

Teresa LATOUR  
Michał DROBNIK  
Zakład Tworzyw Uzdrawiskowych w Poznaniu  
Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego –  
PZH w Warszawie  
ul. Chocimska 24, 00-791 Warszawa  
e-mail: tlatour@pzh.gov.pl, drobnik@pzh.gov.pl

Technika Poszukiwań Geologicznych  
Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 1/2016

## **WŁAŚCIWOŚCI BIOCHEMICZNE WÓD GEOTERMALNYCH ROZPOZNANYCH W POLSCE OKREŚLAJĄCE SPOSÓB ICH WYKORZYSTANIA DO CELÓW LECZNICZYCH LUB REKREACJI**

### **STRESZCZENIE**

Na podstawie wyników analiz składu chemicznego wód geotermalnych rozpoznanych w około sześćdziesięciu ujęciach w różnych regionach Polski, wskazano czynniki warunkujące ich wykorzystanie do różnych celów. W opracowaniu tych wskazań uwzględniono: temperaturę wody, ogólną zawartość rozpuszczonych składników mineralnych oraz ich rodzaj (zwłaszcza dominujących ilościowo), a także zawartość składników biochemicznie aktywnych, tj. swoistych leczniczych lub potencjalnie szkodliwych dla zdrowia człowieka. Stężenie tych składników, zwłaszcza radonu, jodków i związków siarki (II), decyduje o sposobie wykorzystania wody i formach zabiegu, a także systemie funkcjonowania basenów kąpielowych.

### **SŁOWA KLUCZOWE**

Wody geotermalne, wykorzystanie, balneologia, rekreacja, bezpieczeństwo zdrowotne

\* \* \*

### **WPROWADZENIE**

Zróżnicowanie składu chemicznego i właściwości fizycznych wód geotermalnych wskazuje możliwość – ale też ograniczenia – w stosowaniu tych wód, zwłaszcza do celów leczniczych czy rekreacyjnych oraz spożywczych.

W przypadku, gdy wodę geotermalną zamierza się wykorzystać w lecznictwie uzdrowiskowym, podstawą jej udostępniania jest świadectwo potwierdzające jej właściwości lecznicze, opracowane przez uprawnioną jednostkę naukowo-badawczą zgodnie z przepisami obowiązującej ustawy o uzdrowiskach z dnia 28.7. 2005 r (Dz.U. Nr 167 poz.1399). W świa-

dectwie tym przedstawiona jest charakterystyka właściwości wody mających znaczenie dla jej oddziaływania na organizm człowieka oraz wskazana jest droga kontaktu wody z organizmem człowieka (do kuracji pitnej, do inhalacji, do kąpeli). Sposób wykorzystania danej wody określają procedury z zakresu lecznictwa uzdrowiskowego, a korzystanie z zabiegu poprzedzają zalecenia lekarskie z uwzględnieniem indywidualnych przeciwwskazań.

Stosowanie wody leczniczej bez uwzględnienia tych uwarunkowań nie jest zabiegiem leczniczym, a niekiedy może być szkodliwe dla zdrowia.

Jakość wody udostępnianej w basenach rekreacyjnych powinna być bezpieczna i przyjemna dla zdrowia, przy czym skład chemiczny wody i związane z nim właściwości biochemiczne nie mogą ograniczać korzystania z kąpeli, np. przez osoby o mniejszej wydolności fizycznej (dzieci, osoby starsze, okresy rekonwalescencji).

## 1. CHARAKTERYSTYKA OCENIANYCH WÓD GEOTERMALNYCH W ASPEKcie ICH WŁAŚCIWOŚCI BIOCHEMICZNYCH

Rozpoznane w Polsce wody geotermalne, głównie na Niziu Polskim oraz w Zapadlisku Przedkarpaccim (Górecki i in. 2012, 2013; Kępińska 2013; Felter i in. 2015), to wody różnego typu chemicznego o mineralizacji od 0,150 g/dm<sup>3</sup> do 135,0 g/dm<sup>3</sup> oraz temperaturze od 20°C do 86°C.

