

# Szacowanie ryzyka zdrowotnego wynikającego z występowania przekroczeń parametrów chemicznych w wodzie przeznaczanej do spożycia

## Estimation of health risk resulting from excessive chemical parameters in drinking water

PAULINA WOJTYŁA-BUCIORA <sup>1/</sup>, JERZY T. MARCINKOWSKI <sup>2/</sup>

<sup>1/</sup> Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Poznaniu

<sup>2/</sup> Zakład Higieny Katedry Medycyny Społecznej Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

**Wprowadzenie.** Zabezpieczenie systemu zaopatrzenia w wodę przed zanieczyszczeniami stanowi pierwszą linię obrony jakości wody.

**Cel.** Przybliżenie procedury szacowania ryzyka zdrowotnego oraz przedstawienie zagrożeń dla zdrowia ludzi, wynikających z najczęściej występujących przekroczeń parametrów chemicznych w województwie wielkopolskim, w aspekcie aktualnie obowiązującego prawa dotyczącego nadzoru i kontroli nad jakością wody przeznaczanej do spożycia przez ludzi.

**Materiał.** Oficjalne dane Państwowej Inspekcji Sanitarnej dotyczącej jakości wody przeznaczanej do spożycia przez ludzi w województwie wielkopolskim. Scharakteryzowano najczęściej przekraczane parametry chemiczne, pod kątem ryzyka i zagrożeń dla zdrowia.

**Wyniki.** Najczęstszą przyczyną kwestionowania jakości wody przeznaczanej do spożycia w województwie wielkopolskim są przekroczenia parametrów organoleptycznych i fizykochemicznych, takich jak: żelazo, mangan, barwa, mętność, amoniak, chlorki. Są to parametry wskaźnikowe, które nie mają bezpośredniego wpływu na zdrowie konsumentów. Bardziej niepokojące są występujące przekroczenia fluorków, azotanów – jednakże parametry te kwestionowane są rzadziej. Odstępstwa od dopuszczalnych wartości w krótkim czasie nie klasyfikują wody jako niezdatnej do spożycia.

**Wnioski.** Należy systematycznie szacować ryzyko i zagrożenia dla zdrowia ludzi. Zażalenie konsekwencji zdrowotnych zależy od wielu czynników, między innymi: stopnia stężenia substancji, okresu czasu przekroczenia dopuszczalnej wartości oraz rodzaju poszczególnych substancji.

**Słowa kluczowe:** zagrożenie, ryzyko zdrowotne, narażenie, tolerowane dzienne spożycie

**Introduction.** The water supply system protection against pollution is the first line of defense for water quality.

**Aim.** The approximation of the health risk assessment procedure and the presentation of human health risks resulting from the most frequent excessive chemical parameters in the Wielkopolska region, in terms of the current law on the supervision and control over the quality of water intended for human consumption.

**Material.** The official data of the State Sanitary Inspection concerning the quality of water intended for human consumption in the Wielkopolska region. The most common excessive chemical parameters, in terms of risks and health hazards, were characterized.

**Results.** The most common reason for questioning the quality of drinking water in the Wielkopolska region are excessive organoleptic and physicochemical parameters, such as iron, manganese, color, turbidity, ammonia and chloride. These are, so-called, indicative parameters and they have no direct influence on the consumers' health status. Excessive concentration of fluoride and nitrate is more worrisome – however, these parameters are rarely questioned. A short-term deviation from the limit values does not classify water as unsuitable for consumption.

**Conclusions.** The evaluation of the risks and hazards to human health should be carried out systematically. The occurrence of the health consequences depends on many factors, including: concentration, duration of the deviation from the limit values and the type of substances.

