

TWARDOŚĆ WODY  
PRZEZNACZONEJ DO SPOZYCIA PRZEZ LUDZI  
ANALIZA JAKOŚCI WODY SUW JÓZEFÓW W ASPEKCIE TWARDOŚCI

OPRACOWANIE:

Dr Anna Zdanowicz

Inż. Beata Płatek

Józefów, sierpień 2013 r.

Twardość wody którą pijemy, zależy od zawartości związków wapnia i magnezu. Dawniej była określana jakotradycyjna miara zdolności wody do reakcji z mydłem (wytwarzania piany), spowodowanej obecnością w wodzie, oprócz wapnia i magnezu, również w mniejszych ilościach soli glinu, żelaza, manganu, strontu, cynku oraz kationów wodorowych [2] [9] Obecnie, miarą twardości wody jest sumaryczna zawartość jonów wapnia i magnezu. Sole wapnia i magnezu dostają się do wody w wyniku kontaktu zawartego w niej dwutlenku węgla z glebą i skałami zawierającymi wapienie i magnezyty. Wówczas trudno rozpuszczalne w wodzie wapienie i magnezyty przekształcają się w dobrze rozpuszczalne w wodzie wodorowęglany wapnia i magnezu (chemiczne wietrzenie wapieni)

Określa się różne rodzaje twardości, w zależności od składu jonowego wody (tabela 1)

Tabela 1 . Rodzaje twardości wody

Twardość ogólna		
Według kationów	Według anionów	
	Twardość węglanowa	Twardość niewęglanowa
Twardość wapniowa	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Ca(OH) <sub>2</sub> CaCO <sub>3</sub>	CaSO <sub>4</sub> CaCl <sub>2</sub> Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Twardość magnezowa	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Mg(OH) <sub>2</sub> MgCO <sub>3</sub>	MgSO <sub>4</sub> MgCl <sub>2</sub> Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>

*Twardość ogólna wody* – określa sumaryczną zawartości jonów wapnia (Ca) i magnezu (Mg) występujących we wszystkich możliwych konfiguracjach.

Twardość ogólną można podzielić na:

- twardość wapniową – wywołaną przez rozpuszczone sole wapnia;
- twardość magnezową - wywołaną przez rozpuszczone sole magnezu.

*Twardość węglanowa* – związana z obecnością związków w postaci wodorowęglanów, węglanów i wodorotlenków wapnia i magnezu. Jest to część twardości ogólnej wody, która zanika po przegotowaniu (proces osadzania kamienia kotłowego) – tzw. twardość przemijająca.

*Twardość niewęglanowa* – powodowana przez występowanie innych związków wapnia i magnezu, np. siarczanów, chlorków, azotanów, krzemianów. Nie zmienia się przy podgrzewaniu i gotowaniu wody.

Naturalne źródła wody, zawierają zwykle do 10 mgMg/l. Rzadko występują wody zawierające więcej niż 100 mg magnezu na litr. Zwykle przeważa twardość wapniowa [8]

Często możemy się spotkać z różnego rodzaju stopniami określającymi twardość wody.

*Stopień twardości wody* – jednostka twardości wody. Obowiązującą w Polsce jednostką twardości wody jest 1 mg CaCO<sub>3</sub>/l – znana w literaturze jako stopień amerykański. Poprzednio stosowaną jednostką był 1 miligramorównoważnik (mval) jonu Ca (lub Mg) na litr wody. Stosowano również inne jednostki, takie jak: stopnie niemieckie, angielskie i francuskie, które różnie definiowano. W Polsce najczęściej występowały stopnie niemieckie (1 °n = 10 mg CaCO<sub>3</sub>/l).

W poniższej tabeli przedstawiono zależności pomiędzy różnymi jednostkami twardości, w których może być wyrażona twardość wody, np. w instrukcjach obsługi sprzętów AGD.

Tabela 2 .Wartość współczynników przeliczeniowych twardości wody dla poszczególnych jednostek.