Skróconą charakterystykę tych wód z uwzględnieniem udziału składników dominujących oraz swoistych leczniczych podano w tabeli 1.

*Tabela 1*

*Charakterystyka wód geotermalnych rozpoznanych w Polsce*

*Table 1*

*Characteristic of geothermal waters recognised in Poland*

Lp.	Składniki dominujące (typ wody) oraz swoiste lecznicze	Liczba ujęć wód	Zakresy	
			mineralizacja [g/dm <sup>3</sup> ]	temperatura wody [°C]
1	Cl-Na, Rn	16 w tym: 9	2,00–132,00 >10	21–68 >30
2	Cl-Na, J	15	34,00–135,00	20–65
3	Cl-Na-Ca, S	6	3,00–13,00	23–25
4	HCO <sub>3</sub> -Cl-Na(Ca) (Mg)	5	0,40–24,00	24–71
5	HCO <sub>3</sub> -Ca(Na)	7	0,20–0,59	23–60
6	SO <sub>4</sub> -(Cl)-Ca-Na, S, F	5	1,20–3,00	20–86
7	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> (Cl)-Na-Ca(Mg),F,SiO <sub>2</sub>	6	0,40–1,10	20–63

Poza składnikami dominującymi (Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) w wodach tych oznaczono (w różnych stężeniach) składniki o swoistych właściwościach biochemicznych:

jodki, związki siarki (II) w tym siarkowodór, fluorki, radon oraz żelazo. Jodki w stężeniach  $>1$  mg do kilku  $\text{mg}/\text{dm}^3$  oznaczono zwłaszcza w wodach typu Cl-Na o mineralizacji  $>3\%$ .

Związki siarki (II), w tym lotny siarkowodór, w stężeniach od  $>1$   $\text{mg}/\text{dm}^3$  do kilkudziesięciu  $\text{mg}/\text{dm}^3$  oznaczono w wodach różnego typu chemicznego, najczęściej Cl-Na-(Ca) oraz  $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl-Na-Ca}$  (w tym także słabo zmineralizowanych), w których oznaczono również fluorki w stężeniu około  $10$   $\text{mg}/\text{dm}^3$  oraz składniki promieniotwórcze, w tym radon ( $>74$   $\text{Bq}/\text{dm}^3$  do  $\sim 300$   $\text{Bq}/\text{dm}^3$ ). W wielu wodach różnego typu występuje żelazo, również w stężeniach  $>10$   $\text{mg}/\text{dm}^3$ . Swoisty organiczny zapach niektórych wód może być wskaźnikiem obecności związków ropopochodnych (Grochmalicka-Mikołajczyk i in. 1984).

To zróżnicowanie składu chemicznego wód geotermalnych wskazuje na możliwość specyficznego działania na organizm człowieka niektórych wód, zarówno pozytywnego jak też potencjalnie szkodliwego.

Obecnie wody geotermalne wykorzystywane są głównie jako źródła energii cieplnej oraz do kąpiel w basenach rekreacyjnych, a w miejscowościach uzdrowiskowych – w basenach leczniczych oraz do kąpiel indywidualnych w wannach.

## 2. CZYNNIKI FIZYCZNE I CHEMICZNE DZIAŁAJĄCE NA ORGANIZM CZŁOWIEKA W KĄPIELI

Każda kąpiel w wodzie przy pełnym zanurzeniu ciała wywiera korzystne działanie hydrostatyczne. Jego efektem jest zmniejszenie masy ciała podczas kąpiel i jego łatwiejsze poruszanie się przy mniejszym wysiłku.

Podobnie – korzystny wpływ na organizm wywiera też sama temperatura wody odczuwana jako ciepła. Organizm człowieka odczuwa temperaturę wody w granicach  $20\text{--}27^\circ\text{C}$  jako chłodną, w zakresie  $28\text{--}33^\circ\text{C}$  jako letnią,  $34\text{--}37^\circ\text{C}$  jako ciepłą, a temperaturę  $38\text{--}42^\circ\text{C}$  jako gorącą.

