

Znaczenie twardości wody pitnej a jej usuwanie w domowych systemach doczyszczających

The importance of drinking water hardness and its removal in home water purification systems

Krzysztof Piaskowski, Emilia Stanisławska^{*}

Słowa kluczowe: woda wodociągowa, wtórne zanieczyszczenie wody, twardość wody, filtry dzbankowe, magnez

Streszczenie

Dbłość o spożywanie czystej i bezpiecznej wody czasami prowadzi konsumentów na manowce. Wykorzystują oni dostępne metody doczyszczania wody wodociągowej, które oprócz pozytywnego aspektu usuwania wtórnych zanieczyszczeń z wody, mogą prowadzić do usuwania również minerałów ważnych dla zdrowia człowieka. Tak jest w przypadku twardości wody, która jest negatywnie oceniana przez pryzmat kamienia w czajniku czy na armaturze. Jednak zmniejszanie wartości tego parametru w systemach domowych, eliminuje z wody jony wapnia i magnezu, mające duży wpływ na poprawne funkcjonowanie organizmu. Badania prowadzone w wielu krajach wskazują, że picie twardej wody nie jest zagrożeniem dla zdrowia, ale wręcz stanowi o jego dobrej kondycji. W artykule autorzy sprawdzili laboratoryjnie, jak zmienia się twardość wody wodociągowej w wyniku użytkowania wybranych filtrów dzbankowych. Uzyskane wyniki wskazują, że większość zbadanych wkładów filtracyjnych zmniejsza wodę w pierwszej fazie eksploatacji do poziomu poniżej wymagań stawianych wodzie do picia, dodatkowo ją zakwaszając.

Keywords: tap water, secondary contamination, water hardness, filter jug, magnesium

Abstract

The concern for drinking clean and safe water sometimes leads consumers astray. They use available methods of purifying tap water, which, in addition to the positive aspect of removing secondary contaminants, can also lead to the removal of minerals important for human health. This is the case with water hardness, which is negatively assessed through the prism of scale in the kettle or on the fittings. However, reducing the value of this parameter in home water purification systems eliminates calcium and magnesium ions from the water, which have a major impact on the functioning of the human body. Studies conducted in many countries indicate that drinking hard water is not a threat to health, but rather constitutes its good condition. In the article, the authors checked in the laboratory how water hardness changes as a result of using selected jug filters. The obtained results indicate that most of the tested filter cartridges soften water in the first phase of operation to a level below the requirements for drinking water, additionally acidifying it.

Wstęp

Prawidłowe funkcjonowanie ludzkiego organizmu wymaga nie tylko samej wody, ale także różnorodnych składników mineralnych w niej zawartych. Ponad 90% substancji rozpuszczonych w wodzie to makroskładniki, takie jak wodorowęglany, siarczany, chlorki, wapń i magnez, sód oraz potas, a pozostała ilość to mikroskładniki (pierwiastki rzadkie i śladowe) oraz składniki podrzędne, jak żelazo, krzemiany itp. [4]. Szczególnie bogata w tym zakresie jest woda podziemna, która jest głównym źródłem zaopatrzenia ludności w wodę do picia. W eksploatacji sieci wodociągowej udział wód podziemnych w Polsce stanowi 74% [19]. Jej wymagana jakość została określona w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. poz.2294), a zakłady wodociągowe w procesie uzdatniania zapewniają odpowiedni

poziom jej parametrów fizyczno-chemicznych. Jednakże zanim woda znajdzie się u odbiorcy jest jeszcze transportowana siecią wodociągową i indywidualnymi przyłączami, które mogą stanowić źródło wtórnego jej zanieczyszczenia [23].

Wtórne zanieczyszczenie wody wodociągowej

Stan techniczny sieci wodociągowych, okres i sposób ich eksploatacji oraz rodzaj użytych do ich wykonania materiałów, wpływa na zmiany jakości wody dostarczonej do konsumenta. Również wewnętrzny system wodociągowy odbiorcy między siecią dystrybucyjną a indywidualnym punktem poboru może stanowić istotne źródło wtórnego zanieczyszczenia wody. Szczególnie jest to związane ze stanem sanitarno-technicznym instalacji (stare rury, przewody) [23,28]. Ponad połowę z ok. 550 funkcjonujących

^{*} Krzysztof Piaskowski, Emilia Stanisławska (studentka), Politechnika Koszalińska, Wydział Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji, Katedra Technologii Wody, Ścieków i Odpadów, 75-453 Koszalin, ul. Śniadeckich 2, krzysztof.piaskowski@tu.koszalin.pl, ORCID – 0000-0001-8440-1562

w Polsce wodociągów wybudowano w latach 1950-1980, ok. 30% przed 1939 r., a 8% jeszcze w XIX wieku [1]. Woda wodociągowa może ulegać wtórnemu zanieczyszczeniu, jako efekt wypłukiwania zanieczyszczeń z rur i elementów konstrukcyjnych baterii czepalnych [18]. W zależności od użytego materiału (np. niedozwolonego do kontaktu z wodą) i rodzaju uszczelnienia, w wyniku korozji do wody mogą przenikać także substancje niebezpieczne, jak formaldehyd, epichlorohydryna, fenol, aminy aromatyczne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, chlorek winylu i akryloamid. Migracji substancji chemicznych sprzyjają również dłuższe okresy zastoju wody, w sytuacji braku jej poboru, a im mniejsza średnica przewodu tym większy wpływ materiału na jakość wody [20].

