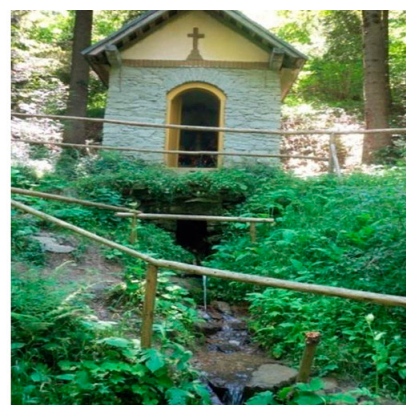
Wyniki analiz pozwalających na oznaczenie cynku, miedzi, manganu i selenu we wszystkich wodach źródłanych



BOREK STARY BS



ZWIERZYŃ ZW



RABE RB



ZAGÓRZ PROMENADA ZG



DOLINA DL



TEMESZÓW TM

Rycina 2.

Tabela 1. Identyfikacja punktu badawczego

Miejscowość	Okolica	Numer stanowiska	Kod źródła	GPS N	GPS E	Typ źródła
Borek Stary	Rzeszowa	1	BS	49°57'40.435"	22°7'3.629"	„cudowne”
Dolina	Zagórze	2	DL	49°32'3.433"	22°15'47.880"	porównawcze
Rabe	Baligrodu	3	RB	49°18'15.548"	22°14'22.020"	„cudowne”
Temeszów	Końskiego	4	TM	49°41'28.957"	22°13'2.110"	porównawcze
Wola Krecowska	Siemuszowej	5	WK	49°36'47.218"	22°20'26.239"	porównawcze
Zagórz Promenada	Sanoka	6	ZG	49°30'34.774"	22°15'56.271"	porównawcze
Zwierzyń	Uherzec Mineralnych	7	ZW	49°26'8.952"	22°23'54.952"	„cudowne”
Zawóz	Jeziora Solińskiego	8	ZZ	49°19'42.182"	22°26'13.383"	„cudowne”

Tabela 2. Analiza wód źródłanych przeprowadzona metodą ICP-OES

Stanowisko	1	2	3	4	5	6	7	8	Średnia
Mikroelement [µg/L]									
Cynk	22,0 ± 3,74	0,32 ± 0,05	0,07 ± 0,01	3,0 ± 0,51	2,0 ± 0,34	5,0 ± 0,85	5,0 ± 0,85	2,0 ± 0,34	4,92
Miedź	2,0 ± 0,26	0,65 ± 0,08	0,80 ± 0,10	0,60 ± 0,08	3,0 ± 0,39	0,16 ± 0,02	0,53 ± 0,07	0,40 ± 0,05	1,02
Mangan	190 ± 36,1	0,51 ± 0,09	0,20 ± 0,04	1,2 ± 0,23	1,42 ± 0,26	1,5 ± 0,28	1,5 ± 0,28	0,29 ± 0,06	24,58
Selen	7,5 ± 2,21	3,5 ± 1,01	2,6 ± 0,75	0,39 ± 0,11	0,30 ± 0,09	13,0 ± 3,77	10,3 ± 2,98	0,39 ± 0,11	4,70
Suma	221,5	4,98	3,67	5,19	6,72	19,66	17,33	3,08	35,22

Źródło: [39]

(„cudownych” i porównawczych) przedstawiono w tab. 2. Wyniki uwzględniają również błąd oznaczenia.

Dla każdego pierwiastka obliczono średnie stężenie na podstawie 8 źródeł. Wyniki są satysfakcjonujące. Okazuje się, że dane doświadczalne (otrzymane w wyniku analiz) są zbliżone z danymi literaturowymi dotyczącymi stężeń ww. mikroelementów ustalonych przez innych autorów.

