

TWARDOŚĆ WODY PRZEZNACZONEJ DO SPOŻYCIA PRZEZ LUDZI

dr Anna Zdanowicz, inż. Beata Płatek



Co to jest twardość wody?

Kamień na dnie czajnika, ciemne, oleiste plamy o gorzkawym smaku na herbacie – to efekt obecności jonów wapnia i magnezu w wodzie do picia, które wpływają na **twardość wody**. Twardość wody którą pijemy, zależy od zawartości związków wapnia i magnezu.

Dawniej była określana jako tradycyjna 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 [3] [11].

Obecnie, miarą twardości wody jest sumaryczna zawartość jonów wapnia i magnezu.

Określa się różne rodzaje twardości, w zależności od składu jonowego wody.

Twardość ogólna wody – określa sumaryczną zawartość 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 przemi-jająca.
- twardość niewęglanowa – powodowana przez występowanie innych związków wapnia i magnezu, np. siarczanów, chlorków, azotanów, krzemianów. Nie zmienia się przy podgrzewaniu i gotowaniu wody.

W Polsce stężenie wapnia w wodzie przeznaczonych do spożycia, przeważnie zawiera się w przedziale 60–100 mg/l, zaś stężenia magnezu w granicach 5–30 mg/l [10]

Klasyfikacja wód pod względem twardości

W Polsce zgodnie z obowiązującym *Rozporządzeniem Ministra Zdrowia*, twardość wody *przeznaczonych do spożycia*

przez ludzi musi zawierać się w przedziale 60 – 500 mg CaCO₃/l, czyli zgodna z normą jest woda od bardzo

miękkiej do twardej (tabela 1). 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.

Tabela 1 . Klasyfikacja wód wg twardości ogólnej [11]

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

Jednostki określające twardość wody

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 CaCO₃/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/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 ₃ /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 ₃ /l	0,01	0,02	0,056	0,07	0,1	1

Na przykład: 1 mval / l = 50 mg CaCO₃ / l = 2,8 ° niemieckiego

Twardość wody a zdrowie człowieka

Wg WHO (Światowa Organizacja Zdrowia) nie ma żadnych przekonujących dowodów, że twardość wody powoduje niekorzystne skutki zdrowotne u ludzi. Wręcz przeciwnie, wyniki licznych badań sugerują, że twarda woda może chronić przed niektórymi chorobami, szczególnie układu krążenia i ma ochronny wpływ na zdrowie człowieka [1][3]. Jednakże, dostępne dane są niewystarczające aby udowodnić jakiś związek przyczynowo–skutkowy. Dlatego też, przy określaniu wartości dla twardości wody, nie kierowano się wpływem twardości na zdrowie człowieka [3].

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 [2][6]. Stąd też wielu autorów [4], [6], [7], [9] 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) [13]. Ze względów zdrowotnych uważa się, że w wodzie do picia najkorzystniejsze są stężenia wapnia od 30 do 80 mg/l [11].

Miękka woda, pozbawiona tych pierwiastków, może być większym zagrożeniem dla organizmu niż woda twarda. Miękka woda wykazuje znaczną aktywność korozyjną i w związku z tym charakteryzuje się zwykle większym stężeniem metali ciężkich, zwłaszcza ołowiu [1].

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.

Wielu badaczy wykazuje zależność między ciśnieniem tętniczym a twardością wody pitnej [14][15]. Stwierdzono też, że śmiertelność z powodu chorób naczyń serca jest wyższa o ok. 20% u osób pijących tzw. wodę miękką [8][12] oraz wykazano, że wzrost twardości o 1 stopień niemiecki (dH), obniża o 1% ryzyko zawału mięśnia sercowego [5].

Dlatego zmiękczenie twardej wody, powinno być starannie rozważone, a w przypadku wody przeznaczonej do spożycia wręcz należy tego unikać [1].

Twardość wody a gospodarstwo domowe

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. 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 wodociągowych. 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 [11].

Co możemy zrobić gdy mamy do czynienia z twardą wodą?