Jednostka	mmol/l	mval/l	°niem [°dH]	°ang [°C]	°franc [°f]	mg CaCO <sub>3</sub> /l
mmol/l	1	2	5,61	7,02	10	100
mval/l	0,5	1	2,8	3,5	5	50
°niem [°dH]	0,178	0,356	1	1,25	1,78	17
°ang [°C]	0,143	0,286	0,8	1	1,43	14
°franc [°f]	0,1	0,2	0,56	0,7	1	10
mg CaCO <sub>3</sub> /l	0,01	0,02	0,056	0,07	0,1	1

Na przykład: 1 mval / l = 50 mg CaCO<sub>3</sub> / l = 2,8<sup>o</sup> niemieckiego

**W Polsce zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Zdrowia, twardość wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi musi zawierać się w przedziale 60 – 500 mg CaCO<sub>3</sub>/l, czyli zgodna z normą jest woda od bardzo miękkiej do twardej (tabela 3)**

Przepisy obowiązujące w USA czy Wielkiej Brytanii nie normują tego parametru.

Próg wycucia smaku dla jonów wapnia kształtuje się w zakresie 100-300 mg/l, w zależności od towarzyszących anionów, ale również wyższe stężenia są do zaakceptowania przez konsumentów. Poziom twardości powyżej 500 mg/l na ogół uważany jest za nie do przyjęcia pod względem organoleptycznym (estetycznym).

Tabela 3 . Klasyfikacja wód wg twardości ogólnej (Jacek Nawrocki, Uzdatnianie wody,2010)

woda	mg CaCO <sub>3</sub> /l	mmol/l	mval/l	°niem [°dH]	°ang/° Clark [°C]	°franc [°f]
<b>bardzomiękka</b>	0 - 100	0-1	0-2	0-5,9	0-0,9	0 - 10
<b>miękka</b>	100-200	1-2	2-4	5,9-11,8	7,1-14,3	10-20
<b>średniotwarda</b>	200-350	2-3,5	4-7	11,8-20,6	14,3-25	20-35
<b>twarda</b>	350-550	3,5-5,5	7-11	20,6-32,4	25-39,3	35-55
<b>bardzotwarda</b>	>550	>5,5	>11	>32,4	>39,3	>55

Kamień na dnie czajniki, ciemne, oleiste plamy o gorzkawym smaku na herbacie - to efekt obecności jonów wapnia i magnezu w wodzie do picia. Czy to jest bezpieczne dla zdrowia? Wg WHO nie ma żadnych przekonujących dowodów, że twardość wody powoduje niekorzystne skutki zdrowotne u ludzi. Wręcz przeciwnie, wyniki licznych badań sugerują, że twardość wody może chronić przed chorobami. Jednakże, dostępne dane są niewystarczające, aby udowodnić jakiś związek przyczynowo-skutkowy. Dlatego też, przy określaniu wartości twardości wody, nie kierowano się wpływem twardości na zdrowie człowieka [2]

Wapń i magnez są niezwykle istotne dla organizmu człowieka:

**Wapń** bierze udział w budowaniu kości oraz zębów. Niedobór wapnia może powodować osteoporozę. Wpływa również na pracę mięśni i przesyłanie sygnałów nerwowych. Wpływa na koagulację krwi oraz reguluje pracę serca. Niedobór potasu powoduje również nadmierną potliwość, nerwowość, wymioty oraz skurcze

**Magnez** jest istotny w budowie kości oraz komórek, zwłaszcza komórek mięśni. Pomaga zachować równowagę systemu nerwowego i uczestniczy w budowie wielu enzymów. Niedobór magnezu powoduje rozdrażnienie nerwów oraz skurcze.

Faktem jest, że magnez i wapń, niezbędne w diecie człowieka, są łatwiej przyswajalne z wody niż z pożywienia. Magnez zawarty w wodzie do picia jest ok. 30-krotnie łatwiej wchłaniany w porównaniu z magnezem pochodzącym z żywności [1], [4]. Stąd też wielu autorów [3], [4], [5], [7] uważa, że istotnym źródłem magnezu jest woda pitna, szczególnie woda twarda.