**Keywords:** risk, health risk, exposure, tolerated daily dose

© Probl Hig Epidemiol 2010, 91(1): 137-142

www.phie.pl

Nadesłano: 21.12.2009

Zakwalifikowano do druku: 29.01.2010

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Paulina Wojtyła-Buciora

Wojewódzka Stacja Sanitarno Epidemiologiczna

ul. Noskowskiego 21, 61-705 Poznań

tel. 61 8544-830, fax. 61 8525-829, e-mail: paulinawojtyla@gmail.com

## Wprowadzenie

Woda, której obecność warunkuje istnienie życia na ziemi, musi być dostępna dla wszystkich ludzi w zadowalającej ilości oraz możliwie najwyższej jakości. Zabezpieczenie systemu zaopatrzenia w wodę przed zanieczyszczeniami stanowi pierwszą linię obrony jakości wody. Ochrona źródeł wody, jako najlepsza metoda zapewnienia bezpiecznej wody, powinna być roz-

wiązaniem preferowanym w stosunku do uzdatniania zanieczyszczonej wody w takim stopniu, aby nadawała się do spożycia. Jeśli tylko pojawi się potencjalnie niebezpieczna sytuacja, należy określić ryzyko zagrożenia zdrowia i rozważyć dostępność alternatywnych źródeł wody oraz zastosowanie środków zaradczych, tak aby można było podjąć decyzję zapewniającą dostawę wody o dopuszczalnej jakości [ 1 ].

Czynniki szkodliwe dla zdrowia, które mogą występować w wodzie przeznaczonej do spożycia możemy podzielić na mikrobiologiczne i chemiczne. Fakt, że zanieczyszczenia chemiczne na ogół nie powodują ostrych skutków sytuuje je niżej w kategoriach ważności w stosunku do zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Jednak problemy związane z zawartymi w wodzie pitnej związkami chemicznymi wynikają głównie z ich zdolności do wywołania niepożądanych skutków zdrowotnych po dłuższym okresie spożywania zanieczyszczonej wody. Szczególne znaczenie mają zanieczyszczenia kumulujące właściwości toksyczne, takie jak metale ciężkie i substancje rakotwórcze [2].

Ciekawym spostrzeżeniem dotyczącym natury ryzyka jest fakt, że zagrożenia o skutkach odroczone są bagatelizowane. Spożywanie wody o jakości mogącej mieć w długim przedziale czasu negatywny wpływ na zdrowie, przypisywane jest mniejsze ryzyko, w porównaniu ze spożyciem wody, które powodują odczucia natychmiastowe [3].

Problem bezpieczeństwa zdrowotnego wody w Polsce aktualnie reguluje Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [4], uwzględniające zalecenia Dyrektywy Rady 98/83/WE [5]. W rozporządzeniu zostały ściśle określone podstawowe oraz dodatkowe wymagania chemiczne jakim powinna odpowiadać woda przeznaczona do spożycia. Rozporządzenie nakłada również na organy Państwowej Inspekcji Sanitarnej (PIS) obowiązek wydawania obszarowych ocen jakości wody dotyczących spełnienia wymagań określonych w rozporządzeniu oraz szacowania ryzyka zdrowotnego konsumentów.

## Cel pracy

Przybliżenie procedury szacowania ryzyka zdrowotnego oraz przedstawienie zagrożeń dla zdrowia ludzi, wynikających z najczęściej występujących przekroczeń parametrów chemicznych w województwie wielkopolskim, w aspekcie aktualnie obowiązującego prawa dotyczącego nadzoru i kontroli nad jakością wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

## Materiał i metodyka badań

Z procesem szacowania ryzyka ściśle związane jest pojęcie „zagrożenia”, czyli potencjalnej, zdefiniowanej jakościowo, możliwości spowodowania szkodliwego skutku zdrowotnego przez dany czynnik chemiczny, oraz pojęcie „ryzyka”, czyli prawdopodobieństwa wystąpienia określonych skutków zdrowotnych w wyniku narażenia na dany czynnik szkodliwy [6].

Wiedza o ryzyku pozwala na jego identyfikację, ocenę, wprowadzenie kontroli oraz chroni przed jego negatywnymi skutkami. Ryzyko ocenia się na podstawie

znajomości działania zagrożenia, jego zasięgu oraz mechanizmu powstawania strat, przy czym znane zagrożenia są z reguły oceniane jako mniejsze od zagrożeń nierozpoznanych. Dysponując stosowną wiedzą oraz procedurami wykrywania zagrożeń i ich ograniczania możliwe jest utrzymanie kontroli nad ryzykiem [3,7,8].