Średnie stężenie miedzi na podstawie badań własnych

wynosi 1 µg/L. W wodach podziemnych najczęściej spotykane stężenie miedzi nie przekracza 10 µg/L [19]. Średnie stężenie selenu wynikające z analiz to 4,7 µg/L, a w wodach podziemnych o I klasie czystości stężenie tego pierwiastka nie może przekroczyć 5 µg/L [20]. Zawartość naturalna cynku w wodach podziemnych [21] określona została na poziomie 10 µg/L, a wynik analiz autorskich to 5 µg/L. Średnie stężenie manganu otrzymane z analiz własnych wynosi

Tabela 3. Dienne zapotrzebowanie oraz % spożytego mikroelementu; „cudowne źródła”

Dawka [μg]	Średnia dawka	Dawka	% spożytej	Dawka	% spożytej	Dawka	% spożytej	Dawka	% spożytej	Średni %
Stanowisko	dobowa	spożyta 1	dawki 1	spożyta 3	dawki 3	spożyta 7	dawki 7	spożyta 8	dawki 8	spożycia
Mikroelement										Średnia dawka [μg]
Cynk	12 500	22,0	0,17	0,07	0,01	5,0	0,04	2,0	0,02	0,060
										7,27
Miedź	1100	2,0	0,18	0,80	0,07	0,53	0,05	0,40	0,04	0,085
										0,93
Mangan	2000	190	9,5	0,20	0,01	1,5	0,07	0,29	0,01	2,40
										48,00
Selen	70	7,5	1,07	2,6	3,71	10,3	14,7	0,39	0,56	7,43
										5,20

Tabela 4. Dienne zapotrzebowanie oraz % spożytego mikroelementu; źródła porównawcze

Dawka [μg]	Średnia dawka	Dawka	% spożytej	Dawka	% spożytej	Dawka	% spożytej	Dawka	% spożytej	Średni %
Stanowisko	dobowa	spożyta 2	dawki 2	spożyta 4	dawki 4	spożyta 5	dawki 5	spożyta 6	dawki 6	spożycia
Mikroelement										Średnia dawka [μg]
Cynk	12 500	0,32	0,01	3,0	0,02	2,0	0,02	5,0	0,04	0,022
										2,58
Miedź	1100	0,65	0,06	0,60	0,05	3,0	0,27	0,16	0,01	0,097
										1,10
Mangan	2000	0,51	0,03	1,2	0,06	1,42	0,07	1,5	0,07	0,057
										1,16
Selen	70	3,5	5,0	0,39	0,56	0,30	0,43	13,0	18,6	6,14
										4,30

24 μg/L, natomiast w wodach podziemnych z okolic Krakowa oznaczono mangan metodą ASA (absorpcyjna spektroskopia atomowa) na poziomie 30 μg/L [22].

Hipotetycznie założono, że turysta czy pielgrzym wypił jeden litr wody ze źródła, dostarczając w ten sposób do organizmu pewną dawkę (ilość) mikroelementów. Dawka ta jest równa ilości danego pierwiastka w litrze wody źródlanej. We wprowadzeniu zdefiniowano dobowe zapotrzebowanie organizmu człowieka na interesujące nas mikroelementy. Zakładając, że pielgrzym wypił wodę w ciągu jednej doby, możemy w prosty sposób obliczyć, w ilu procentach zostało pokryte jego dobowe zapotrzebowanie na dany pierwiastek.

Procent pokrycia zapotrzebowania na dany pierwiastek śladowy w przypadku spożycia wody z „cudownych źródeł” przedstawiono w tab. 3, natomiast w przypadku wypicia wody ze źródeł porównawczych w tab. 4.

Warto zauważyć, że dla dwóch metali (cynk, miedź) średni procent dziennego zapotrzebowania został zrealizowany w ilości mniejszej niż 0,1%, i to zarówno w „cudownych źródłach”, jak i w źródłach porównawczych.

Pozostaje jeszcze kwestia pytania dotyczącego dwóch kolejnych pierwiastków – manganu i selenu. Tabela 3 („cudowne źródła”) pokazuje, iż średnie procentowe zapotrzebowanie organizmu na te pierwiastki przekracza 2% i 7%. Możemy założyć, że wartości te są wystarczające do uzyskania efektu terapeutycznego. Jednak niekoniecznie.