Szacuje się, że codzienne spożycie magnezu z wodą to 2,3 mg/l i 52,1 mg/l, odpowiednio na obszarach występowania wód miękkich i twardych (dane na podstawie spożycia 2 litrów wody dziennie przez osoby dorosłe) [10]. Ze względów zdrowotnych uważa się, że w wodzie do picia najkorzystniejsze są stężenia wapnia od 30 do 80 mg/l [9].

Miękka woda, pozbawiona tych pierwiastków, może być większym zagrożeniem dla organizmu niż woda twarda. Dlatego nie jest wskazane zmiękczenie twardej wody.

Niektóre dane sugerują, że bardzo miękka woda o twardości mniejszej niż 75 mg/l może mieć niekorzystny wpływ na gospodarkę mineralną, ale badania szczegółowe nie są dostępne.

Mason i wsp. [6] stwierdzają, że śmiertelność z powodu chorób naczyń serca jest wyższa o ok. 20% u osób pijących tzw. wodę miękką. O korelacji między ciśnieniem tętniczym a twardością wody pitnej donoszą Pasternak [11] oraz Walasek [12].

W zależności od oddziaływania innych czynników, takich jak pH i zasadowości, woda o twardości powyżej 200 mg/l może powodować odkładanie kamienia w systemie dystrybucji, jak również przyczyniać się do zwiększonego zużycia mydła [8]. Kiedy twarda woda jest gotowana składniki wapnia rozpuszczają się i osadzają w formie kamienia na ściankach naczyń kuchennych lub grzałek.

Wody miękkie, o niskiej zawartości jonów wapnia i magnezu, sprzyjają rozwojowi procesu korozji w przewodach wodociagowych. Stopień korozji i rozpuszczalność metali zależy również od pH, zasadowości i stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie.

Z kolei wody o nadmiernej twardości łatwo tworzą osady, stopniowo zmniejszające przepustowość przewodów[9]

Woda do celów przemysłowych, a w szczególności do zasilania kotłów grzewczych i instalacji chłodniczych musi być miękka, tj. pozbawiona składników powodujących tworzenie się kamienia kotłowego.

Za optymalną uznaje się twardość wody w granicach 100 – 500 mg CaCO<sub>3</sub>/l [9]

W tabeli 4 przedstawiono wyniki twardości wody uzdatnionej w SUW ujmujących wodę głębinową (wg danych zamieszczonych na oficjalnych stronach internetowych przedsiębiorstw wodociagowych, lata 2012-2013).

Na podstawie zebranych danych widać, że przeważają wody średnio twarde. Rzadko występują wody bardzo miękkie, poniżej 100 mg/l (Jelenia Góra 7-87 mg/l) oraz twarde, powyżej 400 mg/l (Strzelce Opolskie 406 mg/l)

We wszystkich zamieszczonych w tabeli 4 zakładach wodociagowych, poza Jelenią Górą, występuje woda o optymalnej twardości.

Tabela 4. Twardość wody uzdatnionej w wybranych miastach Polski

Miasto	twardość wody [mg CaCO <sub>3</sub> /l]	woda
Gorzów Wielkopolski	269	średniotwarda
Gostynin	191-216	miękka/średniotwarda
Grodzisk Mazowiecki	202-238	średniotwarda
Jelenia Góra	7-87	bardzomiękka
Kołobrzeg	208	średniotwarda
Kościerzyna	250	średniotwarda
Lębork	220	średniotwarda
LidzbarkWarmiński	300-330	średniotwarda
Mińsk Mazowiecki	220-250	średniotwarda
Piaseczno	180-220	miękka/średniotwarda
Płock	237-248	średniotwarda
Siedlce	181-297	miękka/średniotwarda
StrzelceOpolskie	406	twarda
Sulejówek	265	średniotwarda
Szczytno	260	średniotwarda

Na podstawie dostępnych danych (załącznik 1, rys. 1), można stwierdzić, że w wodzie surowej **SUW Józefów**(studnie:1, 4, 5) twardość zawiera się w przedziale od 182 mg/l do 264 mg/l, zaś w wodzieuzdatnionejkształtuje się napoziomie od 201 mg/l do 230 mg/l (śr. 212 mg/l), co klasyfikuje ją jako wodę **średnio twardą**. Tabela 5 przedstawia średnią wartość twardości wody uzdatnionej, wyrażoną w różnych jednostkach.

