

NARODOWY INSTYTUT ZDROWIA PUBLICZNEGO  
- PAŃSTWOWY ZAKŁAD HIGIENY  
Zakład Higieny Środowiska



Część I. Zapobieganie zagrożeniom zdrowotnym związanym ze skażeniem mikrobiologicznym wody w pływalniach i urządzeniach rekreacji wodnej, ze szczególnym uwzględnieniem bakterii z rodzaju *Legionella*.

Zasady kontroli, zapobiegania i zwalczania bakterii z rodzaju *Legionella* w pływalniach i urządzeniach przeznaczonych do rekreacji wodnej.

Wykonawcy:

Renata Matuszewska, Bożena Krogulska

WARSZAWA, 2014

- I Czynniki etiologiczne zakażeń występujące w wodzie i instalacjach basenów kąpielowych oraz urządzeń do rekreacji wodnej
  - 1. Charakterystyka mikroorganizmów pochodzenia kałowego
    - 1.1 Bakterie
      - Chorobotwórcze szczepy *Escherichia coli*
      - Shigella* sp.
      - Klebsiella* sp.
    - 1.2 Wirusy
      - Adenowirusy
      - Enterowirusy
      - wirus zapalenia wątroby typu A
    - 1.3 Pierwotniaki
      - Cryptosporidium* sp.
      - Giardia* sp.
  - 2. Charakterystyka mikroorganizmów pochodzenia innego niż kałowe
    - 2.1 Bakterie
      - Legionella* sp
        - Legioneloza
        - Kategorie przypadków legionelozy
        - Droga zakażenia
        - Grupa podwyższonego ryzyka
        - Rezerwuary występowania i namnażania się bakterii z rodzaju *Legionella*
        - Czynniki sprzyjające występowaniu i namnażaniu bakterii z rodzaju *Legionella* w naturalnych i sztucznych rezerwuarach.
      - Leptospira*
      - Prątki niegruźlicze
      - Pseudomonas* sp.
      - Staphylococcus aureus*
    - 2.2 Wirusy
      - Molluscipoxvirus*
      - Papillomavirus*
    - 2.3 Pierwotniaki
      - Acanthamoeba* spp.
      - Naegleria fowleri*
    - 2.4 Grzyby
      - Trichophyton* spp.
      - Epidermophyton floccosum*
- II Metody uzdatniania wody w basenach kąpielowych, basenach z hydromasażem i urządzeniach do rekreacji wodnej
  - Przelew i obieg wody w basenach kąpielowych
  - Uzupełnianie wody
  - Koagulacja
  - Filtracja
  - Kontrola pH
- III Metody dezynfekcji wody w basenach kąpielowych, basenach z hydromasażem i urządzeniach do rekreacji wodnej
  - Metody chemiczne w oparciu o związki chloru
  - Związki chloroizocyjanurowe
  - Metoda elektrolityczna (jony  $\text{Cu}^{2+}$  i  $\text{Ag}^{+}$ )
  - Ozonowanie
  - Dezynfekcja promieniami UV.

**IV Metody dezynfekcji stosowane do usuwania zanieczyszczeń mikrobiologicznych, w tym bakterii z rodzaju *Legionella* z instalacji wodociągowych**

Metody chemiczne

Metody fizyczne

Dezynfekcja promieniami UV

Dezynfekcja termiczna

Dezynfekcja z zastosowaniem filtrów (nanofiltracja, ultrafiltracja)

**V Działania zapobiegające namnażaniu się mikroorganizmów, w tym bakterii z rodzaju *Legionella***

Baseny z hydromasażem

Instalacje wodociągowe

**VI Zasady monitoringu wody w kierunku pałeczek *Legionella***

Baseny kąpielowe, baseny z hydromasażem, whirlpool

Instalacje wodociągowe (wody ciepłej)

**VII Pobieranie próbek z sieci wodociągowej do rutynowych badań w kierunku wykrywania bakterii *Legionella***

## I. Czynniki etiologiczne zakażeń występujące w wodzie i instalacjach basenów kąpielowych oraz urządzeń do rekreacji wodnej

Woda wykorzystywana do picia, celów sanitarno-higienicznych oraz do rekreacji wodnej może stanowić istotne źródło transmisji zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Wiele mikroorganizmów jest w stanie bytować i namnażać się w wodzie. Nieodpowiednia jakość wody, niedoskonałości konstrukcyjne instalacji wodnych, niewłaściwy lub niewystarczający nadzór sanitarno-higieniczny nad urządzeniami i instalacjami wodnymi oraz brak odpowiednich działań zapobiegawczych są najczęstszymi przyczynami powstawania sprzyjających warunków do namnażania się niepożądanych mikroorganizmów. Rezerwuarami szkodliwych czynników biologicznych mogą być systemy dystrybucji wody wodociągowej (zimnej i ciepłej), urządzenia do rekreacji wodnej (baseny kąpielowe, wanny z hydromasażem, biczki wodne itp.).

Do zakażenia osób korzystających z obiektów rekreacji wodnej, jak również personelu, może dojść drogą bezpośrednią (inhalacja, zachłyśnięcie, spożycie wody, kontakt powłok ciała ze skażoną wodą itp.) lub pośrednio poprzez kontakt z zanieczyszczonymi powierzchniami (tab.1).

Tabela 1. Drogi transmisji zakażeń wodopochodnych

	Droga transmisji	Źródło	Mikroorganizm
Bezpośrednia	Bezpośredni kontakt z wodą	Basen kąpielowy	<i>P. aeruginosa</i> <i>S. aureus</i>
	Inhalacja aerozolu wodnego	baseny z hydromasażem naturalne Spa instalacje wody ciepłej prysznicze systemy klimatyzacyjne	<i>Legionella spp.</i> <i>Mycobacterium spp.</i>
	Aspiracja wody	baseny z hydromasażem	<i>Legionella spp.</i>
	Droga pokarmowa	Basen kąpielowy Baseny z hydromasażem	<i>E. coli</i> <i>Cryptosporidium sp.</i> Hepatitis A
Pośrednia	Kontakt z zanieczyszczoną powierzchnią	skażona wilgotna powierzchnia	<i>P. aeruginosa</i> <i>Mycobacterium spp.</i> <i>Molluscipoxvirus</i> <i>Trichophyton spp.</i>

Ryzyko zakażenia lub zachorowania w następstwie korzystania z basenu kąpielowego lub urządzeń do rekreacji wodnej jest związane przede wszystkim z występowaniem zanieczyszczenia wody pochodzenia kałowego. Do zakażeń dochodzi drogą pokarmową w wyniku spożycia skażonej wody, a w obrazie klinicznym dominują objawy ze strony przewodu pokarmowego. Oprócz drogi pokarmowej, inne drobnoustroje patogenne mogą być

przenoszone drogą inhalacyjną, czego efektem są zakażenia układu oddechowego (np. *Legionella*, atypowe mykobakterie) oraz poprzez kontakt, wywołując zakażenia o zróżnicowanym umiejscowieniu – takim jak np. skóra i ośrodkowy układ nerwowy (np. *Naegleria fowleri*) powodująca pierwotne amebowe zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych i mózgu) i *Acanthamoeba* spp. (amebowe zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych, zapalenie rogówki, zapalenie i ropień płuc), *Burkholderia pseudomallei* powodująca ciężką niewydolność oddechową

## 1. Charakterystyka mikroorganizmów pochodzenia kałowego

### 1.1 Bakterie

#### Chorobotwórcze szczepy *Escherichia coli*

Bakterie *Escherichia coli* wchodzące w skład fizjologicznej mikroflory przewodu pokarmowego ludzi i zwierząt stałocieplnych zwykle są nieszkodliwe dla zdrowia ludzi. Sporadycznie mogą one powodować zakażenia innych narządów lub układów, w tym np. dróg moczowych, posocznicy czy zapalenie opon mózgowych. W oparciu o zróżnicowane czynniki wirulencji i mechanizm patogenezы rozróżnia się kilka grup szczepów *E. coli* wywołujących biegunki. *E. coli* O157 należąca do grupy enterokrwotocznych *E. coli* (EHEC) jest związana z występowaniem ognisk epidemicznych zakażeń, których przyczyną było również skażenie wody w basenie. Zachorowania dotyczyły przede wszystkim dzieci korzystających z brodzików. *E. coli* O157:H7 jest przyczyną biegunki o zróżnicowanym nasileniu – od łagodnej bez domieszki krwi w stolcach do biegunki krwotocznej o ciężkim przebiegu, nie różniącej się klinicznie od krwotocznego zapalenia jelita grubego. W 2% do 7% przypadków zakażenie przybiera postać zespołu hemolityczno-mocznicowego, na który składa się ostra niewydolność nerek i niedokrwistość hemolityczna i który może prowadzić do śmierci. Do grupy najwyższego ryzyka rozwoju tego zespołu należą dzieci poniżej 5 roku życia. Dawka zakaźna jest niska i wynosi poniżej 100 komórek bakterii.

Naturalnym rezerwuarem szczepów EHEC są przeżuwacze (bydło, owce, kozy, świnie). Ponadto patogen ten wykrywany był w różnorodnych środowiskach wodnych. Przenoszenie patogennych szczepów *E. coli* przez wodę używaną do celów rekreacyjnych oraz skażoną wodę do picia jest dobrze udokumentowane.

Tabela 3. Zachorowania wywołane przez *E. coli* O157: H7 związane z rekreacją wodną

Rok	Kraj	Liczba potwierdzonych przypadków	Obiekt
1993	Holandia	4	Basen kąpielowy
1993	Wielka Brytania	4 ( w tym 1 śmiertelny)	Brodzik

1996	USA	18	Basen kąpielowy
1997	Finlandia	14	kąpielisko
	USA	20	kąpielisko
1998	USA	26	Park wodny
2004	USA	2	Park wodny
2004	Wielka Brytania	8	Basen kąpielowy
2011	USA	15	Park wodny

Patogenne szczepy *E. coli* wykazują zbliżoną do innych szczepów *E. coli* wrażliwość na rutynowo stosowane metody uzdatniania i dezynfekcji wody. Według danych literaturowych zapewnienie stężenia wolnego chloru na poziomie co najmniej 0,5 mg/l powinno skutecznie eliminować te bakterie z wody.

Zakażenia wywołane przez te szczepy *E. coli* szerzy się w populacji, przenosząc się z człowieka na człowieka, może również być wynikiem kontaktu z zakażonymi zwierzętami oraz spożycia skażonej żywności lub wody. Przenoszenie bakterii między ludźmi występuje szczególnie w społecznościach, w których możliwy jest bliski, bezpośredni kontakt między poszczególnymi osobnikami, np. w domach pogodnej starości czy ośrodkach opieki dziennej.

*Shigella* spp. - Gram-ujemne, nieruchliwe pałeczki z rodziny *Enterobacteriaceae*, nie wytwarzające spor, mogą namnażać się zarówno w warunkach tlenowych, jak i beztlenowych. W skład rodzaju *Shigella* wchodzi cztery gatunki: *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii* oraz *S. sonnei*. *Shigella* spp. są czynnikiem etiologicznym zakażeń układu pokarmowego. Wszystkie szczepy mogą wywoływać ciężkie zakażenia szerzące się drogą doustną, przy czym zakażenie wywołane przez *S. sonnei* ma zwykle łagodny przebieg i samoograniczający charakter. Początkowymi objawami choroby są skurczowe bóle brzucha, gorączka i wodnista biegunka. W przypadku zakażenia *S. dysenteriae*, biegunka ma charakter krwisty. Większość przypadków zakażeń bakteriami *Shigella* dotyczy dzieci poniżej 10 roku życia. Dawka zakaźna bakterii *Shigella* jest niska i wynosi od 10 do 100 komórek.

Do zakażenia pałeczkami *Shigella* dochodzi głównie drogą pokarmową przez spożycie skażonej żywności lub wody oraz poprzez bezpośredni kontakt z osobą chorą. Bakterie *Shigella* spp. są stosunkowo wrażliwe na działanie czynników dezynfekcyjnych, stąd prawidłowo prowadzone procesy uzdatniania i dezynfekcji wody powinny stanowić skuteczną barierę dla tych mikroorganizmów.