Jeżeli udowodnimy, że średnie stężenie manganu lub selenu lub jednego i drugiego pierwiastka różni się w istotny sposób od średnich stężeń tych pierwiastków między wodami

„cudownymi” i porównawczymi, to znaczy, że wody te różnią się składem chemicznym. Jeżeli tak, to różnica chemiczna może być w korelacji z właściwościami medycznymi. W rezultacie turyści czy pielgrzymi, którzy piliby wodę z „cudownych źródeł” owianych legendą o uzdrawianiu oczu i o odpowiednim składzie chemicznym (mikroelementy), rzeczywiście odzyskiwaliby wzrok. Natomiast źródła porównawcze takich właściwości nie posiadałyby.

Jednak jak udowodnić, że dana wartość średnia różni się (w sposób istotny) od innej wartości średniej? Jest na to prosta a zarazem efektywna metoda. Statystyczny test t-Studenta pozwala odróżnić dwie wartości średnie (dla jednego lub kilku pierwiastków) i wykazać, czy rzeczywiście w istotny sposób różnią się od siebie np. pod względem chemicznym.

Ilustracją badań statystycznych dotyczących dwóch pierwiastków – manganu i selenu jest tab. 5. Wynika z niej jasno, że pod względem zawartości manganu, jak i selenu skład chemiczny „cudownych źródeł” (C) nie różni się w sposób istotny od składu chemicznego źródeł porównawczych (P): C = P. Jeżeli wymienione źródła są podobne pod względem chemicznym (a właściwie są takie same), to prawdopodobnie są podobne również pod względem właściwości medycznych.

Analiza tab. 2, a konkretnie wiersza SUMA, pokazuje, iż wskaźnik ten dla wody (1) posiada najwyższą wartość. W stosunku do innych wód (źródeł) jest 10-krotnie przekroczony. Źródło to („cudowne”) jest potencjalnie najlepszym źródłem leczniczym o maksymalnej zawartości sumy wszystkich mikroskładników. Gdyby jakieś źródło miało być „cudowne”, to źródło (1) ma najwyższe do tego „predyspozycje”. Jednak

Tabela 5. Analiza statystyczna przeprowadzona przy użyciu testu t-Studenta

Pierwiastek	$\mu\text{g}/\text{dm}^3$	Mangan	Selen
Stanowisko 1 (x_i)	Borek Stary	190	7,5
3 (x_i)	Rabe	0,20	2,6
7 (x_i)	Zwierzyń	1,5	10,3
8 (x_i)	Zawóz	0,29	0,39
Średnia arytmetyczna	$\bar{x} = (1+3+7+8) / 4$	48,00	5,20
Stanowisko 2 (x_i)	Dolina	0,51	3,5
4 (x_i)	Temeszów	1,2	0,39
5 (x_i)	Wola Krecowska	1,42	0,30
6 (x_i)	Zagórz Promenada	1,5	13,0
Średnia arytmetyczna	$\bar{x} = (2+4+5+6) / 4$	1,16	4,30
Odchylenie standardowe	S (1+3+7+8) „cudowne”	94,67	3,194
Odchylenie standardowe	S (2+4+5+6) porównawcze	0,450	5,989
p – poziom ufności	ν – liczba stopni swobody	$p = 0,95 \quad \nu = 6 \quad \nu = (2n-2)$	
t_{KR}	wartość krytyczna	2,447	
t	obliczone	0,857	0,230
definicja	przedziału	a) $(-\infty; -2,447] \cup [2,447; +\infty)$ b) $(-2,447; +2,447)$	
różnica	statystyczna	a) różnica statystycznie istotna	
$\bar{x}$ („cudowne”)	$\bar{x}$ (porównawcze)	b) różnica statystycznie nieistotna	
przedział		b)	b)
stężenie	$\bar{x} (1+3+7+8), \bar{x} (2+4+5+6)$	$(1+3+7+8)$ „cudowne”, $(2+4+5+6)$ porównawcze	
C – „cudowne” P – porównawcze		C = P	C = P

jak wynika z porównań, nawet woda (1) nie spełnia kryteriów „wody cudownej”.