Zgodnie z rekomendacją amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska US EPA, co znalazło odbicie w dyrektywie Unii Europejskiej [5], w procesie oceny ryzyka wyróżnia się następujące etapy postępowania:

1. Identyfikacja zagrożenia ma na celu zidentyfikowanie niebezpieczeństwa lub niekorzystnych skutków wywołanych przez daną substancję. Identyfikacja niebezpieczeństwa pokazuje aspekt jakościowy szacowania ryzyka [9]. Do oceny zagrożenia niezbędne są informacje dotyczące:

- a) Właściwości fizykochemicznych (stan skupienia, temperatura wrzenia, i topnienia, gęstość właściwa, prężność par, rozpuszczalność w wodzie i rozpuszczalnikach organicznych);
- b) Drog wchłaniania (wziewna, skórna, pokarmowa);

Udział wody pitnej w dziennym spożywaniu obejmuje bezpośrednie wprowadzenie do organizmu substancji zawartych w spożywanej wodzie oraz wprowadzenie tych substancji drogami pośrednimi, takimi jak wdychanie lotnych substancji i kontakt przez skórę w czasie kąpieli czy pod natryskiem. Jednak w większości przypadków brak wystarczających danych uniemożliwia miarodajne oszacowanie dawek zanieczyszczeń występujących w wodzie pitnej, które dostają się do organizmu poprzez wdychanie i absorpcję przez skórę. Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), uwzględnienie części dopuszczalnego dziennego spożycia (TDI) związanego z wodą pitną na ogół wystarczająco zabezpiecza przed skażeniami dostającymi się do organizmu dodatkowymi drogami [1].

- c) Rodzaju ekspozycji (sporadyczna, ciągła, przerywana);
- d) Losów w organizmie, zwłaszcza biotransformacji (czyli w wyniku przemian powstaje mniej lub bardziej toksyczny metabolit);
- e) Określenia skutków zdrowotnych, które mogą być wynikiem narażenia na określoną substancję;
- f) Wyników badań przeprowadzonych na zwierzętach i ludziach [6].

2. Ocena zależności dawka-odpowiedź, ma na celu określenie zależności pomiędzy dawką lub stężeniem substancji toksycznej, a częstością lub nasileniem występowania biologicznego efektu działania w narażonej populacji. Ocena zależności dawka-odpowiedź przedstawia aspekt ilościowy szacowania ryzyka. Opisuje przy jakim stężeniu obserwuje się skutek [9]. Skutkiem działania substancji chemicznej mogą być

różne efekty szkodliwe. W celu szacowania ryzyka bierze się pod uwagę krytyczny efekt zdrowotny, czyli efekt szkodliwy, występujący przy najmniejszym narażeniu. Proces szacowania ryzyka przyjęty przez WHO opiera się na dwóch procedurach:

- dla substancji chemicznych, które wykazują mechanizm progowy działania toksycznego
- dla substancji, które nie wykazują progów działania toksycznego [1].

3. Oszacowanie wielkości narażenia obejmuje ustalenie wielkości i charakteru populacji narażonej na daną substancję chemiczną oraz określenie wielkości i czasu narażenia. Narażenie jest funkcją iloczynu substancji i czasu jej oddziaływania. Jest procesem, w wyniku którego następuje bezpośredni kontakt czynnika z organizmem ludzkim. Proces oceny narażenia można podzielić na trzy etapy:

- Ustalenie miejsca narażenia (wielkości obszaru, na którym istnieje narażenie na daną substancję chemiczną), następnie ustala się wielkość populacji i jej charakterystykę (wiek, płeć, przebywanie stałe lub okresowe na danym terenie) z uwzględnieniem informacji dotyczących grup szczególnie wrażliwych;
- Ustalenie źródeł zanieczyszczenia środowiska, określenie punktów kontaktów człowieka z zanieczyszczeniami i dróg wchłaniania zanieczyszczeń chemicznych;
- Określenie wielkości ekspozycji na danej drodze narażenia i szacowanie wielkości ogólnego narażenia. Obliczenie wielkości dawki pobranej na drodze narażenia przeprowadza się na podstawie wzoru [6]:

$$D = C (N \times F \times T) / (W \times AT)$$

gdzie:

D – dawka pobrana substancji [mg/kg masy ciała/dobę]

C – średnie stężenie substancji np. w wodzie, w okresie narażenia [mg/l]

N – ilość nośnika danej substancji chemicznej, na którą narażony jest człowiek w danym okresie (np. codzienne spożycie wody – 2 l)

F – częstość narażenia ( w minutach, godzinach, dniach/rok)

T – okres narażenia w latach

W – masa ciała w kg

AT – okres (w dniach), dla którego dokonuje się uśrednienia (np. dla działania rakotwórczego cały okres życia 70 lat  $\times$  365 dni).