Obok możliwości wtórnego zanieczyszczenia wody, dla niektórych konsumentów naturalny skład wody może również być czynnikiem zniechęcającym do bezpośredniego korzystania z wody wodociągowej. Takim parametrem jest twardość wody, której wysoka wartość jest przyczyną tworzenia się w czajnikach, ekspresach do kawy oraz innych urządzeniach domowych uciążliwego kamienia, jak również może mieć negatywny wpływ na jej ocenę organoleptyczną [13].

Twardość wody

Poziom twardości wody jest zależny od ilości rozpuszczonych w niej soli, głównie wapnia i magnezu. Woda przeznaczona do spożycia powinna mieć twardość mieszczącą się w zakresie 60-500 mgCaCO₃/l, zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami.

Praktycznie w Polsce woda wodociągowa wykazuje przewagę średnich poziomów twardości wody. Wyniki analiz tego parametru, przeprowadzone w ramach monitoringu Państwowej Inspekcji Sanitarnej jakości wody przeznaczonej do spożycia z okresu 2007-2008 wykazały, że 81,4% badanych próbek z obszaru całego kraju charakteryzowała się twardością wody na poziomie 100-400 mgCaCO₃/l, z którego z największą częstotliwością występował zakres 200-300 mgCaCO₃/l – (34% próbek). Niska twardość wody występowała z głównie na obszarze południowej i południowo-zachodniej części kraju. Poniżej normy (60 mgCaCO₃/l) było 3,4% próbek, natomiast powyżej maksymalnej wartości 500 mgCaCO₃/l – jedynie 1,7% [12].

Duża twardość wody bywa czasami traktowana przez konsumentów jako czynnik sprzyjający kamicy nerkowej. Dane z badań epidemiologicznych sugerują, że twardość wody może faktycznie wiązać się ze zwiększonym ryzykiem kamicy nerkowej, ale jedynie przy wartości przekraczającej maksymalne stężenie normowe, a zwłaszcza >1000 mgCaCO₃/l [33]. Jest to jednak wartość spotykana marginalnie w wodzie wodociągowej na terenie naszego kraju. Należy również zauważyć, że predyspozycja do występowania kamicy jest wypadkową wielu czynników m.in. genetycznych, nawyków żywieniowych, warunków klimatycznych, społecznych, a także nawodnienia organizmu oraz ilości i jakości spożywanych płynów. Z drugiej strony wzrost ryzyka tej choroby może wystąpić przy spożywaniu wody o niskiej twardości, gdyż twarda woda ogranicza przyswajanie szczawianów, które obok wapnia są składnikami najczęściej występującego typu złożeń w drogach moczowych [33].

Domowe doczyszczanie wody

Twardość wody i jej widoczne następstwa wpływu na urządzenia domowe oraz armaturę są jednym z powodów stosowania przez konsumentów domowych systemów doczyszczania wody wodociągowej. W najprostszej formie są to popularne filtry dzbankowe, które w łatwy i szybki sposób pozwalają poprawić właściwości organoleptyczne wody, takie jak smak, zapach i bar-

wa, usunąć zanieczyszczenia mechaniczne z sieci i instalacji wodociągowych, metale ciężkie, chlor, a także zmniejszyć lub usunąć twardość wody [2,18]. W najbardziej rozbudowanej formie są to systemy demineralizacyjne (odwrócona osmoza), które pozwalają na dużo bardziej zaawansowane i efektywne oczyszczanie wody, pozbawiając ją w 96% jonów jednowartościowych oraz 98% jonów wielowartościowych [7]. Z wody skutecznie są usuwane zanieczyszczenia, ale również związki mineralne, niezbędne do prawidłowego funkcjonowania ludzkiego organizmu [15]. Niska zawartość minerałów w spożywanej wodzie ma swoje konsekwencje, wpływając na wzrost produkcji moczu przez nerki, znacznie zwiększając usuwanie z organizmu jony sodu, potasu, wapnia, magnezu i chlorków. W następstwie wypłukiwania elektrolitów z tkanek mogą pojawić się w organizmie zaburzenia równowagi elektrolitowej [31]. Systemy demineralizacyjne mogą (a nawet powinny) być uzupełniane o etap remineralizacji, który najczęściej ma na celu uzyskanie stabilności chemicznej wody, jak również uzupełnienie występujących w niej niedoborów głównie wapnia i magnezu, bez pozostałych istotnych makro i mikroelementów [15].

Magnez i wapń w wodzie pitnej

Podstawowym źródłem składników mineralnych człowieka jest pożywienie. Z wodą dostarczane jest ich na poziomie 10% dziennego zapotrzebowania, ale przyswajalność przez organizm jest w tej formie zdecydowanie efektywniejsza. Ma na to wpływ postać chemiczna pierwiastków, stopień dysocjacji ich połączeń rozpuszczonych w wodzie, a także współobecność innych mikroelementów działających synergistycznie. Przykładowo magnez obecny w wodzie do picia jest 30-krotnie łatwiej wchłaniany przez organizm niż pochodzący z pożywienia. Dodatkowo często proces przetwarzania żywności (np. gotowanie) może generować straty tego pierwiastka w wysokości 30–75% [4,7].