Niedobór mikroelementów, w tym: cynku, miedzi, manganu i selenu, nie tylko powoduje stres oksydacyjny i związane z nim choroby oczu, ale jest przyczyną licznych problemów zdrowotnych. Dlatego niedobory ww. pierwiastków należy uzupełniać – najlepiej z pożywieniem.

CYNK. Niedobór tego mikroelementu może skutkować spadkiem odporności oraz stanami zapalnymi skóry i całego organizmu [23]. Głównymi źródłami tego pierwiastka są produkty pochodzenia zwierzęcego, takie jak: mięso, jaja, ryby i ostrygi. Nieco mniej Zn dostarczają produkty pochodzenia roślinnego, a wśród nich: nasiona słonecznika, pestki dyni, kielki pszenicy, otręby pszenne, czosnek i cebula [24].

MIEDŹ. Niedobór tego pierwiastka powoduje anemię, zaburzenia neurologiczne, ataksję, osłabienie napięcia mięśniowego oraz chorobę Parkinsona [25]. Duże ilości Cu znajdują się w ostrygach, drożdżach piekarskich, ziarnach sezamu oraz w kakao. Bogate w miedź są także: kalmary, homary, czekolada, ziarna słonecznika, otręby pszenne [24].

MANGAN. Hipomanganemia wyraża się przede wszystkim w postaci zaburzeń koordynacji ruchowej, uszkodzeń układu kostno-stawowego i osteoporozy [26]. Większe ilości manganu posiadają produkty pełnoziarniste (otręby, owoce), ryż i orzechy, a także rośliny strączkowe, warzywa liściaste oraz nasiona [27].

SELEN. Niedobór selenu prowadzi do miopatii, dystrofii i zwapnienia mięśni, sprzyja zaburzeniom skurczu mięśnia

sercowego, zwyrodnieniom naczyń krwionośnych, wystąpieniu choroby Keshana, impotencji oraz ogólnemu spadkowi odporności [28]. Niedobór selenu wiąże się z wysokim ryzykiem zapadalności na choroby nowotworowe. Największe ilości Se znajdują się w orzechach, głównie brazylijskich, rybach (przede wszystkim w tuńczyku i łososiu), w mięsie drobiowym, pszenicy, grzybach i jajach kurzych [24].

WNIOSKI

Z oznaczenia cynku i miedzi wynika pewna konkluzja. Stosunek stężenia omawianych pierwiastków do dziennego zapotrzebowania jest bardzo niski (mniej niż 0,1%) i tak mała dawka nie jest w stanie wywołać jakiegokolwiek efektu fizycznego czy chemicznego, a co dopiero mówić o terapii medycznej.

W przypadku cynku i miedzi nie można oczekiwać, że woda źródłana z „cudownych źródeł” doprowadzi do natychmiastowego („cudownego”) wyleczenia wzroku. Krótko reasumując, stężenie jonów cynku i miedzi w wodach z „cudownych źródeł” jest tak niskie w porównaniu z dziennym zapotrzebowaniem, iż na pewno nie doprowadzi do wyleczenia wzroku, a tym bardziej efektem spożywania wody źródlanej z „cudownych źródeł” nie będzie spektakularne wyleczenie wzroku, czyli cud.

Stężenie cynku i miedzi jest stanowczo za niskie w badanych wodach źródłanych.

Natomiast zawartość manganu i selenu w wodach „cudownych” i w wodach porównawczych jest identyczna pod względem statystycznym, a zatem można założyć, że tak jest w rzeczywistości. Jeżeli wymienione wody nie różnią

się między sobą fizycznie i chemicznie, to ich właściwości medyczne są takie same. A zatem wody „cudowne” nie mogą mieć właściwości leczniczych.

Brak odpowiedniego stężenia wymienionych mikroelementów oraz brak różnicy między wodami „cudownymi” i porównawczymi prowadzi do stwierdzenia, iż „cudowne źródła” nie poprawiają wzroku i nie leczą oczu. Inaczej mówiąc – nie mają niezwykłych, „cudownych” właściwości.