Kąpiel w wodzie o temp.  $> 38^\circ\text{C}$  powoduje rozluźnienie mięśni gładkich i szkieletowych, zmniejszając ich napięcia oraz obniżenie ciśnienia tętniczego, przyspiesza też pracę serca i działa uspokajająco. Odwrotnie natomiast działa kąpiel chłodna (o temp.  $< 27^\circ\text{C}$ ).

Dane z piśmiennictwa, zarówno empiryczne jak też uzyskane w obserwacjach klinicznych, wskazują na synergistyczny z tymi czynnikami wpływ składników mineralnych, w zależności od ich rodzaju i stężenia. Znajdujące się w wodzie składniki mineralne, zwłaszcza kationy sodu, wapnia i magnezu łącznie z chlorkami, tworzą na powierzchni skóry tzw. „płaszcz solny”. Działa on na naczynia krwionośne skóry powodując ich rozszerzenie i poprawę ukrwienia skóry, a także na zakończenia nerwów czuciowych i ruchowych, zmniejszając ich pobudliwość i odczucie bólu (Dirnagl 1978). Poprzez receptory w skórze i tkankach przyległych, kąpiel mineralna wpływa na autonomiczny układ nerwowy oraz wiele procesów ogólnoustrojowych (Jonderko i in. 1986; Kowalewski i in. 1977). Działania te, w stopniu znaczącym, uzyskuje się pod wpływem kąpiel w wodzie zawierającej co najmniej  $20,0\text{--}40,0$   $\text{g}/\text{dm}^3$  rozpuszczonych składników mineralnych, zwłaszcza  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Składniki te w niewielkim jednak stopniu przenikają przez skórę (Straburzyńska-Lupa i in.

2008; Schmidt-Kessen 1970). Znaczące przenikanie przez skórę oraz wpływ na procesy ogólnoustrojowe stwierdzono w odniesieniu do związków jodu oraz siarki (II).

Związki jodu w wodzie w stężeniu  $>1 \text{ mg/dm}^3$ , optymalnie około  $10 \text{ mg/dm}^3$ , działają też korzystnie – bakteriobójczo – na skórę. Podobny korzystny wpływ na skórę wywierają związki siarki (II) w stężeniu  $>10 \text{ mg/dm}^3$ , optymalnie  $\sim 50 \text{ mg/dm}^3$ . Rozmiękczają naskórek, poprawiają strukturę i sprężystość skóry. W narządach wewnętrznych, do których siarka przenika, działa ona antyoksydacyjnie i jest materiałem budulcowym w strukturze chrząstek stawowych (Cencora i in. 1976; Pratzel 1995). Jod pełni główną rolę w procesach metabolicznych ustroju człowieka. Wchodzi w skład hormonów tarczycy, które regulują proces wzrostu i dojrzewania komórek ustrojowych. Uczestniczy też w przemianach białkowych, węglowodanowych i mineralnych, a także wpływa na przemiany cieplne organizmu (Ziemlański 2001).

Obecność siarkowodoru w wodzie (ze względu na jego lotność i toksyczność przy wdychaniu) w stężeniu  $>15 \text{ mg H}_2\text{S/m}^3$  powietrza ogranicza wykorzystanie takiej wody do kąpieli w basenach.

Związki żelaza występujące w wielu wodach geotermalnych, często w stężeniach  $>10 \text{ mg/dm}^3$ , nie uczestniczą znacząco w biochemicznym oddziaływaniu wody na organizm w czasie kąpieli. Przy tym – ze względu na łatwe wytrącanie się, zwłaszcza w postaci brunatnego wodorotlenku, żelazo jest raczej składnikiem niepożądanym w wodzie stosowanej do kąpieli, zwłaszcza w basenach rekreacyjnych.

Według danych piśmiennictwa balneologicznego oraz empirycznych fluorki w stężeniu około  $10 \text{ mg/dm}^3$ , przy współdziałaniu jonów wapnia i wodorowęglanów, działają bakteriobójczo w kontakcie z jamą ustną. Wody tego typu są stosowane do płukania jamy ustnej w profilaktyce próchnicy.