Wapń i magnez są jednymi z podstawowych makroelementów obecnych w wodzie, które biorą udział w wielu procesach biologicznych człowieka (metabolicznych, enzymatycznych), są ważne dla prawidłowego rozwoju układu naczyniowego [25]. Wapń bierze udział w budowaniu kości oraz zębów, wpływa na pracę mięśni i przesyłanie sygnałów nerwowych, na koagulację krwi oraz reguluje pracę serca. Z kolei magnez to jeden z najważniejszych pierwiastków, który obok potasu jest głównym kationem wewnątrzkomórkowym organizmu. Pomaga zachować równowagę systemu nerwowego i uczestniczy w budowie kości, komórek, zwłaszcza komórek mięśni oraz wielu enzymów [4,11]. Bierze udział w ponad 300 reakcjach enzymatycznych, wspomagając produkcję energii, syntezę białek oraz syntezę DNA i RNA. Ma istotny wpływ na zdrowie układu sercowo-naczyniowego, wspomaga również wchłanianie wapnia i mineralizację kości, jak również odgrywa ważną rolę w funkcjonowaniu mięśni [9].

Dieta bazująca na wysoko przetworzonej żywności, czy też zmniejszone wchłanianie lub nadmierne wydalanie w chorobach układu pokarmowego, wywołuje niedobór tego ważnego pierwiastka w organizmie [11]. Dodatkowo konsumpcja o obniżonej lub pozbawionej twardości (wapnia i magnezu) wody w domowych systemach filtracyjnych, może się również przyczyniać do zdrowotnych problemów. Niedobór magnezu w organizmie jest coraz częściej powiązany z chorobami układu krążenia, cukrzycy, nadciśnienia tętniczego, zaburzeniami mięśniowo-szkieletowymi, rytmu serca, rozwojem zespołu metabolicznego, czy też problemami psychiatrycznymi [9,11].

Wpływ konsumpcji wody o niskiej twardości na zdrowie danej populacji były już analizowane w badaniach przeprowadzanych na szerszą skalę w wielu regionach. Prowadzone przez 15 lat badania w Finlandii wykazały, że stężenie magnezu w wodzie miało

wpływ na wzrost częstotliwości zgonów z powodu zawałów serca. Były one 1,7 razy częstsze w regionie, gdzie woda zawierała 0,6–7,3 mgMg/dm³ niż w regionie o zawartości magnezu równym 6,9–27,8 mgMg/dm³ [21]. Również w badaniach zawartości jonów Mg w wodzie do picia, prowadzonych w różnych rejonach Izraela, wykazano dodatnią korelację między niedoborem magnezu w wodzie z systemów odsalających a śmiertelnością z powodu choroby wieńcowej [29,32]. Inni autorzy powołując się na szereg badań epidemiologicznych badających związek między chorobami układu krążenia a twardością wody pitnej wskazują na pozytywną rolę obecności Ca i Mg w wodzie pitnej w zmniejszeniu ryzyka chorób sercowo-naczyniowych [30]. Kousa i wsp. stwierdzili, że średni wzrost poziomu magnezu w wodzie o 1 mg/dm³ może zmniejszyć ryzyko występowania chorób serca o blisko 5% [14].

Szerokie badania analizujące związek między składem chemicznym wód gruntowych/wody pitnej a danymi dotyczącymi śmiertelności z powodu chorób onkologicznych (MOD) przeprowadzono w Republice Słowackiej. W oparciu o 10 letnie dane krajowej bazy analiz wód gruntowych (ponad 20 tys. analiz chemicznych 34 parametrów) oraz 17 wskaźników zdrowia dotyczących MOD wykorzystując sieci neuronowe zidentyfikowano Ca i Mg, jako najbardziej znaczące w tej materii pierwiastki chemiczne [3]. W kraju tym również wykonano badania epidemiologiczne o charakterze ekologicznym analizujące zależności między twardością wody pitnej a stanem zdrowia mieszkańców. Wybrano i zbadano dwie grupy liczące ponad 50 000 mieszkańców zaopatrywane w wodę o niskiej oraz podwyższonej twardości. Stan zdrowia obu grup monitorowano za pomocą wskaźników zdrowia, które stanowiły średnie wartości z 15 lat (1994–2008). Wyniki wykazały, że populacja korzystająca z wody o niskiej twardości charakteryzuje się wyższą śmiertelnością z powodu chorób układu krążenia (o 56%), chorób onkologicznych (o 62%), chorób układu pokarmowego (o 128%) i chorób układu oddechowego (o 121%). Oczekiwana długość życia była o ponad 4,5 roku wyższa w populacji zaopatrywanej w twardą wodę pitną [27].

Wpływ wapnia i magnezu na układ sercowo-naczyniowy ludzi został przebadany na Słowacji w 3-tysięcznej Kokava, gdzie mieszkańcy korzystali z wody wodociągowej o niskiej mineralizacji ($T_{og} = 62 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$). W tym celu wzbogacano wodę pitną w jony wapnia i magnezu używając reaktora rekarbonatyzacji (rozpuszczanie skały węglanowej ditlenkiem węgla). Średnio zawartość Ca i Mg w wodzie pitnej wzrosła o 10–15 mg/l. Wpływ tego procesu monitorowano co 6-miesięcy w oparciu o pomiar sztywności tętnic mieszkańców, charakteryzujących stan układu sercowo-naczyniowego. Wzbogacanie wody spowodowało znaczną poprawę sztywności tętnic, a wiek tętniczy poprawił się o około 10 lat [24].