4. Charakterystyka ryzyka ma na celu podsumowanie oceny zagrożenia i narażenia na substancje chemiczne obecne w środowisku. Pozwala ona na liczbową ocenę prawdopodobieństwa wystąpienia określonego efektu zdrowotnego. W zależności od tego czy działanie substancji ma charakter progowy czy bezprogowy

stosuje się różne rozwiązania metodyczne przy ocenie ryzyka zdrowotnego. W przypadku efektu progowego celem postępowania w procedurze szacowania ryzyka jest ustalenie wielkości dopuszczalnego narażenia [6]. Dla związków chemicznych, dla których istnieje dawka, poniżej której nie obserwuje się niepożądanych efektów, WHO ustala zalecane dopuszczalne wartości na podstawie tolerowanego dziennego spożycia (TDI) w następujący sposób [1]:

$$TDI = NOAEL \text{ lub } LOAEL / UF$$

gdzie:

NOAEL – poziom, przy którym nie zaobserwowano występowania szkodliwego efektu,

LOAEL – najniższy poziom zaobserwowanego wystąpienia szkodliwego efektu,

UF – współczynnik niepewności.

Wartość TDI (tolerowane codzienne spożycie) stanowi oszacowaną ilość substancji zawartej w wodzie pitnej odniesioną do masy ciała (mg/kg lub  $\mu$ g/kg masy ciała), która może być spożywana codziennie przez okres całego życia bez istotnego ryzyka zdrowotnego. Krótkotrwałe narażenie na zagrożenie przekraczające wartości TDI nie daje powodu do zaniepokojenia, pod warunkiem, że średnie indywidualne spożycie przez dłuższy czas nie przekracza znacząco tych wartości.

Wartość NOAEL jest definiowana jako najwyższa dawka lub stężenie substancji chemicznej w pojedynczym badaniu, uzyskane z obserwacji lub eksperymentu, które nie powoduje występowania szkodliwego efektu zdrowotnego. W przypadku gdy wartość NOAEL nie jest dostępna, można wykorzystać wartość LOAEL. Jest ona zdefiniowana jako najniższa dawka czy stężenie substancji, powodujące wystąpienie efektów szkodliwych. Wykorzystanie wartości LOAEL lub NOAEL wymaga zastosowania dodatkowego współczynnika niepewności (tab. I). Przy ustalaniu zalecanych dopuszczalnych wartości dla wody do picia, podawanych przez WHO, zastosowano współczynniki niepewności w stosunku do najniższych wartości NOAEL lub LOAEL, przy których reakcja (odpowiedź) organizmu została uznana jako najważniejsza pod względem biologicznym.

Tabela I. Zasady uwzględnienia współczynnika niepewności [1]

Table I. Principles of UF (Uncertainty Factor) inclusion

Źródło niepewności	Współczynnik
Różnice gatunkowe (zwierzęta a ludzie)	1-10
Różnice wewnątrzgatunkowe (różnice pomiędzy osobnikami)	1-10
Odpowiedniość badania lub bazy danych	1-10
Charakter i nasilenie efektu	1-10

Całkowity współczynnik niepewności nie powinien przekraczać 10 000. Jeżeli ocena ryzyka prowadziła do wyższego współczynnika niepewności, to wówczas otrzymane wartości TDI byłyby tak bardzo

nieprecyzyjne, że stałyby się bezwartościowe. W wypadku substancji, dla których współczynniki niepewności były większe niż 1000, zalecane dopuszczalne wartości traktuje się jako tymczasowe, ponieważ dla tych wartości poziom niepewności jest wysoki [1].