*Klebsiella* spp. - Gram-ujemne, nieruchliwe pałeczki należące do rodziny *Enterobacteriaceae*. W obrębie rodzaju *Klebsiella* wyróżnia się szereg gatunków, m.in. *K. pneumoniae*, *K. oxytoca*, *K. planticola* i *K. terrigena*. Szczepy *Klebsiella* posiadają dużą zewnętrzną otoczkę

polisacharydową, która odróżnia je od innych przedstawicieli tej rodziny bakterii. Bakterie te mogą kolonizować skórę i błony śluzowe, do czego dochodzi przede wszystkim u osób hospitalizowanych. Bywają przyczyną infekcji przede wszystkim u osób z upośledzeniem odporności, stanowiących grupę wysokiego ryzyka.

*Klebsiella* spp. bytują w naturalnym środowisku wodnym i mogą intensywnie namnażać się w wodzie bogatej w składniki odżywcze. W systemach dystrybucji wody bakterie te kolonizują uszczelki w bateriach czerpalnych, mogą również namnażać się w instalacjach wodociągowych, występują również w biofilmie. Potencjalnym źródłem drobnoustrojów może być skażona woda i aerozole wodne. Bakterie *Klebsiella* spp. są wydalane z kałem zdrowych ludzi i zwierząt. Ich obecność wykrywa się w wodzie zanieczyszczonej ściekami. Drobnoustroje te wykazują umiarkowaną wrażliwość na środki dezynfekcyjne. Działania mające na celu ograniczenie ich namnażania realizowane są poprzez zminimalizowanie powstawania biofilmu, włączając w to uzdatnianie wody optymalizujące usuwanie węgla organicznego, a także ograniczenie czasu pozostawiania wody w instalacjach wodnych i utrzymanie w nich pozostałego aktywnego czynnika dezynfekcyjnego.

## 1.2 Wirusy

Zachorowania ludzi związane z korzystaniem z kąpiel/rekreacji wodnej mogą być sporadycznie spowodowane przez wirusy, należące do sześciu typów (Adenowirusy, Enterowirusy, wirus zapalenia wątroby typu A, Astrowirusy, Rotawirusy, Norowirusy).

**Adenowirusy** powszechnie występują w środowisku naturalnym. Część z nich może powodować zakażenia przewodu pokarmowego (będące następstwem zanieczyszczenia kałowego i szerzące się drogą doustną), inne powodują infekcje dróg oddechowych i stany zapalne spojówek, szerzące się drogą kropelkową i przez kontakt bezpośredni. Odnotowywane były przypadki epidemii zapalenia gardła i spojówek określane jako „basenowe zapalenie spojówek”, których potwierdzonym źródłem była woda z basenu skażona adenowirusami, jak również epidemiczne zapalenie spojówek i rogówki, określane jako tzw. „oko stoczniewca”. Czynnikiem etiologicznym tych epidemii były adenowirusy typu 3, 4 i 7. Najbardziej podatne na zakażenia wywołane przez adenowirusy są niemowlęta i dzieci, przy czym część tych infekcji ma przebieg bezobjawowy. Wysoka zapadalność podczas epidemii wskazuje, iż ich dawka zakaźna jest niska. Adenowirusy wydalane są w znacznej liczbie z kałem ludzkim. Wykrywane są w ściekach, na ujęciach wody oraz w uzdatnionej wodzie do picia.

Ze względu na zróżnicowaną epidemiologię szerokiego spektrum adenowirusów ludzkich, do narażenia i zakażenia dochodzi w różnorodny sposób. W przenoszeniu choroby główną rolę odgrywa bezpośredni kontakt między ludźmi. W zależności od charakteru

zakażenia może ono przenosić się drogą pokarmową lub poprzez kontakt spojówek ze skażoną wodą, bądź poprzez korzystanie ze wspólnych ręczników lub okularów na basenie, jak w przypadku „oka stoczniońca”. Wirusy te mają znaczną oporność na czynniki dezynfekcyjne, stąd w przypadku zakażeń niejednokrotnie odnotowywano niedoskonałości systemu uzdatniania i dezynfekcji wody.

**Enterowirusy** są najmniejszymi ze znanych wirusów o genomie zbudowanym z pojedynczej nici kwasu rybonukleinowego (RNA). W skład grupy wchodzi: poliowirusy typu 1–3, wirusy Coxsackie typu A i B, echowirusy oraz enterowirusy..

Enterowirusy są jednym z najpowszechniejszych czynników etiologicznych zakażeń u ludzi. Przebieg zakażeń wywoływanych przez enterowirusy jest różny – od łagodnego wzrostu temperatury po zapalenie mięśnia sercowego, zapalenie opon mózgowych i mózgu, chorobę Heinego-Medina (poliomyelitis), herpanginę, wysypki plamiste i pęcherzykowe, w tym chorobę rąk, stóp i ust (chorobę bostońską) oraz niewydolność wielonarządową u noworodków. Większość zakażeń, głównie u dzieci, ma bezobjawowy przebieg. W każdym przypadku z kałem wydalane są znaczne ilości wirusów, zdolnych do wywołania objawów klinicznych zakażenia u innych osób np.: liczba cząstek echowirusa w kale może wynosić  $10^6$ /gram.

Bezpośredni kontakt między ludźmi i wdychanie przenoszonych z powietrzem wirusów, bądź ich przenoszenie drogą kropelkową to główne drogi szerzenia się zakażeń enterowirusowych. Przenoszenie przez wodę do picia może również być istotne, choć nie zostało dotychczas potwierdzone. Szerzenie się enterowirusów drogą wodną (wirusy coxsackie A16 i B5) potwierdzono epidemiologicznie w latach 70-tych XX wieku, wyłącznie w dwóch przypadkach epidemii, u dzieci kąpiących się w jeziorach.

Wśród kilkunastu ognisk zachorowań wodozależnych, w których czynnikiem etiologicznym były enterowirusy (Coxsackie i echowirusy), ponad połowa z nich prawdopodobnie była związana z obecnością echowirusów. w wodzie basenowej.

**Wirus zapalenia wątroby typu A (Hepatitis A, HAV).** Względna zakaźność tego wirusa określana jest jako wysoka tzn. dawka zakaźna jest stosunkowo niska. Do zakażenia dochodzi drogą pokarmową. Wirus ten wywołuje zapalenie wątroby typu A, powszechnie znane jako „żółtaczkę zakaźną”. W większości przypadków, zwłaszcza u dzieci, uszkodzenia wątroby, o ile w ogóle wystąpią, są niewielkie; samo zakażenie ma zaś przebieg bezobjawowy i pozostawia trwałą odporność.

Wirus HAV wydalany jest z kałem osób zakażonych. Liczba cząstek wirusa Hepatitis A była określana na poziomie  $10^{10}$ /gram. Powszechnym źródłem zakażenia tym wirusem jest zanieczyszczona odchodami woda przeznaczona do spożycia oraz bezpośredni kontakt z



zakażonym człowiekiem. Notowane są również przypadki zakażeń podczas kąpieli.

### 1.3 Pierwotniaki

*Cryptosporidium* sp. - do najważniejszych gatunków, związanych z epidemiami wodopochodnymi należą *C. hominis* i *C. parvum*. W Europie gatunkiem najczęściej powodującym zakażeniach jest *C. parvum*. Kryptosporidia są obligatoryjnymi pasożytami atakującymi układ pokarmowy i oddechowy człowieka. Pierwsze objawy choroby są widoczne w przeciągu 2 do 10 dni od zakażenia i mogą utrzymywać się do 2 tygodni. Do najczęściej obserwowanych objawów kryptosporydiozy należą: wodnista biegunka z obecnością śluzu w kale, silne odwodnienie organizmu, skurczowe bóle brzucha, wzrost ciepłoty ciała, nudności, wymioty, upośledzone wchłaniania pokarmu i spadek masy ciała,. U osób zakażonych nie zawsze występują wszystkie wymienione objawy, co jest związane z intensywnością inwazji i indywidualną wrażliwością osoby zakażonej. Dawka inwazyjna w przypadku *Cryptosporidium* może być bardzo mała i dla osób ogólnie zdrowych wynosi 10-30 oocyst, przy czym prawdopodobieństwo inwazji szacowane jest na ok.20%. Według danych WHO, dla dawki wynoszącej 1000 oocyst *Cryptosporidium* prawdopodobieństwo inwazji wynosi 100%.

*Giardia* sp. - wiciowce - obligatoryjne pasożyty infekujące układ pokarmowy i oddechowy kręgowców (ludzi, koty, psy, ptaki, gady i ryby) - u ludzi występuje najczęściej w jelicie cienkim. Najważniejsze gatunki *Giardia* to : *G. lamblia* (*Lamblia intestinalis*, *G. intestinalis*, *G. duodenalis*) - izolowane m. innymi od ludzi, psów i kotów; *G. bovis* – od bydła; *G. caprae* – od owiec; *G. canis* – psów. Dawka inwazyjna dla zdrowych osób w przypadku *Giardia* wynosi 10 cyst, a prawdopodobieństwo inwazji wynosi 100% (WHO 2011). Kliniczne objawy infekcji obserwowane są po upływie od 1 do 2 tygodni od chwili zakażenia, objawy choroby utrzymują się nawet do 6 tygodni. Najczęstsze z nich to: biegunka z obecnością śluzu w wodnistym kale, silne odwodnienie organizmu, upośledzenie wchłaniania pokarmów i spadek masy ciała, skurczowe bóle brzucha, poczucie zmęczenia. Nie zawsze odnotowywane są wszystkie charakterystyczne objawy.

Do zakażenia pierwotniakami może dojść w wyniku kontaktu bezpośredniego lub pośredniego poprzez:

- zachłyśnięcie/spożycie wody zanieczyszczonej pierwotniakami (m.in.: wody do picia, wody w basenach rekreacyjnych i termalnych, jacuzzi),
- spożycie niedogotowanej skażonej żywności,
- kontakt z przedmiotami, powierzchniami zanieczyszczonymi odchodami ludzi lub zwierząt zarażonych pierwotniakami pasożytniczymi,
- kontakt z osobami zakażonymi.

## Grupa ryzyka

Najbardziej narażoną grupą są dzieci w wieku od 1-5 lat, osoby sprawujące opiekę nad dziećmi (rodzice mający kontakt z chorymi dziećmi, osoby zatrudnione w żłobkach, przedszkolach, opiekunki), osoby często podróżujące za granicę, osoby czynnie uprawiające sporty wodne oraz turystykę, osoby z obniżoną odpornością, chorzy na nowotwory złośliwe, pacjenci poddani chemioterapii, chorzy na AIDS (główny czynnik chorobotwórczy biegunek – *Cryptosporidium*)

## Występowanie w środowisku wodnym

W porównaniu z bakteriami, *Cryptosporidium* i *Giardia* są bardziej odporne na działanie środków dezynfekcyjnych i trudniej usuwane z wody w procesie uzdatniania. *Cryptosporidium* zachowuje żywotność nawet przez kilka dni w wodzie właściwie utrzymanych i dezynfekowanych basenów kąpielowych. Przeprowadzenie procesu dezynfekcji (np. związkami chloru) zazwyczaj jest wystarczającym zabiegiem chroniącym wodę przed występowaniem w niej mikroorganizmów patogennych. W przypadku pierwotniaków pasożytniczych (*Cryptosporidium*) konieczne jest zastosowanie znacznie większych dawek środków dezynfekcyjnych niż w przypadku bakterii. Należy podkreślić, że nie tylko zastosowanie środków chemicznych, ale również konwencjonalne metody uzdatniania wody takie jak koagulacja, flokulacja, sedymentacja, filtracja nie zawsze dają gwarancję, że woda będzie wolna od pierwotniaków pasożytniczych.

W ostatnich dwóch dziesięcioleciach odnotowano znaczny wzrost zachorowań wywołanych przez ten mikroorganizm, związanych z korzystaniem z basenów kąpielowych, w tym przybierających formę epidemiczną. W USA w latach 2004-2008 odnotowano 2x wzrost liczby zachorowań wywołanych przez *Cryptosporidium* – z 3411 przypadków w 2004 r. do 10 500 zachorowań w 2008 r. W wyniku zakażeń, których źródłem była woda z basenów kąpielowych lub podobnych obiektów obserwowano zachorowania zarówno na kryptosporydiozę, jak i giardiozę. W tabeli 4 przedstawiono przykłady zachorowań na kryptosporydiozę, związanych korzystaniem z obiektów do rekreacji wodnej.