Radon – gaz promieniotwórczy występujący w siedmiu wodach typu Cl-Na, wchłaniany jest w czasie kąpieli głównie drogą oddechową. Radon pobudza procesy obronne organizmu w stanach zapalnych i zmniejsza wrażliwość bólową (Pratzel 1997). Ze względu na swoiste działanie promieniowania jonizującego i jego skutki (dotąd nie w pełni wyjaśnione) wody tzw. „radonowe” ( $>74 \text{ Bq/dm}^3$ ) nie powinny być stosowane do kąpieli w basenach rekreacyjnych. W zaleceniach balneologicznych przeciwwskazaniem do kąpieli w wodach radonowych jest także wiek (dzieci i młodzież) oraz – w przypadku kobiet – okres rozrodczy (Rudnicki 1984).

### **3. ZASADY FUNKCJONOWANIA BASENÓW LECZNICZYCH Z UWZGLĘDNIENIEM ICH PRZEZNACZENIA**

#### **3.1. Baseny lecznicze**

W obecnie obowiązujących przepisach z zakresu lecznictwa uzdrowiskowego (ustawa z 2006 r.) baseny kąpielowe lecznicze określane są jako urządzenia lecznictwa uzdrowisko-

wego, dla których ustalone zostały podstawowe wymagania funkcjonalne w Rozp. Min. Zdr. z dnia 21.8.2006 r. (Dz.U. Nr 258, poz.1761). Bardziej szczegółowe wymagania określa Polska Norma (PN-Z-11004).

Podstawową zasadą w funkcjonowaniu basenów leczniczych jest zachowanie w wodzie jej charakterystycznych właściwości i składników swoistych (które warunkują działanie lecznicze zgodne ze wskazaniami lekarskimi) oraz czystości wody pod względem mikrobiologicznym. W tym celu optymalnym rozwiązaniem jest stosowanie stałego dopływu wody (tzw. obiegu otwartego) przy limitowaniu liczby osób korzystających równocześnie z kąpeli i przestrzeganiu rygorów dotyczących ich higieny osobistej przed wejściem do basenu.

W basenach napełnianych wodą typu Cl-Na, również z zawartością jodków, często stosuje się obieg tzw. „częściowo zamknięty” z możliwością włączenia dezynfekcji wody (chlorowanie, UV). Na podstawie wykonanych badań pilotażowych ustala się zasady funkcjonowania takiego basenu, wskazując ilość danej wody, która powinna być odprowadzana z basenu (w określonym czasie) i uzupełniana wodą z ujęcia (Kotowski 1980).

W procesie chlorowania wód z zawartością jodków, którym towarzyszy obecność bromków, możliwe jest powstawanie lotnych związków pochodnych w procesie chlorowania, tzw. trihalometanów (THM-ów) uznanych za szkodliwe dla zdrowia, zwłaszcza przy wdychaniu (Czajka i in. 1999). Cytowana wyżej Polska Norma zaleca w takich przypadkach badania pilotażowe w celu określenia optymalnej dawki chloru oraz badania kontrolne powietrza w hali basenowej oraz wody w basenie na zawartość tych związków. Obowiązkowym zabezpieczeniem osób korzystających z basenu jest instalowanie wentylacji wyciągowej przy poziomie lustra wody w basenie.

Procedury balneologiczne nie zalecają wykorzystywania do kąpeli w basenach wód z zawartością siarkowodoru w stężeniach  $>10 \text{ mg/dm}^3$ , ponieważ jest to gaz toksyczny przy wdychaniu. Maksymalnie dopuszczalna zawartość siarkowodoru w powietrzu wynosi  $15 \text{ mg/m}^3$ . Racjonalne jest zatem i zalecane stosowanie wód siarczkowych w formie kąpeli indywidualnych w wannach. Jednocześnie dla zabezpieczenia kuracjusza przed wdychaniem siarkowodoru wanny przykrywa się folią z otworem na głowę pacjenta i stosuje wentylację wyciągową w pomieszczeniach zabiegowych, przy stałym monitoringu siarkowodoru w powietrzu tych pomieszczeń.