W przypadku zanieczyszczeń, co do których nie ma dużych wątpliwości, zalecane dopuszczalne wartości zostały ustalone przez WHO przy zastosowaniu małych współczynników niepewności, dzięki czemu istnieje szeroki margines bezpieczeństwa powyżej zalecanej dopuszczalnej wartości, zanim, po jej przekroczeniu, uwidocznią się niepożądane skutki zdrowotne. Na podstawie wyznaczenia tolerowanego dziennego spożycia WHO ustaliła zalecane dopuszczalne wartości GV (*Guideline Value*) potencjalnie szkodliwych substancji chemicznych, mających za zadanie ochronę zdrowia ludzkiego, obliczane za pomocą wzoru:

$$GV = TDI \times bw \times P$$

gdzie:

bw – masa ciała (60 kg dla osób dorosłych, 10 kg dla dzieci i 5 kg dla niemowląt)

P – część wartości TDI przypadająca na wodę do picia

C – codzienne spożycie wody (2 l przez osoby dorosłe, 1 l przez dzieci i 0,75 l przez niemowlęta).

#### **Jakość wody przeznaczanej do spożycia w województwie wielkopolskim**

W województwie wielkopolskim woda przeznaczona do zbiorowego zaopatrzenia ludności jest ujmowana z ujęć podziemnych czwarto- i trzeciorzędowych, zlokalizowanych w większości na terenach oddalonych od zabudowań i terenów rolniczych. W Wielkopolsce nie ma ujęć wód sklasyfikowanych jako wody powierzchniowe ujmowane do spożycia. Funkcjonują 4 ujęcia oparte jako wody infiltracyjne w: 1) Mosinie i 2) Dębinie (ujęcia dla wodociągu poznańskiego), 3) Obornikach oraz 4) Kaliszu. W 2009 roku ocenie podlegały wodociągi o charakterze publicznym produkujące wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi oraz wodociągi zakładowe i lokalne produkujące wodę do celów komercyjnych i przeznaczoną do spożycia przez mniejszą liczbę ludności. W danym roku skontrolowano 1233 ujęcia z 1260 objętych ewidencją, co stanowiło 97,6% wszystkich ujęć [6]. Badania jakości wody w zakresie monitoringu kontrolnego oraz przeglądowego były prowadzone w 5 akredytowanych laboratoriach PIS, na terenie województwa wielkopolskiego.

Ocena jakości wody dokonywana jest w oparciu o rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących jakości przeznaczanej do spożycia przez ludzi [4]. Ze wstępnych danych wynika, że w 2009 r. do badań pobrano 5644 próbek wody przeznaczanej do spożycia pod względem fizyko-chemicznym, z czego 959 (17,0% wszystkich

pobranych próbek) nie spełniało wymogów określonych w rozporządzeniu [4]. Przekroczone były głównie parametry fizykochemiczne (mętność, barwa, żelazo, mangan), które nie stanowią bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia. Jakość wody była również kwestionowana pod względem takich parametrów jak: azotyny, azotany, amoniak, siarczan, chlorki i fluorki.

Z analiz dokonanych przez PIS wynika, że częstym powodem kwestionowania jakości wody pod względem fizykochemicznym jest brak właściwego jej uzdatniania (niecałkowicie uzdatniona woda trafiająca do konsumentów), ale również zły stan sanitarny starej sieci wodociągowej, który jest przyczyną, iż parametry wody tłoczony do sieci ze stacji uzdatniania nie są dotrzymywane u odbiorców. W wodociągach o produkcji 1000-10000 m<sup>3</sup>/dobę zauważa się stopniową poprawę jakości wody pod względem parametrów fizykochemicznych. W obiektach wodnych o produkcji 100-1000 m<sup>3</sup>/dobę, oraz < 100 m<sup>3</sup>/dobę stanowiących najliczniejszą grupę nadal znaczna ilość wodociągów produkuje wodę nie odpowiadającą wymaganiom rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia [10].

#### **Charakterystyka najczęściej przekraczanych parametrów chemicznych w wodzie przeznaczanej do spożycia w województwie wielkopolskim - ryzyko i zagrożenia zdrowotne**

**Barwa** – zwykle spowodowana jest obecnością barwnych substancji organicznych, które są związane z frakcją humusową gleby. Barwa w znacznym stopniu zależy od zawartości żelaza i innych metali, które są zarówno naturalnymi składnikami wody, jak i produktami korozji. Jest ona pierwszym wskaźnikiem zagrożenia i przyczyna zabarwienia wody powinna zostać wyjaśniona zwłaszcza w przypadku, gdy wystąpiła znacząca zmiana barwy wody [1,11].