**Tabela 4** Zachorowania na kryptosporydiozę związane z rekreacją wodną

Rok	Kraj	Liczba potwierdzonych przypadków	Obiekt
1993	USA	400 000	Basen kąpielowy odkryty
2000	USA	47 (Ohio) 225 (Nebraska)	Basen kąpielowy
2003	Hiszpania	400	Basen hotelowy
2006	USA	5 epidemii	Baseny kąpielowe

2008	Wielka Brytania	39	Baseny kąpielowe
2008	Australia	31	Baseny kąpielowe
2011	USA	12	Park wodny
2012	USA	28	Prywatny basen kąpielowy-

W ramach uregulowań prawnych obowiązujących w Polsce, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. Nr 81, poz. 417, z późn. zm.), w przypadku wykrycia bakterii *Clostridium perfringens* w badanych próbkach wody powierzchniowej, należy wykonać badania na oznaczenie obecności innych mikroorganizmów chorobotwórczych, w tym np. *Cryptosporidium*.

## 2 Charakterystyka mikroorganizmów pochodzenia innego niż kałowe

### 2.1 Bakterie

*Legionella* sp. - są tlenowymi Gram ujemnymi pałeczkami, nie wytwarzającymi form przetrwanych (spor) i powszechnie występującymi w środowisku wodnym. Spośród ponad 54 poznanych gatunków pałeczek *Legionella* sp., 19 może powodować zachorowania u ludzi określane jako legionelozy. Spośród rejestrowanych na świecie zachorowań 80-90% wywoływanych jest przez *L. pneumophila*. W Europie ok. 70-80 % przypadków legionelozy wywołanych jest przez *L. pneumophila* serogrupy 1. W 5–10% przypadków zachorowań na legionelozę czynnikiem etiologicznym są gatunki „non-pneumophila” w tym: *L. micdadei* (60%), *L. bozemanii* (15%), *L. dumoffii* (10%), *L. longbeachae* (5%), inne gatunki (10%).

Pałeczki *Legionella* mogą powodować trzy typy legioneloz :

- postać płucna (**choroba legionistów, legionelozowe zapalenie płuc**) – zachorowanie o bardzo ciężkim przebiegu, z dominującymi objawami zapalenia płuc, często z wysoką temperaturą ciała (do 40°C). Może też przebiegać w sposób nie specyficzny, ciężkość przebiegu może wahać się od lekkiego (kaszel, lekka gorączka i niewielkie zmiany w badaniu radiologicznym płuc) do bardzo ciężkiego, zagrażającego życiu chorego. Symptomy są niejednokrotnie niespecyficzne. Zachorowaniu towarzyszy najczęściej biegunka (25-50% przypadków), nudności (10-30% przypadków), dreszcze, bóle mięśni, splątanie i inne objawy neurologiczne (50% przypadków) oraz objawy uszkodzenia wątroby i nerek oraz spowolnienie akcji serca.
- postać pozapłucną (**gorączka Pontiac, gorączka Lochgoilhead**) - zachorowanie o stosunkowo lekkim przebiegu grypopodobnym, z nagłym wzrostem ciepłoty ciała, dreszczami, z bólami mięśniowymi, bólem głowy, zwykle wykrywane w przypadku wystąpienia ogniska tej infekcji.

- postać pozapłucną ciężką uogólnioną występująca po zabiegach transplantacyjnych , podczas podawania leków immunosupresyjnych i po przeszczepieniu narządów, często o ciężkim przebiegu klinicznym, z zespołem septycznym i zaburzeniami krzepnięcia, ostrą niewydolnością krążenia i zapaleniem nerek.

Wg danych WHO postać płucna legionelozy występuje u ok. 0,1 – 5 % populacji ogólnej i 0,4 –14 % osób hospitalizowanych. Śmiertelność pacjentów z postacią płucną legionelozy jest stosunkowo wysoka (15-20 %) zależy ona od stanu zdrowia osób, u których wystąpiła choroba oraz od właściwości wirulentnych szczepu *Legionella*.

W przypadku gorączki Pontiac dotychczas nie zanotowano zgonów, wyleczenie następuje samoistnie po 3-5 dniach, nie występują objawy zapalenia płuc. Ta postać legionelozy występuje u 95% eksponowanej populacji. Do tej pory nie stwierdzono przenoszenia się zakażenia z człowieka na człowieka, legionelozę nie jest zatem chorobą zaraźliwą.

### Kategorie przypadków legionelozy

Ze względu na umiejscowienie źródła zakażenia wyróżnia się następujące kategorie przypadków zachorowań na legionelozę:

- HAP (Hospital/nosocomial Acquired Pneumonia) – nabyte w czasie pobytu w stacjonarnej placówce służby zdrowia (szpital, sanatorium itp.) lub domu opieki; rezerwuarem są systemy dystrybucji wody i specjalistyczna aparatura medyczna wytwarzająca aerozol wodny,
- TAP (Travel Associated Pneumonia) – nabyte w trakcie podróży; związane z pobylem w hotelu, obiekcie turystycznym, na promie, kempingu lub statku itp.,
- CAP (Community Acquired Pneumonia) – nabyte poza szpitalem lub ośrodkiem opieki długoterminowej (z wyłączeniem przypadków zachorowań typu HAP i TAP), rezerwuarem mogą być: instalacje i urządzenia wodne między innymi w.: obiektach przemysłowych, restauracjach, centrach handlowych, prywatne rezydencje.

### Droga zakażenia

Potencjalnym źródłem zakażenia człowieka jest skażona woda i aerozol wodny, o średnicy kropeł od 2  $\mu\text{m}$  do 5  $\mu\text{m}$ , zawierający bakterie z rodzaju *Legionella*. Zakażenie następuje drogą inhalacyjną przez przenikanie skażonego aerozolu wodnego bezpośrednio do dróg oddechowych człowieka. Sporadycznie zakażenie może następować poprzez aspirację. Liczba bakterii wywołująca zakażenie nie jest ściśle określona, aczkolwiek wydaje się że jest ona stosunkowo wysoka. Uważa się, że  $10^3$  komórek *Legionella* w litrze wody może spowodować zakażenie poprzez inhalację osób zdrowych. Zagrożenie wystąpienia zachorowań na legionelozę istnieje wszędzie tam, gdzie instalacje wodne zostały

skolonizowane przez bakterie *Legionella* oraz gdzie mogą przebywać osoby z grupy o podwyższonym ryzyku zachorowania.

### Grupa ryzyka

Najbardziej narażoną grupą na wystąpienie postaci płucnej legionelozy są mężczyźni w wieku 40-69 lat oraz kobiety w wieku 50-69 lat. Ryzyko zachorowania zwiększają: palenie papierosów, nadużywanie alkoholu oraz choroby współistniejące, jak cukrzyca, choroby układu immunologicznego (m. innymi AIDS), stosowanie leków immunosupresyjnych.

### Rezerwuary występowania i namnażania się bakterii z rodzaju *Legionella*

Naturalnym środowiskiem (rezerwuarem) występowania pałeczek *Legionella* są wody śródlądowe, powierzchniowe i gruntowe, szczególnie naturalne źródła wody gorącej, strefy przybrzeżne wód morskich oraz gleba.

Do sztucznych rezerwuarów, które mogą być źródłem zakażenia pałeczkami *Legionella* należą między innymi:

- systemy dystrybucji wody, szczególnie wody ciepłej (m.in.: głowice natryskowe, zawory czerpalne, zbiorniki do magazynowania wody, podgrzewacze)
- baseny (wanny) z hydromasażem (jacuzzi, baseny perlekowe itp.), wanny typu whirlpool
- łaźnie tureckie, sauny
- urządzenia klimatyzacyjne z nawilżaniem powietrza (komory zraszania, skraplacze wyparne),
- urządzenia i instalacje wód technologicznych/chłodzących (systemy lub urządzenia płuczące, wieże chłodnicze itp.)
- nawilżacze
- fontanny
- myjnie samochodowe
- turbiny dentystryczne
- aparatura do wspomaganie oddychania,
- inhalatory i nebulizatory

Bakterie z rodzaju *Legionella* mogą się namnażać w wodzie o temperaturze powyżej 25°C, przy czym w najintensywniej zasiedlają instalacje i urządzenia zasilane wodą o temperaturze około 40°C. W wielu instalacjach istnieją miejsca, w których bakterie z rodzaju *Legionella* znajdują dogodne dla siebie nisze ekologiczne, w których namnażają się i skąd ciągle są wypłukiwane. W takich przypadkach liczba bakterii nie ulega zmniejszeniu nawet przy intensywnym płukaniu instalacji. Doskonale warunki dla rozwoju tych bakterii istnieją przede wszystkim w zbiornikach lub zasobnikach do gromadzenia ciepłej wody. W wodzie pochodzącej z tych instalacji niejednokrotnie stwierdzano obecność bakterii *Legionella* w

liczbie przekraczającej nawet  $10^4$  jtk/litr, ale w osadach ich koncentracja może sięgać nawet  $10^5$ – $10^9$  jtk/litr.

W systemach dystrybucji wody pałeczki *Legionella* wchodzą w skład biofilmu powstającego na wewnętrznych powierzchniach rur i elementów urządzeń kontaktujących się z wodą, a ich namnażaniu sprzyja korozja oraz obecność osadów i pierwotniaków. Biofilm (błona biologiczna) powstaje na każdej powierzchni kontaktującej się z wodą, zarówno na wewnętrznej powierzchni rur stalowych i żeliwnych i stosowanych w nich zabezpieczeń antykorozyjnych, w przewodach z tworzyw sztucznych (PVC, PE, PB, PP), jak i w instalacjach z miedzi. Zależnie od rodzaju materiału różny jest jedynie czas jego tworzenia i grubość warstwy. Zależnie od rodzaju materiału, pałeczki *Legionella* mogą stanowić od 1% do 35% ogólnej liczby izolowanych z biofilmu bakterii. Ich koncentracja na powierzchni pokrytej biofilmem może osiągać liczbę  $10^5$  jtk/cm<sup>2</sup>. Zakażenie systemów instalacji wodnej może mieć charakter punktowy, gdy dotyczy ono np. tylko fragmentu armatury, uszczelki czy główki prysznica lub systemowy, gdy w punktach centralnych instalacji istnieją miejsca intensywnego namnażania się bakterii z rodzaju *Legionella*, z których są one w sposób ciągły uwalniane do wody.

#### **Czynniki sprzyjające występowaniu i namnażaniu bakterii z rodzaju *Legionella* w naturalnych i sztucznych rezerwuarach.**

Bakterie z rodzaju *Legionella* mają dużą zdolność adaptacji do różnych warunków środowiskowych. Pałeczki *Legionella* izolowane były bezpośrednio ze środowiska wodnego w zakresie temperatur od 5°C do 54°C. Optymalna temperatura wzrostu dla tych bakterii w warunkach naturalnych wynosi 32°C - 42°C. Występowanie bakterii z rodzaju *Legionella* jest niejednokrotnie związane z obecnością w wodzie innych mikroorganizmów. Chronione przez śluzę wydzielaną przez glony, bakterie zachowują zdolność namnażania się nawet przy temperaturze wody sięgającej 67°C. Poniżej 20°C bakterie te nie namnażają się, ale dość długo przeżywają i tak np. w wodzie o temperaturze 18°C okres przeżywalności wynosi około 5 miesięcy, a w temperaturze 8°C - 4 miesiące. Zakres pH wody tolerowany przez pałeczki *Legionella* waha się od 2,2 do 8,3. Optymalny odczyn środowiska (pH) wynosi 6,8÷7,0. Bakterie te izolowano również z komórek ameb i orzęsków. W komórkach pierwotniaków pałeczki *Legionella* nie tylko przeżywają, ale też zachowują zdolność do namnażania się. Bytowanie *Legionella* wewnątrz tych organizmów chroni komórki bakterii przed działaniem czynników zewnętrznych i prawdopodobnie zwiększa ich inwazyjność w stosunku do komórek ludzkich.

---

<sup>1</sup> jtk – jednostki tworzące kolonie

W środowisku naturalnym, w wodach silnie zeutrofizowanych, szczególnie w pobliżu miejsc zrzutu ścieków liczba *Legionella* może sięgać nawet 10<sup>8</sup> jtk/litr. W naturalnych źródłach wody gorącej koncentracja tych pałeczek waha się od 10<sup>2</sup> jtk/litr do 10<sup>6</sup>jtk/litr.