Główną przyczyną jest stanowczo za niskie stężenie ww. metali w wodach źródłanych.

Istnieje pewne wyjaśnienie, dlaczego „cudowne źródła” uznawane są za „cudowne”. Wody te mogą naprawdę leczyć wady wzroku czy wręcz uzdrawiać w „cudowny” sposób ślepotę. Może wynikać to z tego, że leczą nie zjawiska fizyczne czy też związki chemiczne, tylko gorliwa i niezachwiana wiara.

Podsumowując, stężenie cynku, miedzi, manganu i seleniu, czyli pierwiastków wchodzących w skład metaloenzymów mających wpływ na stres oksydacyjny, a co za tym idzie na terapię oka, jest stanowczo za niskie w wodach źródłanych, aby temu stresowi zapobiegać. Brak wpływu na stres to również brak wpływu na terapię oka. Płyne z tego wniosek, iż nie ma podstaw fizycznych, chemicznych czy medycznych, aby „cudowne źródła”, o których jest mowa w tej publikacji, miały „cudowne” działanie i doprowadzały do „cudownych” uzdrowień oczu.

Gdyby zawartość pierwiastków śladowych w źródłach zwykłych i „cudownych” istotnie się różniła na korzyść „cudownych” wód, byłby to dowód, że nie są one „cudowne”, lecz lepsze jakościowo. Skoro pod względem jakości nie różnią się od zwykłych źródeł, to ich działanie może być tylko „cudowne”.

Nasuwa się bardzo ważne pytanie: czy owiane legendami „cudowne źródła” na Podkarpaciu nie leczą wzroku? Przecież w każdej legendzie jest ziarno prawdy. Odpowiedź jest prosta – cuda są możliwe, tylko przyczyna jest inna. Nie leczy fizyka, chemia czy medycyna, lecz gorąca i głęboka wiara.

Brak mikroelementów w organizmie, i to nie tylko tych omawianych w niniejszej pracy, prowadzi do poważnych chorób. Niedobory składników o działaniu antyoksydacyjnym najlepiej uzupełniać z pożywieniem, jak to zasugerowano w artykule.