**Mętność** – w wodzie do spożycia wywoływana jest drobnymi cząsteczkami stałymi, które mogą znajdować się w wodzie na skutek nieodpowiedniego uzdatniania lub z powodu unoszenia się cząstek pochodzących z osadów w sieci wodociągowej. Woda o wysokiej mętności może chronić mikroorganizmy przed działaniem dezynfekcyjnym i może pobudzać wzrost bakterii. Dlatego we wszystkich tych przypadkach, kiedy woda jest dezynfekowana, mętność musi być tak niska, ażeby dezynfekcja mogła być skuteczna [1,11].

**Żelazo** – może być obecne w wodzie do spożycia w wyniku wykorzystywania koagulantów żelazowych lub z powodu korozji stalowych i żeliwnych rur wodociągowych. Ponadnormatywna zawartość żelaza w wodzie w wodzie wodociągowej sprzyja wzrostowi „bakterii żelazowych”, które czerpią energię z utlenienia jonu

żelazowego i tworzą maziste osady pokrywające przewody wodociągowe. W stężeniach przekraczających 0,3 mg/l żelazo powoduje plamienie prania i urządzeń sanitarnych. W stężeniach poniżej 0,2 mg/l zazwyczaj nie stwierdza się wyczuwalnego specyficznego smaku wody, chociaż stężenia mogą powodować powstanie zabarwienia i mętności wody [1,11,12].

**Mangan** – powoduje brudzenie urządzeń sanitarnych i prania, a także wywołuje niepożądany smak napojów. Obecność manganu w wodzie do picia, podobnie jak żelaza, może powodować powstanie w sieci dystrybucyjnej osadów, które mogą odrywać się jako czarne zawiesiny. Niektóre mikroorganizmy odkładają w komórkach mangan, co stwarza problemy związane ze smakiem, zapachem i mętnością wody dostarczonej do sieci wodociągowej. Nie ma przekonujących dowodów toksyczności związanej ze spożyciem manganu w wodzie do spożycia w odniesieniu do ludzi. Potwierdza to pogląd, że oparta na względach zdrowotnych zalecana wartość wynosząca 0,5 mg/l powinna być odpowiednia dla ochrony zdrowia publicznego [1,11,12].

**Amoniak** – w wodzie do spożycia nie ma bezpośredniego znaczenia zdrowotnego. Może on jednak zmniejszać skuteczność dezynfekcji wody, przyczyniać się do powstania azotynów w sieci wodociągowej, powodować nieskuteczne usuwanie manganu, a także wywoływać zmiany smaku i zapachu wody. Zawartość amoniaku w wodzie jest wskaźnikiem możliwego zanieczyszczenia wody bakteriami, ściekami czy odchodami zwierzęcymi [1,11].

**Azotany i azotyny** – z badań toksykologicznych wynika, że zarówno azotany, jak i azotyny nie mają bezpośredniego działania kancerogennego dla zwierząt, ale istnieją obawy o zwiększenie ryzyka występowania raka u ludzi związane z endogennym i egzogennym tworzeniem związków N-nitrozowych, z których wiele jest rakotwórczych dla zwierząt. Istnieją przekonujące dowody związku ekspozycji na azotany w diecie z powstawaniem nowotworów, głównie żołądka, wynikające z geograficznej korelacji lub ekologicznych badań naukowych. Zalecane dopuszczalne wartości w odniesieniu do azotynów w wodzie do picia zostały ustalone jedynie w celu zapobiegania methemoglobinemii, która zależna jest od przechodzenia azotanów w azotyny. Na chorobę tą narażone są niemowlęta, ale obserwowane są sporadyczne przypadki występowania tej choroby u ludzi dorosłych [1,11,13].

**Siarczany** – są jednymi z najmniej toksycznych anionów, chociaż przy ich wysokich stężeniach następuje odwodnienie i podrażnienie przewodu pokarmowego. Siarczan magnezu lub epsomit były wykorzystywane jako środek przeczyszczający od wielu lat. Obecność siarczanów w wodzie do spożycia może również powodować wyczuwalną zmianę jej smaku oraz może

przyczyniać się do korozji systemów wodociągowych [1,11].