Występowaniu i namnażaniu się *Legionella* w sztucznych rezerwuarach wody, przede wszystkim sprzyja:

- obecność w instalacji wodnej zbiorników/cystern do gromadzenia wody (cieplej i zimnej)
- temperatura wody w zakresie od 25°C do 45°C (przede wszystkim powyżej 30°C)
- powstawanie zastoin wody (instalacje o małym przepływie wody lub przy jego braku)
- obecność biofilmu, osadów, korozja oraz
- obecność pierwotniaków i innych mikroorganizmów w wodzie,
- zaniedbania w konserwacji systemów wodnych
- brak lub zbyt niskie stężenie środków dezynfekcyjnych.

Pałeczki z rodzaju *Legionella* były izolowane z wody pobieranej z basenów kąpielowych i filtrów basenowych. Różnego rodzaju urządzenia służące do rekreacji wodnej wytwarzające aerozol wodny (głównie baseny z hydromasażem) uważane są po wieżach chłodniczych i natryskach za bardzo ważny rezerwuar występowania bakterii z rodzaju *Legionella*, z którym powiązано zachorowania o charakterze epidemicznym.

W wyniku zakażeń, których źródłem była woda z basenów lub wanien do hydromasażu, obserwowano zachorowania zarówno na płucną postać legionelozy, jak i gorączkę Pontiac. W tabeli przedstawiono przykłady zachorowań na legionelozę, związane z korzystaniem lub przebywaniem w otoczeniu włączonych urządzeń przeznaczonych do rekreacji wodnej.

**Tabela 5** Zachorowania na legionelozowe zapalenie płuc związane z basenami z hydromasażem w latach 2003-2012

Rok	Kraj	Liczba potwierdzonych przypadków	Zgony
2003	Wlk. Brytania Anglia	19	-
2004	Austria	3	-
2006	Wlk. Brytania	2 3 gorączka Pontiac	-
	Francja	12	9
2008	Wlk. Brytania	7	-
2010	Francja	3	1
2012	Wlk. Brytania (Anglia)	19	1

2012	Wlk. Brytania (Szkocja)	1	-
------	-------------------------	---	---

Jednym z głównych czynników sprzyjających występowaniu pałeczek *Legionella* w basenach i urządzeniach do rekreacji wodnej jest temperatura wody, która zazwyczaj przekracza 25°C. Tworzenie się tuż nad powierzchnią wody aerozolu wodnego zwiększa prawdopodobieństwo zakażenia drogą wziewną zarówno osób korzystających z tych urządzeń, jak też personelu obsługującego. W przypadku basenów z hydromasażem szczególnego znaczenia nabierają następujące czynniki:

- temperatura wody optymalna dla namnażania się bakterii 36 – 38°C
- bardzo duża w stosunku do objętości wody w niecce basenowej powierzchnia kontaktująca się z wodą w całym obiegu basenowym, na której może tworzyć się biofilm,
- zawartość w wodzie substancji organicznych, stanowiących pożywkę dla mikroorganizmów zasiedlających biofilm, sprzyja temu duża turbulencja wody, która powoduje usuwanie z powierzchni ciał użytkowników zanieczyszczeń organicznych (naskórek, kosmetyki itp.),
- możliwość wprowadzenie dodatkowych zanieczyszczeń do wody basenowej z powietrzem
- powstawanie dużej ilości aerozolu wodnego unoszącego się nad powierzchnią wody w niecce i możliwość rozprzestrzeniania się go wokół niecki

Namnażanie się bakterii z rodzaju *Legionella* może zachodzić między innymi w biofilmie, tworzącym się w różnych miejscach obiegu wody basenowej:

- na powierzchni przewodów doprowadzających wodę,
- na powierzchni przewodów doprowadzających powietrze (zwłaszcza w części, która okresowo jest wypełniona wodą basenową, kiedy wstrzymany jest dopływ powietrza)
- na powierzchni niecki basenowej i w dyszach,
- na złożu filtracyjnym,
- w zbiorniku wyrównawczym.

Skuteczne zwalczenie pałeczek *Legionella* w wodzie basenów kąpielowych, basenów z hydromasażem (w tym urządzeń do hydroterapii) nie jest możliwe bez usunięcia biofilmu, w którego strukturze mogą występować te bakterie. Udział bakterii z rodzaju *Legionella* może sięgać aż 30% składu mikroflory tworzącej biofilm w instalacjach wody ciepłej. Stosowane metody zwalczania biofilmu (czyszczenie, dezynfekcja) powinny być dobierane w zależności od technologii uzdatniania wody, zastosowanych materiałów instalacyjnych i konstrukcji urządzeń wodnych.

*Leptospira* sp. to tlenowe krętki, wśród których można wyróżnić dwa rodzaje: *Leptospira* (w tym chorobotwórczy gatunek *L. interrogans*) oraz *Leptonoma*. *Leptospira interrogans*



powoduje przypadki przenoszonej przez zwierzęta (m.in. szczury, myszy polne, myszy domowe) zoonozy, zwanej leptospirozą. Zakażenie ma często przebieg bezobjawowy lub łagodny. Objawy obejmują gorączkę, ból głowy, bóle mięśni, dreszcze, przekrwienie spojówek, ból brzucha, żółtaczkę, wylewy podskórne i podśluzówkowe (w tym krwawienie z układu oddechowego), wymioty, biegunkę i wysypkę. Krwawienie z układu oddechowego uznawane jest za niebezpieczne powikłanie leptospirozy, często prowadzące do zgonu, jednak dokładny proces jego powstania pozostaje niewyjaśniony. Szacowana śmiertelność mieści się w przedziale od poniżej 5% do 30%. Długotrwałymi następstwami zakażeń są depresja, bóle głowy, zmęczenie i bóle stawów.

Do zakażeń *Leptospira interrogans* dochodzi poprzez rany i skaleczenia, bądź błony śluzowe jamy ustnej, nosa i oczu lub drogą pośrednią, poprzez kontakt z wodą skażoną moczem i tkankami chorych zwierząt, po spożyciu zanieczyszczonej wody lub poprzez wdychanie skażonego aerozolu. W zależności od panujących warunków, bakterie *Leptospira* są zdolne do przetrwania kilku dni do kilku tygodni w środowisku wodnym. Rzadko obserwuje się bezpośrednie przenoszenie zakażenia z człowieka na człowieka. Odnotowywane były epidemie związane z rekreacją wodną w basenach kąpielowych, w których woda była niechlorowana.

*Leptospira* wykazują względnie niską oporność na niekorzystne warunki otoczenia (niska wartość pH, wysuszenie, bezpośrednie działanie promieni słonecznych); mogą jednak przeżyć kilka miesięcy w wodzie w sprzyjających warunkach (obojętne pH, umiarkowana temperatura wody). Leptospiry są wrażliwe na środki dezynfekcyjne.

#### **Prątki niegruźlicze (*NTM* – łac. *nontuberculosis mycobacteria*, *MOTT*- ang. *Mycobacterium other than tuberculosis*)**

Prątki niegruźlicze to saprofity występujące w organizmie i otoczeniu człowieka oraz gatunki mykobakterii, które rzadko i w szczególnych sytuacjach bywają chorobotwórcze. Prątki te występują między innymi w środowisku wodnym i wilgotnym. W instalacjach wodnych często stwierdzano obecność *Mycobacterium xenopi*, *Mycobacterium kansasii*, *Mycobacterium avium complex* (MAC), *Mycobacterium gordonae*.

Do zakażenia tymi bakteriami może dojść poprzez bezpośredni kontakt ze skażoną wodą, aspirację wody, inhalację aerozolu wodnego, poprzez kontakt z wilgotnymi powierzchniami, przez zachłyśnięcie/spożycie skażonej wody. Atypowe prątki *Mycobacterium* spp. mogą wywoływać szereg zakażeń układu kostnego, węzłów chłonnych, skóry i tkanek miękkich, jak również układu oddechowego, pokarmowego i moczowo-płciowego. Klinicznie zakażenia te przybierają postać infekcji układu oddechowego, owrzodzenia Buruli, zapalenia kości i szpiku oraz septycznego zapalenia stawów u osób bez stwierdzonych czynników ku temu predysponujących. Bakterie te stanowią główną przyczynę uogólnionych zakażeń u

pacjentów z obniżoną odpornością, a wywołane przez nie infekcje stanowią częstą przyczynę zgonów osób zakażonych wirusem HIV.

Rezerwuarem prątków niegruźliczych są systemy dystrybucji wody ciepłej (*M. xenopi* – optymalna temperatura wzrostu 42-45°C) lub wody zimnej (np. *M. kansasii*, *M. chelonae*). Bakterie te w instalacjach wodnych często wchodzi w skład biofilmu np. *M. avium*. Atypowe prątki *Mycobacterium* spp. mogą również być obecne, w znacznych ilościach w wodzie w wyniku uwolnienia ich z biofilmu, na przykład po płukaniu instalacji lub w następstwie przepływu wstecznego. Zakażenia tymi bakteriami wiązane są między innymi ze skażeniem wody w prysznicach oraz w basenach z hydromasażem

Prątki te są stosunkowo odporne na niekorzystne warunki środowiska: wysuszenie, wysoką temperaturę (niektóre termofilne gatunki *M. chelonae*, *M. avium* lub *M. xenopi* są zdolne do wzrostu w temperaturze 55°C) oraz obecność związków dezynfekcyjnych. Znaczna oporność prątków na dezynfekcję chemiczną związana jest właściwościami ściany komórkowej tych bakterii. Wiele gatunków mykobakterii jest niewrażliwa na stężenie wolnego chloru wynoszące nawet 1 mg/l. Działania służące ograniczeniu tworzenia się biofilmu, takie jak uzdatnianie wody, mające na celu możliwie największe usunięcie węgla organicznego, ograniczenie czasu pozostawania wody w systemach dystrybucyjnych i obecność pozostałego aktywnego czynnika dezynfekcyjnego powinny skutkować w ograniczeniu wzrostu tych bakterii.

*Pseudomonas sp.* - bakterie z rodzaju *Pseudomonas* to w większości tlenowe, Gram ujemne, niefermentujące pałeczki powszechnie występujące w środowisku naturalnym (gleba, woda, ścieki). Najważniejszym gatunkiem, mogącym powodować zakażenia u ludzi, głównie infekcje oportunistyczne, jest *Pseudomonas aeruginosa* (pałeczka ropy błękitnej). Zakażenia wywołane przez te bakterie powstają w szczególnych okolicznościach i dotyczą prawie wyłącznie osób w ciężkim stanie ogólnym i wymagających hospitalizacji. Zakażenia te mogą mieć różną lokalizację, a ich zwalczanie utrudnia oporność szczepów na szeroki zakres antybiotyków. W zwykłych warunkach te powszechnie występujące w środowisku bakterie nie stanowią zagrożenia dla ludzi w przeciętnym stanie zdrowia. Zachorowania u osób zdrowych (bez czynników predysponujących) po ekspozycji na wodę zanieczyszczoną pałeczkami *Pseudomonas* są odnotowywane bardzo rzadko i zazwyczaj mają łagodny przebieg.

*P. aeruginosa* może namnażać się w środowisku wodnym oraz na powierzchni materiałów organicznych mających kontakt z wodą. Optymalna temperatura wzrostu to 41°C. Pałeczki *Pseudomonas sp.*, w tym *P. aeruginosa* powszechnie występują w systemach wodnych (instalacje wody zimnej), na wilgotnych powierzchniach oraz filtrach wody. Ich rezerwuarem mogą być też instalacje i urządzenia wodne zasilane wodą ciepłą (prysznic,

baseny z hydromasażem, wanny typu whirlpool). Izolowane są również z wody basenów kąpielowych. Transmisja bakterii na człowieka, następuje najczęściej poprzez bezpośredni kontakt ze skażoną wodą (lub biofilmem), zanieczyszczoną tymi bakteriami powierzchnią.

Bakterie *P. aeruginosa* są jednym z głównych gatunków mikroorganizmów przyczyniających się do formowania się biofilmu. Problem występowania tych pałeczek jest niezmiernie ważny, gdyż ich komórki szczególnie rosnące w biofilmie, charakteryzują się dużą opornością na działanie środków powierzchniowo czynnych i dezynfekcyjnych.

***Staphylococcus aureus*** – to jeden z gatunków gronkowców, mogący wywoływać zakażenia u ludzi. Poza nim do gatunków patogennych tych mikroorganizmów zaliczane są *S. epidermidis* i *S. saprophyticus*.