- Miłośnicy herbaty wolą miękką wodę. Pomocne może być przegotowanie wody dwa lub trzy razy.
- Podczas prania, należy przestrzegać zaleceń dotyczących dawkowania podanych na opakowaniu detergentu. Należy użyć tylko tyle detergentu ile jest naprawdę konieczne, aby niepotrzebnie nie obciążać ścieków,
- Dostępne są specjalne sole do zmywarek, które zmiękczają wodę i zapobiegają osadzaniu się kamienia na naczyniach lub wewnątrz urządzenia.
- Tylko regularne czyszczenie zapobiega osadzaniu się kamienia kotłowego w kuchni lub łazience – stosowanie domowych środków, takich jak ocet lub kwas cytrynowy może ułatwić proces czyszczenia i pozwala chronić środowisko.
- Czajniki i ekspresy do kawy wymagają regularnego odkamieniania. Można również używać w tym celu octu lub kwasu cytrynowego.
- Żelazka parowe napełniaj normalną lub przegotowaną wodą z kranu. Nie używaj wody destylowanej, może powodować korozję stalowych elementów.

Twardość wody w wybranych miastach Polski i Europy

W tabeli 4 przedstawiono wyniki twardości wody uzdatnionej w Stacjach Uzdatniania Wody ujmujących wodę głębinową (*wg danych zamieszczonych na oficjalnych stronach internetowych przedsiębiorstw wodociągowych, za rok 2015*).

Na podstawie zebranych danych widać, że przeważają wody średnio twarde. Rzadko występują wody bardzo miękkie, poniżej 100 mg/l (Jelenia Góra) oraz twarde, powyżej 350 mg/l (Opole).

W Berlinie woda jest bogata w minerały i dlatego jej twardość waha się od 14 do

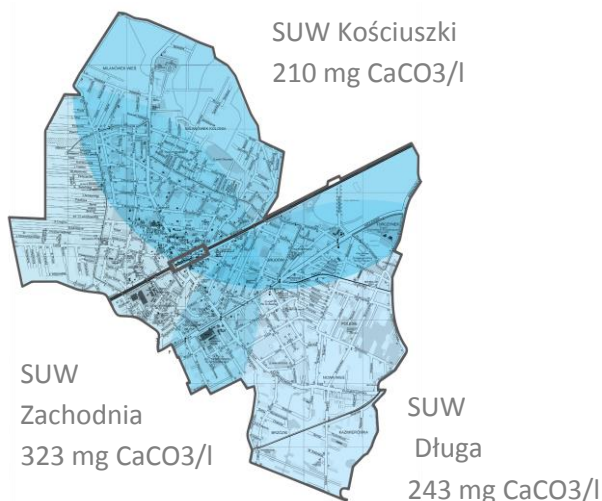
25°dH, przeliczając na jednostki obowiązujące w Polsce od 238 do 425 mg CaCO₃/l – czyli jest to woda średnio twarda i twarda. Natomiast twardość wody w Londynie jest na poziomie 260 mg CaCO₃/l – średnio twarda.

Tabela 4. Twardość wody uzdatnionej w wybranych miastach Polski

Miasto	twardość wody [mg CaCO ₃ /l]	woda
Gorzów Wielkopolski	287 – 348	średnio twarda
Grodzisk Mazowiecki	202–238	średnio twarda
Jelenia Góra	8–82	bardzo miękka
Opole	394	twarda
Piaseczno	187	miękka
Poznań	254	średnio twarda
Sopot	238	średnio twarda
Sulejówek	265	średnio twarda
Ustronie Morskie	182	miękka
Wrocław	155–256	miękka/średnio twarda

Woda w berlińskich wodociągach jest bogata w minerały i dlatego jej twardość waha się od 14 do 25°dH, przeliczając na jednostki obowiązujące w Polsce od 238 do 425 mg CaCO₃/l – czyli jest to woda średnio twarda i twarda. Natomiast

twardość wody w Londynie jest na poziomie 260 mg CaCO₃/l – średnio twarda. Wodociągi w Wiedniu charakteryzują się mięką wodą od 6 do 11°dH, czyli 102–187 mg CaCO₃/l.



Twardość wody w Milanówku

Na podstawie wykonanych we wrześniu 2015 badań jakości wody, która trafia do sieci wodociągowej w Milanówku twardość zawiera się w przedziale od 210 mg/l do 323 mg/l, co klasyfikuje ją jako wodę **średnio twardą**. Można powiedzieć, że jest to optymalny poziomem twardości wody zarówno z uwagi na zdrowie

człowieka jak i wykorzystanie do celów gospodarczo-przemysłowych.