Wielu autorów na podstawie własnych badań, jak również analiz dostępnej światowej literatury tematu uważa, że odpowiednie stężenie jonów Ca i Mg powinno zostać zaliczone do regulowanych parametrów wody pitnej, a zwiększenie ich zawartości przez rekarbonizację powinno wpłynąć na poprawę zdrowia konsumentów. Badania słowackie przeprowadzone dla 2889 miejscowości, analizujące związek składu chemicznego wód podziemnych ze stanem zdrowia populacji wykazały, że największy na to wpływ ma twardość wody. Optymalne wartości, przy których stan zdrowia zaopatrywanych w wodę populacji był optymalny, a długość życia największa, wyniosły: dla twardości wody: 290-610 mgCaCO₃/l, wapnia: 78-155 mg/l oraz magnezu: 28-54 mg/l [26]. Inni autorzy na podstawie obecnie dostępnych danych zalecają optymalne stężenia w wodzie pitnej na poziomie: magnez 20-30 mg/l, wapń 40-80 mg/l oraz twardość 200 – 400 mgCaCO₃/l [15,33].

Ze względu na rosnący trend stosowania przez konsumentów domowych systemów doczyszczania wody wodociągowej do picia w postaci np. dzbanków filtracyjnych, a opisane powyżej zakresy

twardości wody optymalne dla zdrowia są w większości wodociągów w Polsce utrzymane, w poniższych badaniach określono wpływ popularnych wkładów filtracyjnych na zmniejszanie wartości tego parametru w wodzie do picia.

2. Metodyka badań

Woda

W badaniach zastosowano wodę wodociągową z miejskiej sieci Koszalina, która jest ujmowana ze studni głębinowych, a następnie uzdatniana w zakresie usuwania żelaza oraz manganu w układzie filtrów otwartych. Woda nie była poddawana dezynfekcji chlorem. Wybrane parametry fizyczno-chemiczne wody, czerpanej z punktu poboru, przedstawiały się następująco:

- twardość ogólna: 200-220 mgCaCO₃/dm³,
- pH: 7,2–7,4,
- przewodność wł.: 451-483 μS/cm.

Wkłady filtracyjne

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem sześciu standardowych wkładów do dzbanków filtracyjnych różnych producentów. Skład, według specyfikacji producentów, to w zależności od wkładu głównie: drobna siatka filtrująca, żywica jonowymienna, węgiel aktywny oraz w niektórych włókno *aqualen*, w jednym przypadku dodatkowe perełki mineralizujące. Zastosowanie: poprawa smaku, zapachu, barwy wody, zmiękczenie, redukcja chloru, metali ciężkich oraz mikrozanieczyszczeń typu farmaceutyki czy pestycydy. Przewidziana eksploatacja: 150-200L wody.

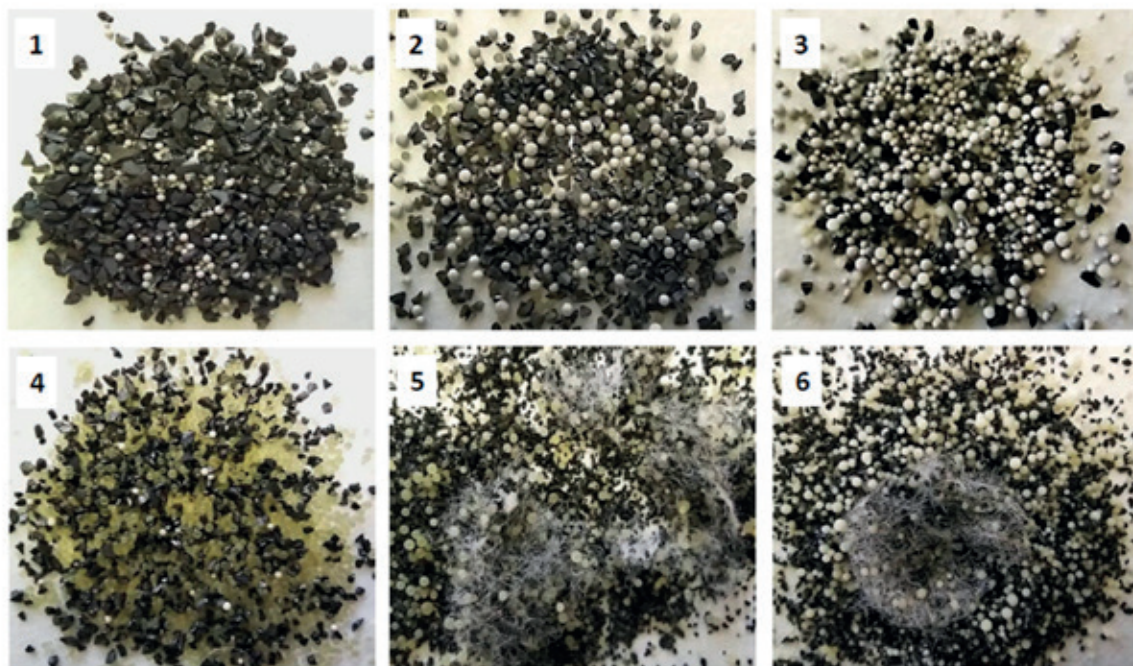
Proces filtracji

Przed rozpoczęciem badań materiał filtracyjny z otwartych wkładów przesypywano do kolumny filtracyjnej (o średnicy wew. 40 mm) i następnie wstępnie przepłukiwano wodą destylowaną (2L). Przez każdy filtr przepuszczono 50 dm³ wody wodociągowej zimnej (butla napełniana bezpośrednio z kranu, temperatura



Rys.1. Schemat układu filtracyjnego wody wodociągowej zastosowanego w badaniach

Fig. 1. Diagram of the tap water filtration system used in the tests



Fot.1. Zawartość poszczególnych wkładów dzbankowych (1-6) zastosowanych w badaniach

Photo 1. Contents of individual jug inserts (1-6) used in the research

wody 13-16°C). Wysokość złoża filtracyjnego, w zależności od zastosowanego wkładu, wyniosła od 11–14 cm. Zastosowano stałe warunki filtracji dla wszystkich materiałów z otwartym wypływem z filtra, uzyskując prędkość filtracji początkową, w zależności od zastosowanego wkładu, od 0,31-0,44 l/min (0,018-0,026 m³/h).