*S. aureus* jest dość rozpowszechniony w środowisku, najczęściej jednak występuje na skórze i błonach śluzowych zwierząt. Drobnoustrój ten wchodzi w skład fizjologicznej mikroflory człowieka. Niekiedy obecność gronkowca stwierdza się także w obrębie przewodu pokarmowego, wykrywany bywa także w ściekach. *S. aureus* może przenosić się z człowieka do środowiska wodnego, np. basenów, ośrodków spa i innych wód rekreacyjnych. Wykrywano go również w wodzie do picia. O stopniu jego zjadliwości decydują czynniki umożliwiające adhezję do komórek gospodarza oraz czynniki utrudniające unieszkodliwienie bakterii przez komórki żerne, a także wytwarzanie enzymów hydrolitycznych i toksyn (m.in.: cytotoksyn, enterotoksyn, toksyny 1-syndromu szoku toksycznego).

Obecność *S. aureus* w wodzie basenowej może być przyczyną infekcji skórnych, zakażenia ran, infekcji gałek ocznych i ucha środkowego. Ponadto bakterie te mogą powodować zapalenie wsierdza, zapalenie płuc, ropniak opłucnej, zapalenie kości i szpiku kostnego, gronkowcowe zatrucia pokarmowe. Większość szczepów *S. aureus* wykazuje wrażliwość na powszechnie stosowane antybiotyki, a infekcje mogą być skutecznie leczone. Poważny problem, przede wszystkim w przypadku zakażeń szpitalnych, stanowi natomiast występowanie szczepów *S. aureus* opornych na metycylinę (*S. aureus* MRSA) z uwagi na ich oporność na szereg antybiotyków.

Źródłem zanieczyszczenia wody i powierzchni w obiektach rekreacyjnych przez *S. aureus* jest człowiek. Gronkowce przenoszone są poprzez bezpośredni kontakt lub przez kontakt z zanieczyszczonymi powierzchniami. Źródłem występowania gronkowców w wodzie basenowej jest również człowiek – użytkownik basenu. Bakterie te mogą się też namnażać na niewłaściwie eksploatowanych złożach w filtrach basenowych.

Gronkowce wykazują wysoką oporność na środki dezynfekcyjne, mają tendencję do zlepiania się, tworzą agregaty chronione przez złuszczone naskórek, tłuszcz i wydzieliny gruczołów skórnych. Standardowe procesy uzdatniania i dezynfekcji wody powinny skutecznie ograniczać ich obecność w wodzie.

## 2.2 Wirusy

*Molluscipoxvirus* - wirus mięczaka zakaźnego, którego wiriony posiadają dwuniciowe DNA. Wirus jest czynnikiem etiologicznym choroby skóry u ludzi. Objawy to zmiany skórne (grudki), rosnące do około 3-5 mm średnicy. Okres inkubacji wynosi 2-6 tygodni lub dłużej. Zmiany te mogą utrzymywać się przez 2-4 miesiące, w niektórych przypadkach zmiany ustępują samoistnie w czasie 0,5-2 lat. Zakażenia tym wirusem częściej występują u dzieci niż u osób dorosłych. Badania epidemiologiczne wskazują, że blisko 75% dzieci, poniżej 10 roku życia, u których stwierdzono zmiany wywołane przez powyższy wirus było użytkownikami basenu kąpielowego.

Źródłem zanieczyszczenia powierzchni w obiektach rekreacyjnych przez *Molluscipoxvirus* jest człowiek. Drogą zakażenia jest bezpośredni kontakt z osobą zainfekowaną lub też dochodzi do niego pośrednio poprzez kontakt z zakażoną powierzchnią (brzegu basenu, siedzisk przy basenie). Najważniejszym środkiem zapobiegawczym jest ograniczenie kontaktów między osobami zainfekowanymi i zdrowymi oraz systematyczne zabiegi czyszczenia i dezynfekcji powierzchni w obiektach basenowych

*Papillomavirus* - wirus brodawczaka należący do rodziny *Papovaviridae*, którego wiriony posiadają dwuniciowe DNA. Wirus powoduje zmiany skórne u ludzi, przebiegające postacią łagodnych guzków skórnych. Zmiany lokalizują się prawie wyłącznie na kończynach dolnych (lub powierzchni podeszwy stopy) i są określane jako brodawki i brodawki podeszwowe. Okres inkubacji wirusa nie jest określony, lecz szacuje się go na 1-20 tygodni. Zakażenia są bardzo powszechne wśród dzieci i młodzieży w wieku od 12 do 16 lat, korzystających często z basenów kąpielowych publicznych oraz basenów z hydromasażem. U osób dorosłych zakażenia odnotowywane są rzadziej, co może być wynikiem nabytej odporności.

Źródłem zanieczyszczenia przez *Papillomavirus* powierzchni w obiektach rekreacyjnych jest człowiek. Drogą zakażenia jest bezpośredni kontakt z zainfekowanymi, drobnymi fragmentami skóry, które mogą znajdować się na powierzchni podłogi (pod prysznicami, w przebieralniach). Wirus brodawczaka nie jest przenoszony przez wodę w basenie kąpielowym ani w basenie z hydromasażem. Najważniejszym środkiem ograniczającym rozprzestrzenianie się wirusa jest odpowiednia higiena osobista przed wejściem do basenu, noszenie obuwia (klapki) podczas korzystania z natrysków i w przebieralni. Wirusy brodawczaków są bardzo odporne na wysychanie stąd niezmiernie ważne jest regularne czyszczenie i dezynfekcja powierzchni w obiektach, w których znajdują się baseny kąpielowe.

## 2.3 Pierwotniaki

*Acanthamoeba spp.* to wolnożyjące ameby (10–50 µm średnicy), powszechnie występujące w środowisku wodnym, w tym były wykrywane w dezynfekowanej wodzie z basenów kąpielowych. Gatunki, które mogą wywoływać zakażenia u ludzi to *A. castellanii*, *A. polyphaga* i *A. culbertsoni*. W cyklu rozwojowym *Acanthamoeba* występuje postać zwana trofozoitem, który przekształca się w uśpioną cystę, zdolną do przetrwania procesów dezynfekcji, wysychania oraz oddziaływania skrajnych temperatur (–20°C do 56°C). Wszystkie gatunki chorobotwórcze mogą namnażać się w temperaturze 36–37°C, przy czym warunki optymalne to około 30°C.

Kontakt z tymi pierwotniakami rzadko prowadzi do zakażenia u człowieka. U ludzi obserwuje się dwie postaci infekcji: ziarniniakowe amebowe zapalenie mózgu wywoływane przez *A. culbertsoni* oraz zapalenie rogówki i błony naczyniowej oka, powodowane przez *A. castellanii* i *A. polyphaga*. Ziarniniakowe amebowe zapalenie mózgu ma charakter wielogniskowy, krwotoczny i martwiczy. Występuje głównie u osób ciężko chorych ze znacznym niedoborem odporności. Jest to choroba rzadka, zazwyczaj śmiertelna. Objawy to gorączka, bóle głowy, drgawki, zapalenie opon mózgowych i zaburzenia widzenia. Mogą im towarzyszyć zmiany stanu psychicznego pacjenta, niedowład lub porażenia, ataksja mózdkowa i śpiączka. Zgon następuje zwykle po upływie tygodnia do roku od wystąpienia pierwszych objawów, a jego bezpośrednią przyczyną jest zazwyczaj zapalenie oskrzeli i płuc. Dokładne źródło zakażenia nie jest znane ze względu na powszechną obecność tych pierwotniaków w środowisku. Zapalenie rogówki wywołane przez *Acanthamoeba* to bolesne zakażenie rogówki oka, które może wystąpić u osób zdrowych, w szczególności noszących soczewki kontaktowe. Jest to rzadka choroba, która może spowodować pogorszenie widzenia, trwałą ślepotę, a nawet utratę oka. Niektóre przypadki zachorowań były związane z korzystaniem z basenów z hydromasażem.

*Acanthamoeba* występuje w różnych środowiskach wodnych, w tym w wodach powierzchniowych, wodzie wodociągowej, basenach kąpielowych i roztworach płynów do pielęgnacji soczewek kontaktowych. Trofozoity są w stanie bytować i namnażać się w wodzie, żywiąc się obecnymi w niej bakteriami, drożdżami i innymi mikroorganizmami.

Cysty *Acanthamoeba* są niezwykle odporne na dezynfekcję, ale mogą być skutecznie usuwane poprzez filtrację wody. Ponadto usuwanie i zapobieganie powstawaniu biofilmu wpływa na zmniejszenie dostępności substancji pokarmowych i tym samym ogranicza namnażanie się ameb w instalacjach wodnych.

### ***Naegleria fowleri***

*Naegleria* to wolnożyjący pełzakowiciowiec, szeroko rozpowszechniony w środowisku. Najważniejszym gatunkiem chorobotwórczym dla człowieka jest *N. fowleri*. *Naegleria* może mieć postać trofozoitu, wiciowca lub cysty. Trofozoit (10–20 µm) porusza się wytwarzając

nibynóżki, żywi się bakteriami i rozmnaża przez podział komórki. W niekorzystnych warunkach trofozoit przekształca się w okrągłą cystę o średnicy 7–15 µm, wytrzymałą na niesprzyjające warunki otoczenia.

*Naegleria fowleri* wywołuje pierwotne pełzakowe zapalenie opon mózgowych i mózgu u osób zdrowych. Pierwotniak ten przedostaje się przez nabłonek węchowy i blaszkę sitową do mózgu, wywołując zachorowanie o ostrym przebiegu. Leczenie jest trudne, a osoby zakażone często umierają w ciągu 5–10 dni, przed ustaleniem źródła zakażenia. Zakażenie tym pierwotniakiem występuje rzadko. Liczba zachorowań na pierwotne pełzakowe zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych i mózgu jest najwyższa w ciepłych miesiącach letnich, kiedy wiele osób korzysta z rekreacji wodnej oraz gdy temperatura wody sprzyja wzrostowi tych mikroorganizmów.

*Naegleria fowleri* są ciepłolubne i namnażają się w temperaturze do 45°C. Ich zwykłym środowiskiem życia są naturalne wody ciepłe oraz sztuczne rezerwuary wody. Występowanie ich w środowisku wodnym wskazuje na związek z tak zwanym termicznym zanieczyszczeniem wód, powodowanym oddziaływaniem wód geotermalnych lub basenów kąpielowych z podgrzewaną wodą. Występowaniu mikroorganizmów z rodzaju *Naegleria* w wodzie sprzyja temperatura wody przekraczająca 25–30°C.

Źródłem zakażenia tym pierwotniakiem jest woda. Do zakażenia tym pierwotniakiem nie dochodzi drogą pokarmową. Transmisja następuje niemal wyłącznie poprzez przedostanie się skażonej wody do jamy nosowej. Zakażenie wiąże się przede wszystkim z korzystaniem ze zbiorników wodnych przeznaczonych do celów rekreacyjnych, w tym z basenów kąpielowych i basenów w ośrodkach spa oraz z akwenów wód powierzchniowych naturalnie ogrzewanych promieniami słonecznymi, jak również z wodami przemysłowymi wykorzystywanymi do chłodzenia i źródłami geotermalnymi. W wielu przypadkach wystąpienie zakażenia jest powiązane z korzystaniem z wypoczynku nad wodą.

Woda dostarczana do basenu (wodociągowa), której temperatura sezonowo przekracza 30°C lub na stałe utrzymuje się na poziomie powyżej 25°C, może potencjalnie sprzyjać namnażaniu się *N. fowleri*. Powszechnie stosowany w systemach dystrybucyjnych wody chlor, występujący w wodzie w stężeniu powyżej 0,5 mg/l powinien zapewniać skuteczną ochronę przed występowaniem *N. fowleri*. Obecność aktywnego czynnika dezynfekcyjnego oraz inne metody ograniczające obecność drobnoustrojów tworzących biofilm, zmniejszają dostępność pożywienia i w efekcie uniemożliwiają rozwój *N. fowleri* w instalacjach wodnych.