PIŚMIENICTWO

1. Pytko P. Holy Springs in Bieszczady Mountains – valuable culture-landscape objects. *Ann UMCS. Sectio B. Geograp Geol Mineral Petrograp.* 2005; VOL. LX: 9.
2. Fedor M, Urban B, Bakunowicz-Łazarczyk A. Rola pierwiastków śladowych w patogenezie i progresji krótkowzroczności. *Okul Dypl.* 2015;5(27):12–16.
3. Kubasik M, Bogdański P, Suliburska J. The influence of minerals in the pathogenesis of obesity and its complications. *For Zab Metabol.* 2018;9(4):141–151.
4. Nowak JZ. Okulistyczne preparaty antyoksydacyjne – przegląd i uzasadnienie ich stosowania w AMD. *Magazyn Lekarza Okulisty.* 2010;4(4):185–198.
5. Mrowicka M, Mrowicki J, Szaflik J. Evaluation pro/antioxidant balance in patients with wet form of age-related macular degeneration. *Klinika Oczna.* 2016;118(4):284–288.
6. Drózd-Afelt K, Koim-Puchowska M, Menka A. Wybrane pierwiastki śladowe w organizmie człowieka. *Kosmos. Probl Nauk Biol.* 2019;68(3) (324):503–512.
7. Wołonciej M, Milewska E, Roszkowska-Jakimiec W. Trace elements as an activator of antioxidant enzymes. *Postępy Hig Med Dośw.* 2016;70:1483–98.
8. Huibi X, Kaixun H, Qiuhua G, et al. Prevention of Atrial elongation in myopia by the trace element zinc. *Biol Trace Elem Res.* 2001;79:39–47. doi:10.1385/BTER:79:1:39
9. Wikarek-Paluch E, Rosik-Dulewska Cz. Biodostępność wybranych zanieczyszczeń w gruntach zdegradowanych chemicznie. *Zabrze: Instytut Inżynierii Środowiska PAN; 2020.*
10. Kołomański J, Wegenko C. Characteristics of manganese and its compounds AT various degrees of oxidation with particular reference to potassium manganate (VII). *Acta Juvenum.* 2018;3:103–108.
11. Jarosz M. Normy żywienia dla populacji Polski. *Warszawa: Instytut Żywności i Żywienia; 2017.*
12. Kaczmarek-Paluch E, Chorostyński A, Łach A, et al. An analysis of bioelements in the source waters of Sanok District on the border of the Eastern and Western Carpathians and their impact on the functioning of the human body. *Rocznik Ochro Środow.* 2019;21:926–950.
13. Banaszczuk K, Maliszewska A, Owsiany M. The role of selenium in the treatment of Hashimoto's disease. *Pediatr Med Rodz.* 2019;15(2):125–130. doi:10.15557/PiMR.2019.0021
14. Borek Stary. *Narodowy Przewodnik po Cudownych Źródłach.* <http://www.cudownezrodela.pl/miejsce/borek-stary/> (access: 2024.05.19).
15. Luboński P. Bieszczady. *Przewodnik.* 16th ed. Bosz Sp. z o.o.; 2021.
16. Adamska M, Paszytła G, Wachel T. Pierwiastki śladowe: arsen-trucizna czy lek? *Analiza wody z Rabe cz. III. Laboratoria, Aparatura, Badania.* 2021;26(4):22–26.
17. PETROGEO. Przedsiębiorstwo Usług Laboratoryjnych i Geologicznych, Sp. z o.o. Wołomin. Oddział Laboratorium Geologii i Badań Środowiska w Jaśle. 2025. Akredytacja Nr 1185. Zleciodawca Andrzej Łach. Raport nr LJ/1046-1047/A/458-458/25. LJ/1294-1296/A/565-567/25. LJ/1498-1501/A/658-660/25.
18. Szczepaniak W. *Metody instrumentalne w analizie chemicznej.* Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN; 2019.
19. Gajec M, Król A, Kukulska-Zajac E. Determination of metals in selected elements of the environment in the context of applicable legal regulations. *Nafta-Gaz.* 2019;5:283–292. doi:10.18668/NG.2019.05.06
20. Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 14 października 2019r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych. *DzU2019.2148.*
21. Żurek K, Samek A, Jakubas M. Determination of the elements Na, Mg, Fe, Cr, Mn, Zn in water and lake silt samples by the Atomic Absorption Spectrometry (AAS) method. *Analit.* 2021;10:46–57.
22. Grabowska K, Kałuzińska K. Determination of iron and manganese concentrations in water of the selected public artesian wells in Cracow. *Analit.* 2020;9:2–11.
23. Ośko J, Pierlejewska W, Grembecka M. Comparison of the Potential Relative Bioaccessibility of Zinc Supplements – In Vitro Studies. *Nutrients.* 2023;15(12):2813. doi:10.3390/nu15122813
24. Kulik A. Wpływ miedzi, cynku i seleniu na stan skóry. *Pol Hyp Res.* 2023;2(83):23–30.
25. An Y, Li S, Huang X, et al. The Role of Copper Homeostasis in Brain Disease. *Int J Mol Sci.* 2022;23(22):13850. doi:10.3390/ijms232213850
26. Chorostyński A, Łach A, Paszytła G. Physico-chemical parameters and bacteriology of mineral and sulphate waters discovered around Sanok and Lesko, and the prospects for their medical use. *Acta Sci Pol Formatio Circumectus.* 2018;17(1):113–126.
27. Kondraciuk J, Łukawski K. Neurotoksyczność manganu. *Med Środow – Environ Med.* 2023;26(3–4):43–48. doi:10.26444/ms/172390
28. Muszyńska B, Bednarska-Łojewska D, Zięba P. Znaczenie seleniu w diecie człowieka – w aspekcie żywienia zwierząt hodowlanych. *Rocz Nauk Zoot.* 2018;45(2):135–142.