Tabela 5. Średnia twardość wody uzdatnionej SUW Józefów

Jednostka	mg CaCO <sub>3</sub> /l	mmol/l	mval/l	°niem [°dH]	°ang [°C]	°franc [°f]
Józefów	212	2,1	4,2	12,5	15,1	21,2

Analiza jakości wody surowej z wielolecia (załącznik 1), wskazuje na stabilny, średni poziom twardości we wszystkich eksploatowanych studniach SUW Józefów.

Ponadto, wykonywane w ostatnich latach badania wapnia pokazały, że jego stężenie zarówno w wodzie surowej jak i uzdatnionej jest korzystne dla zdrowia, jak również może inhibitować procesy korozji i kształtuje się na poziomie (załącznik 1):

Studnia 1 – od 57,7 mg/l do 73,9 mg/l ; śr. 65,0 mg/l

Studnia 4 – od 57,3 mg/l do 73,9 mg/l; śr. 65,6 mg/l

Studnia 5 – od 57,8 mg/l do 73,2 mg/l; śr. 65,1 mg/l

Wyjście z SUW – od 58,2 mg/l do 71,0 mg/l; śr. 65,8 mg/l

Sieć – od 37,1 mg/l do 72,4 mg/l; śr. 63,8 mg/l

## Podsumowanie

1. Ze względów zdrowotnych, preferuje się wodę względnie twardą.
2. Wapń, główny składnik wpływający na twardość nie ma żadnego szkodliwego wpływu na zdrowie. Przeciwnie, dla utrzymania w dobrym stanie kości zębów zalecane jest picie wody zawierającej sole mineralne takie jak wapń czy magnez.
3. Magnez zawarty w wodzie do picia jest ok. 30-krotnie łatwiej wchłaniany w porównaniu z magnezem pochodzącym z żywności
4. Aby dostarczyć codziennie wapń i magnez, których nasz organizm potrzebuje, picie wody z kranu jest najprostszym rozwiązaniem.
5. Woda w Józefowie charakteryzuje się optymalnym poziomem twardości zarówno z uwagi na zdrowie człowieka jak i wykorzystanie do celów gospodarczo-przemysłowych.

## Literatura

1. Durlach J.: Magnez w praktyce klinicznej. PZWL, wyd.I, Warszawa, 1991
2. Hardness in Drinking-water. Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality*
3. Kłosiewicz-Latoszek L.: Niedobór magnezu a choroby serca. *Żyw. Człow. Metab.* 1993, 20, 374-379
4. Krzewicki J.: Magnez w organizmie człowieka. *Pol. Tyg. Lek.*, 1989, 30.31, 732.735
5. Marcinkowska-Suchowierska E.: Metabolizm magnezu w zdrowiu i chorobie. Zaburzenia homeostazy magnezowej . Cz. I i II. *Postępy Nauk Medycznych*, 1991, IV, 86.89 i 90.95.
6. Mason W.P., Shalala D., Friedman D.: Drinking Water and Health. Wyd. Comm. of the Nat. Acad. of Scien., 1977, 440-447
7. Matraszek-Skonieczna G., Oledzka R.: Rola magnezu w żywieniu. *Żyw. Człow. Metab.*, 1981, 8, 35-42
8. National Research Council. *Drinking water and health*. Washington, DC, National Academy of Sciences, 1977.
9. Nawrocki J.: *Uzdatnianie wody. Procesy fizyczne, chemiczne i biologiczne*. WydawnictwoNaukowe UAM, WydawnictwoNaukowe PWN, Warszawa 2010
10. Neri LC et al. Magnesium and certain other elements and cardiovascular disease. *Science of the total environment*, 1985, 42:49-75.
11. Pasternak K.: Magnez w fizjologii człowieka. *Biul. Magnezol.*, 1999, 4, 2, 480-485.
12. Walasek L.: Znaczenie niedoboru magnezu w praktyce klinicznej. *Farmacja*, 1998, IV, 2.3.4, 29-31 oraz 33-35