## 2.4 Grzyby

*Trichophyton spp. i Epidermophyton floccosum* -

*E. floccosum* i różne gatunki grzybów z rodzaju *Trichophyton* powodują zakażenia grzybicze włosów, paznokci lub skóry. Zakażenia skóry stóp (zwykle pomiędzy palcami) opisano jako "stopa atlety". Objawy obejmują między innymi pękanie i łuszczenie skóry, z intensywnym swędzeniem. Grzybica stóp może być przenoszona przez bezpośredni kontakt z zainfekowaną osobą, w basenach kąpielowych oraz poprzez kontakt z powierzchniami zanieczyszczonymi zakażonymi fragmentami skóry np. podłogi pod natryskami, w szatniach. Zakażenia są dość powszechne wśród ratowników i osób kąpiących się, ale ich przebieg jest stosunkowo łagodny. Zapobieganie to przede wszystkim odpowiednia higiena osobista przed wejściem do basenu, noszenie kłapek pod prysznicami i w szatniach oraz regularne czyszczenie powierzchni (w szczególności podłóg) na pływalni.

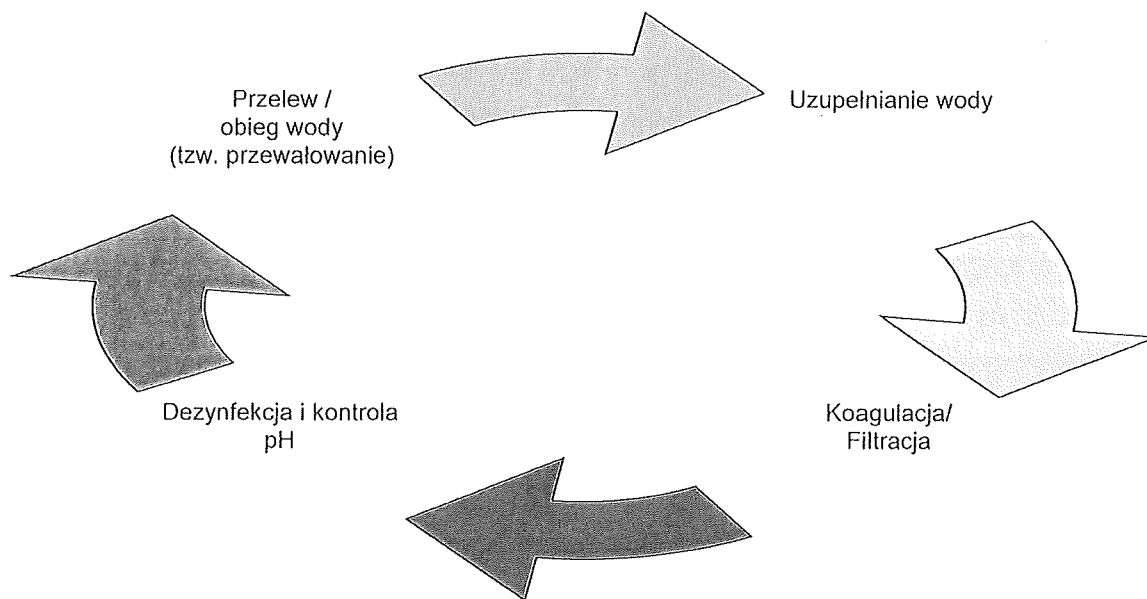
## **II. Metody uzdatniania wody w basenach kąpielowych i urządzeniach do rekreacji wodnej**

Woda wodociągowa wykorzystywana do napełniania basenów powinna spełniać wymagania dla wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. W przypadku basenów napełnianych inną wodą np. morską, termalną itp. może być konieczne zastosowanie uzdatniania w zakresie odpowiednim do jakości dostarczanej wody. W każdym przypadku woda używana do napełniania basenów i urządzeń do rekreacji wodnej, powinna pod względem bakteriologicznym spełniać wymagania dla wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

Podstawowym celem procesów uzdatniania i dezynfekcji wody w basenie kąpielowym czy urządzeniach do rekreacji wodnej jest utrzymywanie czystości mikrobiologicznej wody, tak by woda była bezpieczna dla osób pływających/kąpiących się. Prawidłowo prowadzone zabiegi uzdatniania i dezynfekcji wody powinny:

- zapewniać utrzymywanie wody wolnej od mikroorganizmów patogennych,
- zapewniać utrzymywanie wody wolnej od glonów (obiekty odkryte),
- zapewniać utrzymanie wody wolnej od substancji toksycznych oraz drażniących dla osób pływających/kąpiących się,
- zapobiegać powstawaniu niepożądanych zapachów i zmiany smaku wody,
- zapobiegać procesom korozji wyposażenia i sprzętu wykorzystywanego na basenach kąpielowych i urządzeniach do rekreacji wodnej,
- zapobiegać powstawaniu i gromadzeniu osadów w nieckach basenowych, na filtrach lub w instalacjach wodnych.

Poniższy schemat obrazuje różne działania, które powinny być realizowane na obiektach basenowych w celu zapewnienia odpowiedniej jakości wody (Ryc. 1)



Ryc. 1 Przelew i obieg wody w basenach kąpielowych

Woda w basenie kąpielowym (krytym/odkrytym) czy w basenach z hydromasażem może ulegać zanieczyszczeniu w różnym tempie. Na ogół, zanieczyszczenia (szczególnie na powierzchni) są większe w obiektach o płytszej wodzie, w których więcej kąpiących się przypada na metr sześcienny wody, oraz w obiektach odkrytych niż w basenach krytych. Jednym z działań usuwających te zanieczyszczenia wody jest przelew oraz obieg wody (zapewniający tzw. przewalowanie).

Przelew pozwala na usunięcie przede wszystkim zanieczyszczeń powierzchniowych, natomiast obieg wody basenowej zapewnia usunięcie zanieczyszczeń i substancji rozpuszczonych w wodzie.

Obieg wody wyrażony jest liczbą godzin, podczas których filtracji powinna zostać poddana jedna całkowita objętość wody w basenie. Wyraża to wzór:

$$\text{Obieg wody [godziny]} = \frac{\text{pojemność basenu [m}^3\text{]}}{\text{sprawność filtra [m}^3\text{/godz.]}}$$

W większości przypadków obieg wody w basenie jest zależny od obciążenia basenu oraz rodzaju jego przeznaczenia. Można przyjąć następujące ogólne wytyczne określające optymalny czas obiegu wody w basenie (tab. 6)

Tabela 6 Wytyczne określające optymalny czas obiegu wody w basenie

Obieg wody [godziny]	Rodzaj basenu
0,5 - 1	Baseny ze zjeżdżalnią, baseny do hydroterapii
0,5 - 1.5	Baseny do nauki pływania



5 - 20 min.	Baseny rekreacyjne perelkowe
10 - 45 min.	Baseny rekreacyjne o głębokości do 0,5 m
0,5 - 1,25	Baseny rekreacyjne o głębokości od 0,5 m do 1 m
1 - 2	Baseny rekreacyjne o głębokości od 1 m do 1,5 m
2 - 2,5	Baseny rekreacyjne (pływakie, sportowe) o głębokości powyżej 1,5 m
2,5 - 3	Baseny publiczne o długości do 25 m i głębokości 1 m przy płytkim końcu.
3 - 4	Baseny o długości 50 m (baseny olimpijskie)
4 - 8	Baseny do nurkowania

Guidelines for safe recreational water environments Vol. 2 Swimming pool and similar environments (WHO 2006)

### Uzupełnianie wody

Proces filtrowania i dezynfekcji wody nie usuwa wszystkich wnikaających do niej zanieczyszczeń. Uzupełnianie wody w basenie świeżą wodą korzystnie wpływa na zmniejszenie kumulacji zanieczyszczeń, których źródłem są osoby kąpiące się czy też procesy dezynfekcji i ich uboczne produkty. W pewnym stopniu uzupełnienie świeżą wodą występuje podczas płukania filtra basenowego, gdyż do tego celu wykorzystywana jest woda basenowa ze zbiornika wyrównawczego, która następnie usuwana jest do kanalizacji. Zużycie wody płuczącej w celu zapewnienia prawidłowego płukania filtra wynosi około 4-6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> powierzchni filtra. Niestety, nie jest to wystarczające, aby zmniejszyć stężenie niepożądanych zanieczyszczeń do dopuszczalnego poziomu. Stąd woda w basenach i urządzeniach do rekreacji wodnej powinna być zawsze uzupełniana świeżą wodą. Ma to także służyć wyrównaniu strat objętości wody w systemie cyrkulacji wynikających z parowania wody. Podstawowa zasada zakłada dodanie do basenu świeżej wody w objętości nie mniejszej niż 30 litrów na jednego użytkownika dziennie.

### Koagulacja

Celem koagulacji jest usuwanie zanieczyszczeń rozproszonych w wodzie poprzez tworzenie ich aglomeratów, łatwo następnie usuwanych poprzez flokulację i filtrację. Zanieczyszczenia te to między innymi: rozpuszczone w wodzie związki chemiczne, koloidy, drobinki zanieczyszczeń organicznych oraz nieorganicznych. Proces filtracji pozwala na usunięcie większych cząsteczek (o średnicy >100 nm) i ich zawiesiny. W przypadku jonów metali, cząsteczek związków chemicznych czy też cząstek koloidalnych, które mogą przechodzić do filtratu, konieczne jest zastosowanie procesu koagulacji. Koagulacja znacznie zwiększa skuteczność oczyszczania wody basenowej.

Jako koagulanty stosowane są substancje chemiczne, powodujące skupianie się obecnych w wodzie zanieczyszczeń w formie drobnych kłaczków, w wyniku neutralizacji jednoimiennych ładunków elektrycznych na powierzchni zanieczyszczeń, dzięki którym utrzymywały się one w stanie rozproszenia. Koagulant dodawany jest do wody przed

procesem filtracji. Koagulanty najczęściej stosowane w uzdatnianiu wody basenowej to sole glinu (III) i żelaza (III). W przypadku soli glinu stosowana w procesie koagulacji dawka dla wód basenowych wynosi od 0,05 mg/l do 2,0 mg/l jako Al, w przypadku wody surowej od 1 mg/l do 15 mg/l jako Al.

Koagulacja zachodzi w dwóch fazach:

I- faza – po dodaniu koagulantu, reakcje destabilizujące cząstki koloidowe

II- faza – flokulacja, powstawanie kłaczków, które mogą być usuwane z wody w procesach sedymentacji, flotacji czy filtracji.

W efekcie skutecznej koagulacji połączonej z separacją kłaczków w procesie filtrowania wody zostaje obniżona mętność i zawartość cząstek zawieszonych w wodzie uzdatnionej, a tym samym poprawia się jej przezroczystość. Z uwagi na dążenie do zminimalizowania tworzenia się ubocznych produktów dezynfekcji, celowe jest jak największe zredukowanie ilości zanieczyszczeń w wodzie basenowej przed poddaniem jej dezynfekcji. Mętność wody przed dezynfekcją nie powinna przekraczać wartości 0,5 NTU (Nephelometric Turbidity Units,), natomiast średnia wartość mętności powinna wynosić 0,2 NTU lub mniej. Wraz ze zmniejszeniem się ilości cząstek zawieszonych w wodzie uzdatnionej następuje również redukcja obciążenia mikrobiologicznego wody. Mikroorganizmy występujące w wodzie zostają zatrzymane w kłaczkach i odseparowane z wody na złożach filtracyjnych. Koagulacja i filtracja stanowią istotne narzędzia usuwania z wody oocyst *Cryptosporidium* i cyst *Giardia* oraz innych pierwotniaków chorobotwórczych, których inaktywacja tradycyjnymi metodami dezynfekcji (np. związkami chloru) w stężeniach możliwych do stosowania w wodzie basenowej nie zawsze jest skuteczna.

Koagulacja pozwala skutecznie usuwać z wody substancje nieorganiczne, pierwiastki śladowe, w tym metale ciężkie. Jest to szczególnie ważne w przypadku związków fosforu, których obecność sprzyja namnażaniu się glonów. W procesie koagulacji następuje wiązanie fosforanów i ich strącanie w postaci nierozpuszczalnego fosforanu glinu Al (III) lub żelaza Fe (III). Zoptymalizowany proces koagulacji może zatem zapobiegać rozwojowi glonów w wodzie basenowej (baseny odkryte).