Instrukcje funkcjonalne, opracowane indywidualnie dla każdego basenu leczniczego, określają też wymagania dotyczące liczby osób korzystających równocześnie z kąpeli w danym basenie, objętości wody wymienianej w ciągu godziny oraz zakresu i częstotliwości badań wody i powietrza w hali basenowej.

### **3.2. Baseny rekreacyjne**

Są to obiekty ogólnie dostępne o różnej wielkości i różnym wyposażeniu, często z urządzeniami, na których wytwarza się samoczynnie aerozol wodny pobierany przez korzystających z basenu drogą oddechową. Ze względu na powszechną dostępność basenów re-

kreacyjnych (również dla dzieci) były one dotąd napełniane wodą, która musiała spełniać wymagania określone w przepisach dla wody do spożycia przez ludzi.

W obecnym Rozporządzeniu Ministra Zdrowia dotyczącym wymagań, jakim powinna odpowiadać woda na pływalniach (Dz.U. z 2015 r., poz. 2016), obiekty te określa się jako kąpieliska. Dokument ten nie wskazuje zaleceń odnośnie funkcjonowania tych obiektów i podaje tylko podstawowe wymagania dotyczące jakości wody w basenie, tj. limity dla: wskaźników zanieczyszczenia mikrobiologicznego, mętności (zawartości żelaza i glinu), pH, potencjału redoks oraz zawartości środków dezynfekcyjnych i związków, które mogą powstawać w procesie np. chlorowania (THM). Zaznaczono przy tym, że jest to konieczne w przypadku stosowania wody zawierającej co najmniej 5 g/dm<sup>3</sup> i nie więcej niż 15 g/dm<sup>3</sup> rozpuszczonych składników mineralnych, zwłaszcza chlorku sodu. Nie ustalono innych wymagań dla tego typu wód jak też limitów stężenia dla wód innych niż Cl-Na.

## PODSUMOWANIE

W planach zagospodarowania wód geotermalnych dla potrzeb ludności – w celach leczniczych czy rekreacyjnych – konieczna jest racjonalna ocena tych wód, głównie w aspekcie oddziaływania na organizm człowieka. Temperatura wody geotermalnej (> 20°C, ale < 38°C) nie może być jedynym czynnikiem decydującym o jej wykorzystaniu do kąpieli leczniczej, ponieważ efekty lecznicze kąpieli są uwarunkowane wieloma czynnikami, w tym głównie składem chemicznym danej wody.

Basen funkcjonujący jako obiekt leczniczy nie powinien być udostępniany do innych celów. Temperatura co najmniej 20°C jest jedną z korzystnych właściwości wody, którą zamierza się użyć do kąpieli w basenie rekreacyjnym, przy uwzględnieniu jej innych właściwości – w tym działających zbyt silnie bodźcowo lub potencjalnie toksycznych, zwłaszcza w kontakcie z drogami oddechowymi osób korzystających z kąpieli.

## LITERATURA

- CENCORA A., KUNZ A., POSKUTA W., ŻARNECKI M., 1976 — Wpływ kąpieli siarkowodorowo-wodorosiarczkowych i jodowo-bromowych w Busku Zdroju na poprawę ukrwienia kończyn dolnych i na niektóre właściwości krwi u chorych z miażdżycą zarostową kończyn dolnych. Baln. Pol. T XXI, 3–4, 189–193.
- CZAJKA K., LATOUR T., SZIWA D., ADAMCZEWSKA M., DROBNIK M., 1999 — Wpływ różnych warunków eksploatacji leczniczych basenów solankowych na ich stan higieniczno-sanitarny. Baln. Pol. T. XLI, 3–4, 99–106.
- DRINAGL K., 1978 – Wirkungsmechanismus der Sollenquellen. Z.F.Angew.Bader. u Klim. 25. 3, 225.
- FELTER A., SKRZYPCZYK L., SOCHA M., SOKOŁOWSKI J., STOŻEK J., GRZYCKO-GOSTYŃSKA A., 2015 — Mapa zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalni w Polsce. Wyd. PIG, Warszawa.