Analityka

Próbki wody do analizy pobierano w początkowej fazie co jeden litr (do 5 L), a następnie co 5L. Ostatnia próbka była pobierana po przefiltrowaniu 50 L wody wodociągowej (pełne badania przeprowadzone dla 200 L filtratu wykazały, że największa zmienność jakości wody występowała w zakresie 0-50 L). W filtracie oznaczono twardość ogólną metodą miareczkową, pH oraz przewodność elektr. wł. metodą konduktometryczną.

3. Wyniki badań

W badaniach wykorzystano 6 różnych, standardowych wkładów filtracyjnych, których zawartość scharakteryzowano nie tylko na podstawie danych producentów, ale również podczas obserwacji otwarcia wkładu i przesypywania do kolumny filtracyjnej (fot.2). Poszczególne wkłady zawierały głównie granulowany węgiel aktywny (różnego typu, co stwierdzono na podstawie kształtu, wielkości ziaren oraz odcienia koloru) o zmiennym udziale w całkowitej masie wypełnienia wkładów, złożę jonowymienne (białe, szare i żółte kuleczki) również różnego typu i ilości oraz w dwóch przypadkach (wkład 5 i 6) włókno *Aqualen*, określane jako specjalny materiał sorpcyjny. Oprócz składu, parametrem różnicującym wkłady była również ich masa: od 77g do 103g pojedynczego wkładu.

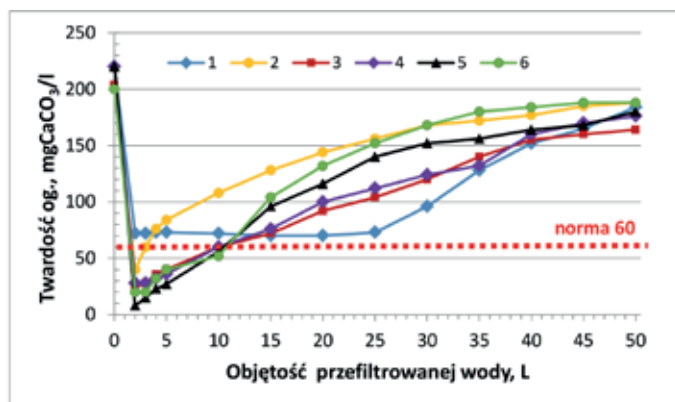
W przeprowadzonych badaniach skupiono się tylko na wybranym aspekcie użytkowania wkładów filtracyjnych, czyli usuwania twardości oraz związanymi z tym procesem zmianami jakości wody w zakresie pH oraz przewodności właściwej, będącej miarą zawartości substancji mineralnych.

Zastosowane wkłady filtracyjne zmiękczały wodę wodociągową poniżej wartości normowej (twardość og. 60-500 mgCaCO₃) jedynie w początkowej fazie filtracji i przebieg zmian parametru był bardzo zbliżony dla większości (wkłady 3-6) z zastosowanych wkładów. W pierwszych litrach filtrowanej wody twardość gwał-

townie obniżała się <50 mgCaCO₃, następnie stopniowo wzrastała, aby po >10 litrach filtratu dojść do minimalnego poziomu normowego. Po przefiltrowaniu 50 litrów wszystkie wkłady zmiękczały już wodę w niewielkim stopniu, a twardość osiągała już zakres wartości 160-190 mgCaCO₃. Pośród wszystkich badanych wkładów dwa z nich (1 i 2) odbiegały od pozostałych przebiegiem zmian analizowanego parametru. Wkład nr 2 po początkowym mocnym obniżeniu twardości wody, już po 3 litrach filtratu obserwowano wzrost, który przekroczył minimalny poziom normowy 60 mg-CaCO₃ i wartość parametru szybko wzrastała z każdym kolejnym litrem wody (niska pojemność jonowymienna). Natomiast wkład nr 1 wykazał całkowicie inny przebieg zmian twardości wody, obniżając początkowo analizowany parametr do 70 mgCaCO₃, czyli niewiele powyżej minimalnej normy i dopiero po 25 litrach stopniowo obserwowano wzrost twardości wody, zbliżając się wartością do filtratu z pozostałych badanych wkładów. Z jednej strony wkład ten nie zmiękczał wody w początkowej fazie tak jak pozostałe, ale z drugiej strony utrzymywał minimum normy o wiele dłużej, podczas gdy w innych przypadkach twardość wody w filtratach była już kilkukrotnie wyższa.