Koagulacja jest również procesem, podczas którego usuwane są z wody rozpuszczone związki organiczne, których obecność skorelowana jest z barwą (obecność np. związków humusowych, glonów), a które wpływają na przebieg dalszych etapów uzdatniania i dezynfekcji wody. Niektóre związki organiczne mogą powodować zakłócenie koagulacji. W takich przypadkach konieczne jest wprowadzenie wstępnego ozonowania dawką ok. 0,5 - 2 mg/l. Nie powinno się stosować chlorowania wstępnego, ze względu na powstawanie w tym procesie dużej ilości szkodliwych dla zdrowia ludzi ubocznych produktów chlorowania.

Proces koagulacji powinien podlegać kontroli w kierunku zawartości koagulantów w uzdatnionej wodzie. Dotyczy to szczególnie soli glinu Al (III), ponieważ zakres odczynu wody dla optymalnego strącania wodorotlenku glinu jest wąski (pH od 6,0 do 7,5), a jego rozpuszczalność w wodzie jest wyższa niż wodorotlenku żelaza. Optymalna koagulacja i skuteczna filtracja powinna pozwolić osiągnąć zawartość glinu w wodzie poniżej 0,1 mg/l, przy proponowanej wartości dopuszczalnej dla wody basenowej do 0,2 mg/l, analogicznie tak samo jak dla wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

### Filtracja

Filtracja jest głównym procesem w systemie oczyszczania wody basenowej, podczas którego następuje zatrzymanie zanieczyszczeń poprzez cedzenie, koagulację powierzchniową i sorbcję. Najczęściej stosowana jest filtracja jedno - lub wielostopniowa. W procesach tych używane są filtry ciśnieniowe jedno- lub wielowarstwowe ze złożem piaskowym, węglowym lub piaskowo-węglowym. Przy prawidłowo prowadzonej eksploatacji filtry z materiałów ziarnistych powinny gwarantować wysoki stopień oczyszczenia wody oraz długi czas filtracji.

Sprawność procesu filtracji, jest określana poprzez przepływ wody w określonym czasie, tak, aby osiągnąć określony stopień przejrzystości wody. Każdy rodzaj basenu wymaga odpowiednio dobranego filtra, tak by uzyskać wodę o odpowiedniej przejrzystości.

Przykładem **filtracji jednowarstwowej** jest filtracja na złożu piaskowym. Filtrowana woda przepływa przez materiał filtracyjny, następnie dodawany jest koagulant, który po wymieszaniu z wodą podczas filtracji powoduje zatrzymanie zanieczyszczeń na powierzchni materiału filtracyjnego lub w jego górnej części (filtracja powierzchniowa na złożu piaskowym – koagulacja kontaktowa). Jeżeli złożo ma grubsze uziarnienie, zanieczyszczenia nie pozostają na powierzchni ziaren filtra tylko przemieszczają się głębiej do złoża filtracyjnego (filtracja przestrzenna, głęboka). Prędkość przepływu wody podczas filtracji nie powinna przekraczać 30 m/godz. Przy oczyszczaniu wody basenowej w zasadzie oprócz filtrów węglowych przy pełnym ozonowaniu nie stosuje się filtrów jednowarstwowych.

**Filtracja wielowarstwowa** jest kombinacją filtracji przestrzennej i powierzchniowej. Przy filtracji dwuwarstwowej warstwę górną stanowi np. gruboziarnisty materiał o małej gęstości, dolną drobnoziarnisty materiał o większej gęstości. Górna warstwa pełni funkcję filtra przestrzennego, który pozwala na dobre wymieszanie i reakcje zanieczyszczeń występujących w wodzie z koagulantem oraz pozostałym wolnym chlorem. Dolna warstwa zatrzymuje w górnej warstwie drobne cząstki, dzięki czemu uzyskuje się dobrą jakość wody

po filtracji. Jako materiał filtracyjny przy filtracji wielowarstwowej stosowany jest np. żwir kwarcowy, piasek, antracyt.

W porównaniu do filtracji jednowarstwowej, filtracja wielowarstwowa charakteryzuje się:

- wyższą efektywnością procesu filtracji,
- większymi prędkościami filtracji przy tych samych lub lepszych efektach,
- mniejszymi wymiarami filtrów,
- mniejsza stratą ciśnienia,
- mniejszym zapotrzebowaniem na wodę do płukania,
- dłuższym czasem filtracji,
- większą oszczędnością energii.

Filtracja to nie tylko mechaniczne sito pozwalające na oddzielenie części stałych na powierzchni złoża filtracyjnego, ale również proces, w którym wykorzystywane są chemiczne i biologiczne reakcje. Podczas filtracji usuwane zostają mętność, zawiesiny pochodzenia organicznego i nieorganicznego, jak również część niepożądanych mikroorganizmów. Węgiel aktywny jest adsorbentem stosowanym głównie w celu usuwania niepożądanych produktów procesu dezynfekcji, zapachu chloru, poprawy smaku i barwy. W filtrach stosowanych w oczyszczaniu wody basenowej najczęściej stosowany jest hydroantracyt/antracyt.

Podstawowym warunkiem prawidłowej eksploatacji filtrów jest ich płukanie. Płukanie ma na celu oczyszczenie złoża filtracyjnego z nagromadzonych zanieczyszczeń, spulchnianie materiału filtracyjnego dla otrzymania korzystnego układu warstw i ich pierwotnego porowatego stanu oraz przygotowanie filtrów do dalszej pracy. W praktyce płukanie może być prowadzone na różne sposoby:

- jednofazowe – płukanie wodą
- dwufazowe – płukanie wodą i powietrzem (filtry wielowarstwowe)
- trójfazowe - płukanie wodą i powietrzem w przypadku dużego zanieczyszczenia złoża

**Tabela 7** Zalecenia dotyczące kolejności czynności i czasu płukania

Etap	Płukanie jednofazowe	Płukanie dwufazowe wodą i powietrzem
1	odpowietrzenie filtra i obniżenie zwierciadła wody w filtrze do poziomu leja odpływowego, płukanie wodą 6-7 min. przy prędkości przepływu wody 60-65 m/ godz. przy temperaturze 25°C	odpowietrzenie filtra i obniżenie zwierciadła wody w filtrze do poziomu leja odpływowego, płukanie wodą około 3 min. przy prędkości przepływu wody 60-65 m/godz. przy temperaturze 25°C
2	odprowadzenie filtrowanej wody do kanalizacji przez 2-3 min.	płukanie powietrzem przez około 5 min. przy prędkości przepływu powietrza 60 m/godz. i nadciśnieniu 300-500 milibarów

3	włączenie filtrowanej wody do obiegu	plukanie wodą przez około 3 – 5 min. przy prędkości przepływu wody 60-65 m/godz. przy temperaturze 25°C
4	-----	odprowadzenie filtrowanej wody do kanalizacji przez 2-3 min.
5	-----	włączenie filtrowanej wody do obiegu

F.G. Piechurski Pływalnie i Baseny Nr12 (listopad 2012-luty 2013)

### Kontrola pH

Odczyn wody basenowej powinien być kontrolowany i skorelowany z procesami dezynfekcji i koagulacji, tak by zapewniać odpowiednią skuteczność tych procesów. Wartość pH wody powinna mieścić się w zakresie 7,2 – 7,8 (WHO 2006), warunki optymalne to 7,4- 7,6. W przypadku stosowania dezynfekcji opartej o związki chloru odczyn wody powinien wynosić 7,3 do 7,5, a dla innych „nie – chlorowych” metod dezynfekcji nie przekraczać wartości pH=8. Częstotliwość pomiaru pH jest zależna od rodzaju basenu. W basenach publicznych pomiar pH powinien odbywać się w sposób ciągły i być na bieżąco korygowany przez automatyczne dozowanie substancji chemicznych regulujących pH wody. W przypadku basenów kąpielowych, basenów z hydromasażem znajdujących się na terenie obiektów takich jak np. hotele, kluby fitness itp., wskazane jest prowadzenie pomiarów pH kilka razy w ciągu dnia. W przypadku basenów prywatnych pomiar pH powinien być wykonany przed użytkowaniem.

### III. Metody dezynfekcji wody w basenach oraz urządzeniach do rekreacji wodnych

Dezynfekcja wody w basenach oraz urządzeniach do rekreacji wodnej ma na celu:

- utrzymywanie wody wolnej od organizmów patogennych,
- utrzymywanie wody wolnej od wzrostów glonów,
- zapewnienie wody o właściwościach nie drażniących i nie toksycznych dla użytkowników,
- zapobieganie powstawaniu niepożądanych zapachów i smaków wody.

Proces dezynfekcji redukuje i unieszkodliwia niepożądane mikroorganizmy w tym - wirusy, bakterie, glony, grzyby, które powszechnie związane są ze środowiskiem człowieka.

Wiele bakterii wchodzi w skład mikroflory fizjologicznej człowieka, w tym część z nich jest nieszkodliwa, ale inne mogą być czynnikami etiologicznymi zachorowań u ludzi. Obecność glonów w wodzie basenowej może powodować znaczne pogorszenie jej jakości (zmętnienie, pogorszenie smaku, obecność toksyn). Na szczególną uwagę zasługują pierwotniaki pasożytnicze z rodzaju *Cryptosporidium* i *Giardia*, które charakteryzują się większą niż bakterie odpornością na stosowane powszechnie środki dezynfekcyjne, ale skutecznie mogą być usuwane podczas uzdatniania wody poprzez filtrację.

### Metody chemiczne oparte na stosowaniu związków chloru

W przypadku wody w basenach kąpielowych najczęściej stosowaną chemiczną metodą dezynfekcji jest chlorowanie. Skuteczność dezynfekcji jest zależna od wielu czynników między innymi od:

- pH wody,
- temperatury wody,
- ilości związków organicznych w wodzie,
- obecności biofilmu.

Stosowanie chloru i jego związków jest skuteczne, ale ma też ujemne strony ze względu na to, że podczas chlorowania mogą powstawać związki halogenowe (THM-y), o właściwościach kancerogennych, które mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia użytkowników. Ponadto stosowanie dużych dawek chloru zwiększa korozyjność instalacji wodnych. Najczęściej w praktyce znajduje zastosowanie:

- dezynfekcja **podchlorynem sodu** - produkty dostępne komercyjnie zazwyczaj zawierają od 10% do 15% czynnego chloru. Podchloryn sodu otrzymuje się przez przepuszczenie gazowego chloru w kontrolowanych warunkach przez roztwór wodorotlenku sodu. Podchloryn sodu najefektywniej działa przy pH słabo zasadowym, podwyższenie wartości pH wody zmniejsza jego aktywność, wskutek zmniejszania się liczby cząstek niezdisocjowanych. Podczas reakcji podchlorynu sodu z wodą wzrasta pH, w wyniku czego zmniejsza się ilość wolnego chloru, którego jest więcej przy niższych wartościach pH wody.

pH	% HOCl	% OCl <sup>-</sup>
5.0	100	0
6.0	96	4
7.0	75	25
7.2	66	34
7.5	49	51
7.8	33	67
8.0	23	77

Podchloryn sodu dość dobrze penetruje strukturę biofilmu i niszczy mikroorganizmy z nim związane. Jego działanie jest ściśle związane z odczynem wody, którego wartość w warunkach optymalnych powinna wynosić od 7,2 do 7,5. Wahania wartości pH wody, a przede wszystkim wyraźny wzrost, wartości pH, przekraczający wartość 8,0 powoduje znaczny spadek skuteczności działania biobójczego chloru. W efekcie mimo utrzymywania się stężenia wolnego chloru w wodzie na zalecanym poziomie skuteczność

dezynfekcji wody może ulec znacznemu ograniczeniu, stąd jak zaznaczono wyżej niezbędna jest ciągła lub co najmniej systematyczna kontrola wartości pH wody.

- dezynfekcja dwutlenkiem chloru – związek ten ma silniejsze działanie utleniające niż wolny chlor, poza tym działanie dezynfekujące występuje przy niższych dawkach tej substancji. Jest bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie, nie reaguje z amoniakiem (nie tworzy chloramin) oraz nie tworzy rakotwórczych trójhalemetanów (THM), chlorofenoli i innych związków chloroorganicznych. Zastosowanie tego dezynfektanta nie pogarsza walorów smakowych i zapachu wody. Dodatkowo, jego działanie jest prawie niezależne od wartości odczynu wody (pH od 4 do 10) oraz wykazuje mniejszą zależność od temperatury, związku z czym można go stosować w wodzie o temperaturze >30°C. Wykazuje wysoką skuteczność w niszczeniu biofilmu, co ma duże znaczenie w przypadku zwalczania bakterii z rodzaju *Legionella*. Zdolność ta jest wynikiem silnego działania utleniającego ClO<sub>2</sub> oraz dobrej penetracji w głębokie warstwy biofilmu. Proces dezintegracji i usuwania biofilmu zachodzi w sposób efektywny w pierwszym okresie po rozpoczęciu dawkowania dwutlenku chloru. Czas trwania oczyszczania powierzchni z biofilmu zależy od wielu czynników, między innymi od: grubości warstwy biofilmu, warunków eksploatacji oraz stężenia ClO<sub>2</sub>. Zazwyczaj w trakcie tego procesu następuje przejściowe pogorszenie jakości mikrobiologicznej wody, powodowane uwolnieniem mikroorganizmów z biofilmu do wody.