Tabela 5 przedstawia wartości twardości wody uzdatnionej w Milanówku, wyrażoną w różnych jednostkach.

Tabela 5. Wartości twardości występujące w Milanówku w przeliczeniu na różne stopnie (jednostki)

	mg CaCO ₃ /l	mmol/l	mval/l	°niem.	°ang.	°franc.	klasyfikacja
SUW Długa	243	2,43	4,86	13,65	16,99	24,30	woda średnio twarda
SUW Zachodnia	323	3,23	6,46	18,15	22,59	32,30	
SUW Kościuszki	210	2,10	4,20	11,80	14,69	21,00	

Podsumowanie

- Ze względów zdrowotnych, preferuje się wodę względnie twardą.
- Wapń, główny składnik wpływający na twardość nie ma żadnego szkodliwego wpływu na zdrowie. Przeciwnie, dla utrzymania w dobrym stanie kości i zębów zalecane jest picie wody zawierającej sole mineralne takie jak wapń czy magnez.
- Magnez zawarty w wodzie do picia jest ok. 30-krotnie łatwiej wchłaniany w porównaniu z magnezem pochodzącym z żywności.
- Aby dostarczyć codziennie wapń i magnez, których nasz organizm potrzebuje, picie wody z kranu jest najprostszym rozwiązaniem.
- Woda w Milanówku charakteryzuje się optymalnym poziomem twardości zarówno z uwagi na zdrowie człowieka jak i wykorzystanie do celów gospodarczo-przemysłowych.
- Zmiękczenie twardej wody powinno być starannie rozważone, a w przypadku wody przeznaczonej do spożycia wręcz należy tego unikać.

Literatura

- Calderon R.L., Braun G. F.: Water hardness and cardiovascular disease. In: Nutrients in drinking water. WHO, Genewa 2005, 117–118.
- Durlach J.: Magnez w praktyce klinicznej. PZWL, wyd.I, Warszawa, 1991
- Hardness in Drinking-water. Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality*
- Kłosiewicz-Latoszek L.: Niedobór magnezu a choroby serca. Żyw. Człow. Metab. 1993, 20, 374–379
- Kousa A., Moltchanova E., Viik-Kajander M et al.: Geochemistry of ground water and the incidence of acute myocardial infarction in Finland. J. Epidemiol. Community Health, 2004, 58, 136–9.
- Krzewicki J.: Magnez w organizmie człowieka. Pol. Tyg. Lek., 1989, 30.31, 732.735
- 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.
- Mason W.P., Shalala D., Friedman D.: Drinking Water and Health. Wyd. Comm. of the Nat. Acad. of Scien., 1977, 440–447
- Matraszek-Skonieczna G., Oledzka R.: Rola magnezu w żywieniu. Żyw. Człow. Metab., 1981, 8, 35–42

10. Małgorzata Jamsheer-Bratkowska, Stankiewicz A., Skotak K., Bratkowski J.: Twardość wody w krajowych wodociągach publicznych w świetle współczesnych poglądów na znaczenie zdrowotne składników mineralnych wody. *Technologia Wody* nr 6/2010
11. Nawrocki J.: *Uzdatnianie wody. Procesy fizyczne, chemiczne i biologiczne*. Wydawnictwo Naukowe UAM, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010
12. Nerbrand C., Agreus L., Lenner R.A. et al.: The influence of calcium and magnesium in drinking water and diet on cardiovascular risk factors in individuals living in hard and soft water areas with differences in cardiovascular mortality. *BMC Public Health* 2003, 3, 21–9.
13. Neri LC et al. Magnesium and certain other elements and cardiovascular disease. *Science of the total environment*, 1985, 42:49–75.
14. Pasternak K.: Magnez w fizjologii człowieka. *Biul. Magnezol.*, 1999, 4, 2, 480–485.
15. Walasek L.: Znaczenie niedoboru magnezu w praktyce klinicznej. *Farmacja*, 1998, IV, 2.3.4, 29–31 oraz 33–35