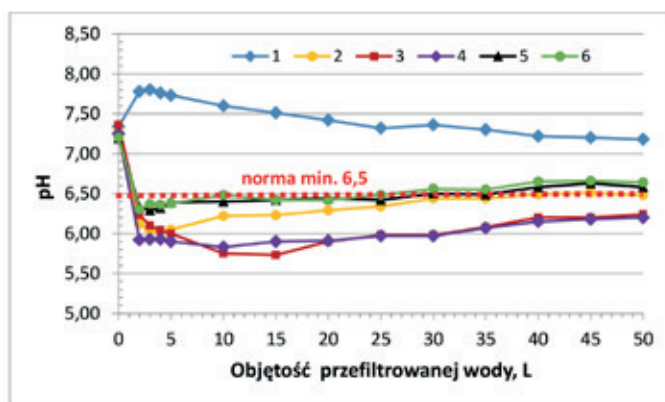
Wkład nr 1 również inaczej niż pozostałe wpływał na zmiany wartości pH wody (rys.3), zwiększając wartość parametru w pierwszym etapie filtracji do pH 7,8, a następnie powoli obniżając do wartości wyjściowej, osiągając po 50 litrach pH 7,2. Być może wkład 1 usuwał tylko część twardości, tzw. twardość węglanową, co można uzyskać poprzez dobór odpowiedniej żywicy jonowymiennej. W przypadku pozostałych wkładów (2-6) filtracja obniżała wartość pH wody poniżej wartości normowej, czyli <pH 6,5. Wkłady 5 i 6 utrzymywały wartość parametru na granicy normy i dopiero po 30 litrach obserwowano wzrost do pH 6,7. Obserwowane zmiany pH wody następowały w wyniku procesu wymiany jonowej, w którym jakość filtratu odzwierciedlała również rodzaju jonitu oraz obecnych w jego strukturze jonów wymiennych (wodorowych lub sodowych wymianych na jony wapnia i magnezu).

W literaturze niektórzy autorzy wskazują, że picie wody o charakterze kwaśnym poza zakresem pH 6,5–8,5 może mieć niekorzystny wpływ dla zdrowia człowieka. Kwaśna woda o pH mniejszym niż 6,5 może prowadzić do zaburzenia równowagi pH we krwi, która powinna być zasadowa. W różnych badaniach me-



Rys.2. Usuwanie twardości wody wodociągowej po filtracji przez materiał wkładu dzbankowego. Oznaczenie: 1-6 – poszczególne wkłady filtracyjne zastosowane w badaniach

Fig. 2. Removal of hardness from tap water after filtration through the jug insert material. Designation: 1-6 – individual filter inserts used in the tests



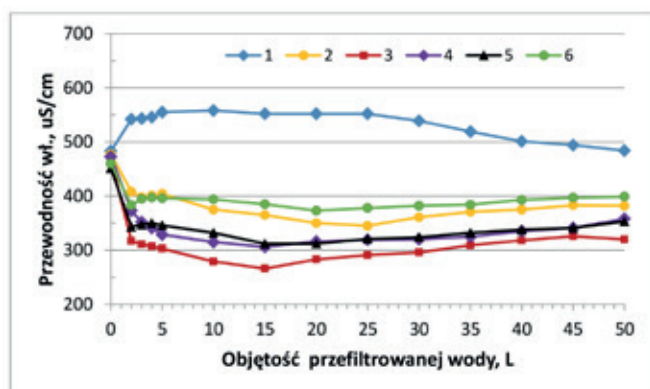
Rys.3. Zmiany pH wody wodociągowej po filtracji przez materiał wkładu dzbankowego. Oznaczenie: 1-6 – poszczególne wkłady filtracyjne zastosowane w badaniach

Fig. 3. Changes in pH of tap water after filtration through a jug cartridge. Designation: 1-6 – individual filter cartridges used in the tests

dycznych ustalono również, że picie kwaśnej wody może również powodować brak równowagi poziomu minerałów w organizmie [5,31].

Zmiany mineralizacji wody po filtracji na badanych wkładach obserwowano przy wykorzystaniu pomiaru przewodności elektrycznej właściwej. Parametr ten może służyć do oceny stopnia zasolenia wody (rozpuszczonych w niej soli i minerałów). Większość badanych wkładów filtracyjnych wpływała na obniżenie wartości przewodności wł. (rys.4). Jedynie wkład nr 1 wykazywał początkowy wzrost wartości tego parametru w filtracji i dopiero po 50 litrach obniżył się do poziomu wyjściowego, mierzonego dla wody wodociągowej. Podobny trend obserwowano dla tego wkładu w przypadku parametru pH, czego wyjaśnieniem może być skład wkładu, który zgodnie z danymi producentkimi oprócz węgla aktywnego i żywicy jonowymiennej zawierał również tzw. perełki mineralizujące. Prawdopodobnie dzięki nim filtrowana woda wykazywała wzrost mineralizacji, wartości pH, jak również utrzymanie wyższej twardości, powyżej minimalnej normy, mimo obecności żywicy jonowymiennej. Być może wkład 1 usuwał tylko część twardości, tzw. twardość węglanową (łatwo usuwalną np. w procesie gotowania wody), co można uzyskać poprzez dobór odpowiedniej żywicy jonowymiennej.