**Chlorki** – w wodzie do spożycia pochodzą ze źródeł naturalnych, ścieków przemysłowych i bytowo-gospodarczych, miejskich ścieków opadowych zawierających sól stosowaną do odśnieżania, a także z solanek. Głównym źródłem zagrożenia człowieka przez chlorki jest dodatek soli kuchennej do pożywienia. To spożycie znacznie przewyższa ilość soli kuchennej do pożywienia. Nadmierne stężenia chlorków w wodzie do picia powodują przyspieszenie tempa korozji w sieci wodociągowej, co może doprowadzić do zwiększenia zawartości metali w dostarczonej wodzie [1,11].

**Fluorki** – zagrożenie fluorkami zawartymi w wodzie do spożycia zależy w dużym stopniu od warunków naturalnych. Fluorki są czasem dodawane do wody w celu zapobiegania próchnicy zębów, a stężenie ich przewyższające wartość dopuszczalną niosą ze sobą ryzyko fluorozy zębów, a znacznie ich wyższe stężenia – fluorozy kości szkieletowych [1,11].

### Podsumowanie wyników badań

1. Głównym źródłem substancji chemicznych występujących w wodzie ujmowanej z ujęć podziemnych, w celu zaopatrzenia ludności województwa wielkopolskiego w wodę przeznaczoną do spożycia, są substancje pochodzenia naturalnego, wody kopalniane oraz nawozy azotowe i fosforowe stosowane w rolnictwie.
2. Najczęstszą przyczyną kwestionowania jakości wody przeznaczonej do spożycia w województwie wielkopolskim w roku 2009 były przekroczenia parametrów organoleptycznych i fizykochemicznych, takich jak: żelazo, mangan, barwa, mętność, amoniak, chlorki. Są to parametry wskaźnikowe, które nie mają bezpośredniego wpływu na zdrowie konsumentów. Ich znaczenie jest drugorzędne, gdyż wpływają głównie na jakość organoleptyczną wody. Bardziej niepokojące są występujące przekroczenia fluorków czy azotanów. Jednakże parametry te kwestionowane są rzadziej.

### Wnioski

1. Szacowanie ryzyka zdrowotnego jest wieloetapowym, koniecznym postępowaniem umożliwiającym określenie skutków zdrowotnych u ludzi w wyniku narażenia na dany czynnik szkodliwy.
2. Odstępstwa od dopuszczalnych wartości w krótkim czasie nie klasyfikują wody jako niezdatnej do spożycia. Należy jednak oszacować ryzyko i zagrożenia dla zdrowia ludzi. Zaistnienie konsekwencji zdrowotnych zależy od wielu czynników, między innymi: stopnia stężenia substancji, okresu czasu przekroczenia dopuszczalnej wartości oraz rodzaju poszczególnych substancji.

**Piśmiennictwo / References**

1. Wytyczne WHO dotyczące jakości wody do picia. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Warszawa 1998: 37-44, 50-72.
2. Dojlido J. Czy bezpiecznie pić wodę? *Aura* 1993: 11-21.
3. Rak J, Tchórzewska-Cieślak B. Uwarunkowania podejmowania ryzyka na przykładzie systemu zaopatrzenia w wodę. *Ochrona Środowiska* 2/2006. PZITS, Wrocław 2006.
4. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. nr 61 poz. 417).
5. Dyrektywa Rady Unii Europejskiej 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
6. Seńczuk W. Toksykologia. PWZL, Warszawa 1999: 34-48, 59-85.
7. Rak J, Tchórzewska-Cieślak B. Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. PR, Rzeszów 2005.
8. Testai E. Wprowadzenie do szacowania ryzyka (VdR). Wyższy Instytut Zdrowia – Rzym. Materiały szkoleniowe projektu współpracy bliźniaczej Transition Facility 2006.
9. Ocena stanu sanitarnego i sytuacja epidemiologiczna województwa wielkopolskiego w roku 2009. GIS, Warszawa 2009.
10. Hermanowicz W i wsp. Fizyczno-chemiczne badania wody i ścieków. Arkady, Warszawa 1999: 348-357, 504, 505.
11. Kowal A, Świdrska-Bróz M. Technologia wody i ścieków. PWN, Warszawa-Wrocław 1997: 42-48, 54.
12. Funari E. Azotany. Wyższy Instytut Zdrowia – Rzym. Materiały szkoleniowe projektu współpracy bliźniaczej Transition Facility 2006.
13. Prüss A, et al. Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level. *Environ Health Perspect* 2002, 110(5): 537-542.