- GÓRECKI W. (red.nauk.) i in., 2012 — Atlas geotermalny Zapadliska Przedkarpacciego. AGH KSE, Kraków.
- GÓRECKI W. (red.nauk.) i in. 2013 — Atlas geotermalny Karpat Wschodnich. AGH KSE, Kraków.
- GROCHMALICKA-MIKOŁAJCZYK J., LULEK J., 1984 — Badania nad występowaniem wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w niektórych wodach mineralnych. Baln. Pol. T. XVIII, 1–4, 177–181.
- JONDERKO G., GAŁASZEK Z., BUTNER B., MARCISZ CZ. GABRYEL A., 1986 — Wpływ ciepłej kąpeli w solance jodkowo-bromkowej na poziom wybranych hormonów w surowicy krwi u zdrowych mężczyzn. Baln. Pol. T. XXIX, 1–4, 7–14.
- KĘPIŃSKA B., 2013 — Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce, 2012–2013. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój 1, 5–23.
- KOTOWSKI J., 1980 — Higiena basenów leczniczych napełnianych wodami mineralnymi. Baln. Pol. T. XXVI, 1–4, 221–224.
- KOWALEWSKI J., MĘDREK J., SACHURUK M., 1977 — Wpływ kąpeli solankowych na osmolarność osocza krwi u osób w starszym wieku. Baln. Pol. T. XXII, 3–4, 233–236.
- PRATZEL H.G., 1995 — Sulphur in health resort medicine. I.S.M.H. Verlag, Geretstried.
- PRATZEL H.G., DEETJEN P., 1997 — Radon in der Kurortmedizin. I.S.M.H. Verlag, Geretstried.
- RUDNICKI T., 1984 — Skuteczność, nieskuteczność czy szkodliwość mediów radonowych z punktu widzenia radiobiologii. Baln. Pol. T. XXVIII, 1–4, 3–18.
- SCHMIDT-KESSEN W., 1970 — Wirkungen von Kuren mit Solebadern von indifferenter Temperatur. Z. Phys. Med. 1, 222.
- STRABURZYŃSKA-LUPA A., STRABURZYŃSKI G., 2008 — Fizjoterapia z elementami klinicznymi. PZWL W-wa, T. 2.
- Polska Norma PN-Z-11004. Uzdrowskowe baseny lecznicze i rehabilitacyjne. Wymagania eksploatacyjne.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21.08.2006, ze zmianami z 28.12.2010 (Dz. U. Nr 258, poz. 1761) w sprawie wymagań jakim powinny odpowiadać zakłady i urządzenia lecznictwa uzdrowskowego.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 9.11.2015 w sprawie wymagań jakim powinna odpowiadać woda na pływalniach (Dz.U. 2.12.2015, poz. 2016).
- Ustawa z dnia 28.7.2005r o lecznictwie uzdrowskowym i obszarach ochrony uzdrowskowej oraz o uzdrowskach, gminach uzdrowskowych (Dz.U. Nr 167, poz. 1399).
- ZIEMLAŃSKI Ś., 2001 – Normy żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy. PZWL, W-wa, s. 413.

# **GEOHERMAL WATERS RECOGNIZED IN POLAND – BIOCHEMICAL PROPERTIES DETERMINING THEIR USEFULNESS FOR MEDICAL TREATMENT OR RECREATION**

## **ABSTRACT**

On the waters intakes basis of obtained of the chemical composition analyses results of about 60 geothermal waters recognized in different regions in Poland, the conditions of their usefulness for various purposes were indicated. In determining of these conditions, the following were defined water temperature, total amount of dissolved mineral compounds and types of mineral compounds (especially quantitative predominantly) and the content of biochemically active compounds – of specific therapeutic effectiveness or potentially harmful to human health. Concentration of biochemically active compounds, especially radon, iodides and sulphur (II) compounds determines usefulness of different kinds of water and forms of treatment among them procedures of functioning basins for recreation and therapeutic purposes.

## **KEYWORDS**

Geothermal waters, usefulness, balneology, recreation, health safety