Rys.4. Zmiany przewodności wł. wody wodociągowej po filtracji przez materiał



wkładu dzbankowego. Oznaczenie: 1-6 – poszczególne wkłady filtracyjne zastosowane w badaniach

Fig. 4. Changes in the specific conductivity of tap water after filtration through the jug insert material. Designation: 1-6 – individual filter inserts used in the tests

Podsumowanie

Woda jest ważnym dla człowieka źródłem składników mineralnych, które są w niej rozpuszczone i łatwo absorbowane z przewodu pokarmowego. Wyniki wielu badań wskazują, iż odpowiedni skład mineralny wody może pełnić znaczącą rolę w prewencji chorób układu krążenia oraz nowotworów przewodu pokarmowego. Szczególną rolę odgrywa wapń i magnez zawarty w wodzie pitnej, który z kolei w formie jonowej wchłania się 30 razy lepiej niż z pożywienia [6,8,17]. Pierwiastki te obecne w odpowiedniej ilości są jednak w wodzie twardej (większość wody wodociągowej w Polsce), która przez konsumentów postrzegana jest negatywnie, stąd też stosowanie domowych systemów filtracyjnych. Doczyszczanie wody wodociągowej może przynieść duże korzyści zarówno pod względem poprawienia jej składu chemicznego poprzez eliminację ew. zanieczyszczeń, jak i podniesienia walorów smakowych, w wyniku usuwania resztkowego chloru [4]. Filtracja dzbankowa jest prostą i skuteczną metodą doczyszczania wody, posiadającą jednak pewne ograniczenia. Nie usuwają one z wody mikroorganizmów, a wręcz w wyniku nieprawidłowej eksploatacji można je wyhodować na wkładzie filtracyjnym, przechowując dzbanki w temperaturze pokojowej lub wydłużając czas używania filtra. W wyniku tego zanieczyszczenie mikrobiologiczne przefiltrowanej wody może przekroczyć nawet normę [10,16,22]. Filtry dzbankowe umożliwiają usunięcie różnych typów mikrozanieczyszczeń, ale mogą one również zmieniać jakość wody pitnej w zakresie niekorzystnym dla zachowania mineralnej równowagi organizmu.

W przeprowadzonych badaniach większość zastosowanych wkładów filtracyjnych zmiękczała wodę głównie w początkowym etapie eksploatacji (w zależności od pojemności jonowymiennej wkładu), a przy tym również ją zakwaszała. Obserwowano usunięcie twardości ogólnej w filtracji nawet poniżej poziomu normowego, który i tak jest kilkukrotnie niższy od wskazywanego przez wielu autorów, jako wymagany dla utrzymania dobrej kondycji organizmu. Woda pitna w przypadkach niskiej twardości powinna być, zgodnie z wnioskami wielu autorów badań, dodatkowo wzbogacana szczególnie w jony Mg i Ca. I tak dla jednego z badanych wkładów filtracyjnych uzyskano w pewnym stopniu poprawę analizowanych parametrów wody w tym zakresie, ze względu na zastosowany dodatek mineralizujący. Trend ten jest też coraz częściej obserwowany w pojawiających się specjalnych wkładach dzbankowych mineralizujących, typu Mg⁺, mających niwelować niskie stężenie tego jonu w wodzie do picia.

LITERATURA:

- [1] Adamski W. 2014. „Stan i trendy w rozwoju technologii oczyszczania wody”, *Tech. Wody*, 2 (34):14-18.
- [2] Chaffin J.D., Fox E.L., Nauman C.A., Slodysko K.L. 2019. „The ability of household pitcher-style water purifiers to remove microcystins depends on filtration rate and activated carbon source”, *Water Supply*, 19: 336–345.
- [3] Cvečkova V., Fajcikova K., Stehlikova B., Rapant S. 2017. “Chemical composition of groundwater/drinking water and oncological disease mortality Slovak Republic”, *Environ. Geochem Health.*, 39(1): 191-208., doi: 10.1007/s10653-016-9820-6.
- [4] Derkowska–Sitarz M., Adamczyk–Lorenc A. 2008. „Wpływ składników mineralnych rozpuszczonych w wodzie pitnej na organizm człowieka”, *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej* Nr 123, *Studia i Materiały* Nr 34.
- [5] Dewangan S.K., Shrivastava S.K., Tigga V., Lakra M., Preeti N. 2023. “Review paper on the role of pH in water quality implications for aquatic life, human health, and environmental sustainability”, *Int. Adv. Res J. Sci., Eng. and Technol.*, vol. 10, Issue 6:215-218, DOI: 10.17148/IARJSET.2023.10633.
- [6] Deveau M. 2010. “Contribution of drinking water to dietary requirements of essential metals”, *J. Toxicol. Environ. Health A.*, 73(2), 235–41.
- [7] Drobnik M., Latour T. 2002. „Wpływ wody dejonizowanej na stan zdrowotny ludności”, *ROCZN. PZH*, 2002, 53(2): 187-195.
- [8] Dvorak B.I., Skipton S.O. 2007. “Drinking water: iron and manganese”, Published by University of Nebraska – Lincoln Extension. Institute of Agriculture and Natural Resources.
- [9] Fatima G., Dzupina A., Alhmadi H.B., Magomedova A., Siddiqui Z., Mehdi A., Hadi N. 2024. “Magnesium Matters: A Comprehensive Review of Its Vital Role in Health and Diseases”, *Cureus* 16(10): e71392. DOI:10.7759/cureus.71392.
- [10] Gizińska M., Pytka A., Skwarzyńska A., Micek A., Jóźwiakowski K., Marzec M., Sosnowska B. 2014. „Porównanie skuteczności działania i żywotności filtrów dzbankowych do wody”, *Tech. wody*, 2(34):25-29.
- [11] Iskra M., Krasińska B., Tykarski A. 2013. „Magnez — rola fizjologiczna, znaczenie kliniczne niedoboru w nadciśnieniu tętniczym i jego powikłaniach oraz możliwości uzupełniania w organizmie człowieka”, *Arterial Hypertension*, 6(17):447–459.
- [12] Jamsheer-Bratkowska M., Stankiewicz A., Skotak K., Bratkowski J. 2010. „Twardość wody w krajowych wodociągach publicznych w świetle współczesnych poglądów na znaczenie zdrowotne składników mineralnych wody”, *Tech. Wody*, 6(8): 26-32.
- [13] Kamińska G., Puszczało E., Marszałek A. 2022. „Skuteczność filtracji dzbankowej w zmiękczeniu wody wodociągowej i usuwaniu chloru”, *PJMEE*, vol. 4(24): 13–20, DOI: 10.53052/pjmee.2022.4.02.
- [14] Kousa A., Havulinna A.S., Moltchanova E., Taskinen O., Nikkarinen M., Eriksson J., Karvonen M. 2006. “Calcium:magnesium ratio in local groundwater and incidence of acute myocardial infarction among males in rural Finland”, *Environ. Health Perspectiv.*, 114: 730–734.
- [15] Kozisek, F. 2004. “Health Risks from Drinking Demineralised Water”, National Institute of Public Health, <https://www.researchgate.net/publication/252043662>.
- [16] Kruszelnicka I., Ginter-Kramarczyk D., Michałkiewicz M. 2017. „Czy warto stosować filtry dzbankowe?”, *Tech. Wody*, 4(54): 16-21.
- [17] Madej D., Kałuża J., Antonik A., Brzozowska A., Roszkowski W. 2011. „Calcium, magnesium, iron and zinc in drinking water and status biomarkers of these minerals among elder people from Warsaw region”, *ROCZN. PZH*, 62(2): 159-168.
- [18] Marszałek A., Puszczało E., Kamińska G. 2022. „Ocena skuteczności usuwania metali ciężkich w filtracji dzbankowej”, *Gaz Woda Tech. Sanit.*, 1(10), 34-38, DOI: 10.15199/17.2022.10.6.
- [19] Ochrona środowiska, GUS Warszawa 2024.
- [20] Parafińska K., Marcinkowski J.T., Zimoch I. 2015. „Identyfikacja zdarzeń niebezpiecznych i zagrożeń w systemach zaopatrzenia w wodę”, *Probl. Hig. Epidemiol.*, 96(2): 349-356.
- [21] Punsar S., Karvonen M.J. 1979. “Drinking water quality and sudden death: observations from West and East Finland”, *Cardiology* (64): 24-34.
- [22] Puszczało E., Kudlek E., Marszałek A. 2019. „Ocena skuteczności pracy filtrów przelewowych”, *Proc. Ecolopole*, 13(1-2):155-162, DOI: 10.2429/proc.2019.13(1)016 .
- [23] Puszczało E., Marszałek A. 2020. „Problem wtórnego zanieczyszczenia wody w województwie śląskim”, *Proc. ECOpole*, 14(1):129-134, DOI: 10.2429/proc.2020.14(1)013.
- [24] Rapant S., Cvečková V., Čermák P., Hajduk I., Jurkovič L. 2023. “Assessment of the Health Benefits of Calcium and Magnesium Enrichment in Drinking Water: A Case Study in Kokava Nad Rimavicou, Slovak Republic”, *Res. Square*, DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2992337/v1>.
- [25] Rapant S., Cvečková V., Fajčíková K., Hajdúk I., Hiller E., Stehlíková B. 2019. “Hard Water, More Elastic Arteries: A Case Study from Krupina District, Slovakia”, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16, 1521; DOI:10.3390/ijerph16091521.
- [26] Rapant S., Cvečková V., Fajčíková K., Sedláková D., Stehlíková B. “Impact of Calcium and Magnesium in Groundwater and Drinking Water on the Health of Inhabitants of the Slovak Republic”, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 14(3), 278; DOI: 10.3390/ijerph14030278.
- [27] Rapant S., Letkovicova A., Jurkovicova D., Kosmovsky V., Kozisek F., Jurkovic L. 2021. “Differences in health status of Slovak municipalities supplied with drinking water of different hardness values”, *Environ. Geochem. Health.*, 43(7): 2665-2677, DOI: 10.1007/s10653-020-00664-6.
- [28] Raport: Stan sanitarny kraju 2023, Główny Inspektorat Sanitarny, Warszawa 2024.
- [29] Rosen V.V., Garber O.G., Chen Y. 2018. “Magnesium deficiency in tap water in Israel: The desalination era”, *Desalination*, 426: 88-96. DOI: 10.1016/j.desal.2017.10.027.
- [30] Rosborg I., Kozisek F. (editors). *Drinking Water Minerals and Mineral Balance. Importance, Health Significance, Safety Precautions*. Second Edition, ISBN 978-3-030-18034-8 (eBook), DOI: 10.1007/978-3-030-18034-8, Springer 2019.
- [31] Saini R.D. 2017. “Health Risks from Long Term Consumption of Reverse Osmosis Water”, *Int. J. Appl. Chem.*, vol. 13 (2): 293-301.
- [32] Shlezinger M., Amitai Y., Goldenberg I., Shechter M. 2016. “Desalinated seawater supply and all-cause mortality in hospitalized acute myocardial infarction patients from the Acute Coronary Syndrome Israeli Survey 2002–2013”, *Int. J. Cardiol.* 220: 544–550, DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.06.241.
- [33] Stankiewicz A., Jamsheer-Bratkowska M., Maziarka D. 2018. „Wysoka twardość wody przeznaczonej do spożycia a jej bezpieczeństwo dla zdrowia w świetle współczesnych badań”, *Instal*, 12: 52–54.