Stężenie wolnego chloru w wodzie basenowej powinno wynosić:

- 0,3 – 0,5 mg/dm<sup>3</sup> - basen kąpielowy
- 0,7 – 1,5 mg/dm<sup>3</sup> - brodzik do płukania stóp
- 0,7 – 1,0 mg/dm<sup>3</sup> - basen z hydromasażem/ wanna typu whirlpool

Na skuteczność dezynfekcji wody basenowej wpływa między innymi prawidłowa cyrkulacja i dystrybucja wody, w niecce basenowej, obciążenie (liczba osób kąpiących się) w trakcie użytkowania, jak również oporność mikroorganizmów, występujących w wodzie i wnoszonych przez użytkowników, na zastosowane związki dezynfekcyjne oraz czas ich kontaktu z czynnikiem biobójczym.

**Tabela 8** Inaktywacja mikroorganizmów występujących w chlorowanej wodzie (stężenie wolnego chloru 1mg/l, pH =7,5, temp.=25°C)

Mikroorganizm	Czas inaktywacji
<i>E. coli</i> 0157 H7	mniej niż 1 min
<i>Hepatitis A</i>	około 16 minut
<i>Giardia</i>	około 45 minut
<i>Cryptosporidium</i>	około 10 dni

Standard for water quality in public pool and spas (USA, ANSI/APSP-11 2009)

### Związki chloroizocyjanurowe

Do dezynfekcji wody w basenach mogą być stosowane również związki chloroizocyjanurowe (np. dichloroizocyjanuran sodu). Związki te dysocjują w wodzie z wytworzeniem wolnego chloru i kwasu cyjanurowego. Stężenie dichloroizocyjanuranu sodu nie powinno przekraczać 50 mg/l, a produktu jego rozkładu - kwasu cyjanurowego 40 mg/l. Substancje te nie powinny być stosowane w basenach z hydromasażem. Ich zaletą jest względnie wysoka stabilność przy działaniu światła słonecznego, dlatego związki izocyjanurowe są często stosowane do dezynfekcji wody w basenach odkrytych. Należy też podkreślić dużą skuteczność dichloroizocyjanuranu sodu w stosunku do gronkowców i glonów.

### Metoda elektrolityczna (jony $\text{Cu}^{2+}$ i $\text{Ag}^+$ )

Metoda elektrolityczna z udziałem jonów miedzi ( $\text{Cu}^{2+}$ ) i srebra ( $\text{Ag}^+$ ) - polegająca na synergistycznym biobójczym działaniu obu jonów metali na struktury zewnętrzne i wewnętrzne mikroorganizmów, co prowadzi do obumierania ich komórek. Jony miedzi i srebra wysycają również biofilm, inaktywując mikroorganizmy z nim związane. W stosunku do basenów wytyczne WHO (2006) dedykują tą metodę przede wszystkim niedużym obiektom basenowym w hotelach i basenom przydomowym. Przy stosowaniu tej metody wymagane jest monitorowanie stężeń jonów miedzi i srebra w wodzie basenowej, które zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi nie mogą przekroczyć wartości odpowiednio 0,01 mg/l w przypadku srebra, i 2,0 mg/l - miedzi. Wartość pH wody przy stosowaniu tej metody nie powinna być wyższa niż 8,0.

### Ozonowanie

Uzdatnianie wody basenowej i jej dezynfekcja oparta o związki chloru coraz częściej jest uzupełniana o proces ozonowania. Ozon jest bardzo silnym utleniaczem, ulegającym szybkiemu rozkładowi. Nie wpływa on na walory organoleptyczne wody (smak, zapach, barwa, przezroczystość). Ozon wykazuje znaczną skuteczność działania biobójczego wobec różnych mikroorganizmów np. bakterii - *E. coli* ginie do kilkuset razy szybciej niż w przypadku zastosowania związków chloru. W przypadku pierwotniaków pasożytniczych, takich jak *Cryptosporidium*, które są odporne na działanie wysokich dawek chloru, zastosowanie ozonu w dawce 3 mg/l pozwala na ich unieszkodliwienie w ciągu 1 minuty. Ponadto ozon redukuje zawartość trihalometanów w wodzie trihalometany, utlenia związki fenolowe, detergenty i pestycydy.

Ozonowanie stosowane jest tylko podczas uzdatniania wody, zazwyczaj po koagulacji i filtracji przez złożę piaskowe. Po filtrowaniu ozon wprowadza się do wody w ilości ok. 1g  $\text{O}_3/\text{m}^3$ . Po intensywnym mieszaniu zapewniającym minimalny czas kontaktu 2 minuty,



usuwane zostają produkty rozkładu ozonu poprzez zastosowanie filtra z węglem aktywnym, pozostałość ozonu nie powinna przekraczać wartości 0,05 mg O<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>.

Tabela 9 Zalecane dawki ozonu do dezynfekcji wody w basenie w zależności od temperatury wody wg DIN 19643 (2007)

Temperatura [°C]	Dawka ozonu [O <sub>3</sub> g/m <sup>3</sup> ]
≤ 28	0,8
>28 T ≤ 32	1,0
>32 T ≤ 35	1,2
>35	1,5

Woda wprowadzana do basenu po ozonowaniu, powinna być jednak dodatkowo chlorowana, ze względu na stałe wprowadzanie nowych zanieczyszczeń przez osoby wchodzące do basenu i konieczność utrzymania aktywnego środka dezynfekcyjnego w wodzie nieci basenowej. Dawki stosowanych związków chloru, w przypadku uprzedniego ozonowania wody mogą być znacznie niższe. Ponieważ ozon przenikający do powietrza może być wdychany przez użytkowników basenu i personel obsługujący, nadmiar ozonu powinien być usuwany z wody poprzez zastosowanie węgla aktywowanego. Stosowanie ozonu wymaga zachowania ostrożności oraz zapewnienia dobrej wentylacji pomieszczeń, ponieważ może działać drażniąco na błony śluzowe dróg oddechowych i spojówki. Bezpieczne stężenie ozonu w powietrzu dla użytkowników basenu i personelu, wynosi 0,12 mg/m<sup>3</sup> (WHO 2006). Ozonu nie powinno się stosować w przypadku niedużych basenów kąpielowych, basenów z hydromasażem oraz gdy nie ma możliwości monitorowania jego stężenia w powietrzu.

#### Dezynfekcja promieniami UV.

Do dezynfekcji wody basenowej może być stosowane również promieniowanie UV. Dezynfekcja promieniami UV podobnie jak ozonowanie pozwala na zmniejszenie dawki stosowanych związków chloru. Dezynfekcja wody promieniami UV nie wpływa na zmianę składu fizykochemicznego, smaku, zapachu, barwy ani wartości pH wody. Bakteriobójcze działanie wykazują promienie UV w zakresie UVC (200-280 nm). Działanie tej technologii polega na absorpcji promieni UV przez struktury genetyczne DNA mikroorganizmów (bakterii, grzybów, wirusów), co wpływa na ich uszkodzenie i zazwyczaj skutkuje śmiercią komórki. Metoda dezynfekcji wody przy pomocy promieniowania nadfioletowego jest skuteczna jedynie dla wody bezbarwnej i klarownej. Przed tego typu urządzeniem należy, zatem montować filtry zatrzymujące osad i żelazo. Dawka promieniowania UV [J/m<sup>2</sup> lub mJ/cm<sup>2</sup>] jest zależna od natężenia promieniowania i czasu ekspozycji.

Tabela 10 Wyniki badań inaktywacji różnych mikroorganizmów podczas oddziaływania UV

Mikroorganizm	Dawka UV [mJ/cm <sup>2</sup> ]	Redukcja [log]
<i>E.coli</i>	1-15	6
<i>E. coli O157</i>	1-7	5,5
<i>Streptococcus faecalis</i>	2,5-16	4,6
<i>Legionella pneumophila</i>	1-12	4,4
MS2-fagi	5-139	4,9
Hepatitis A	5-28	5,4
<i>Cryptosporidium sp.</i>	0,9-13,1	3
<i>Giardia lamblia</i>	0,05 – 1,5	2,5

Hijnen, W. A i wsp. Water Research, 2006 ,40,, 3-22

Proponowana minimalna dawka promieniowania UV dla wód basenowych wynosi 600 J/m<sup>2</sup> (60 mJ/cm<sup>2</sup>). Dla małych prywatnych basenów dawka ta może ulec zmniejszeniu, natomiast w przypadku basenów leczniczych czy wykorzystywanych do rehabilitacji powinna wynosić około 800 J/m<sup>2</sup> (80 mJ/cm<sup>2</sup>). Dawki te dotyczą basenów z całkowitym obiegiem wody następującym co 4-5 godzin. Jeżeli przewalowanie następuje częściej, dawki te można zmniejszyć.

Technologia UV, poza dezynfekcją, charakteryzuje się zdolnością do rozbijania i utleniania chloramin. Chloraminy nadają wodzie basenowej charakterystyczny nieprzyjemny zapach, ponadto wywierają działanie drażniące na błony śluzowe i według niektórych badaczy, mogą przyczyniać się do występowania lub do wzrostu częstości napadów astmy u dzieci korzystających z basenu kąpielowego. Zastosowanie promieniowania UV pozwala zredukować stężenie chloramin w wodzie basenowej z poziomu 1,00 ppm do wartości 0,2 ppm.

#### IV. Metody dezynfekcji stosowane w celu usuwania zanieczyszczeń mikrobiologicznych, w tym bakterii z rodzaju *Legionella* z instalacji wodociągowych

##### Metody chemiczne

Najczęściej w praktyce znajduje zastosowanie:

- **hyper-chlorowanie szokowe** - metoda polegająca na zastosowaniu związków chloru w takim stężeniu, aby osiągnąć stężenie wolnego chloru 10 mg/l (czas dezynfekcji 2 godziny), przy czym temperatura wody nie powinna przekraczać 30°C, a pH wody nie powinno być wyższe niż 7,6. Instalację wodną należy następnie przepłukać, aż do osiągnięcia poziomu wolnego chloru 0,1 - 0,3 mg/l.
- **dezynfekcja dwutlenkiem chloru** Dezynfekcję dwutlenkiem chloru można stosować również w przypadku instalacji wodociągowych jako dezynfekcję szokową, okresowo lub stale w celu zapobiegania procesom powstawania biofilmu na wewnętrznej powierzchni

instalacji. Charakteryzuje się on mniejszą korozyjnością niż wolny chlor dla instalacji wykonanych ze stali ocynkowanej. Dwutlenek chloru wytwarzany jest bezpośrednio w miejscu jego zastosowania (generator  $\text{ClO}_2$ ) i powstaje w wyniku reakcji chlorynu sodu z kwasem chlorowodorowym, ma postać roztworu o stężeniu od 0,2 do 2 % (2-20 g/l). W celu zniszczenia biofilmu (dezynfekcja szokowa) zazwyczaj stosuje się stężenie 1,5 mg  $\text{ClO}_2$ /l przy czasie kontaktu ok. 2 h w instalacjach wody zimnej i ciepłej i ok. 8 h w zbiornikach i podgrzewaczach. Zalecana dawka  $\text{ClO}_2$  zapewniająca utrzymanie stabilności biologicznej waha się od 0,1 - 0,2 mg/l do 0,5 mg/l efektywnego dwutlenku chloru, przy czym suma stężeń chloranów i chlorynów w dezynfekowanej wodzie zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, nie powinna być wyższa niż 0,7 mg/l (Dz. U.z 2007 r., Nr 61, poz. 417 z późn. zm.) Dezynfekcji przy pomocy dwutlenku chloru nie należy przeprowadzać w instalacjach i urządzeniach miedzianych.

## **Metody fizyczne**

### **Dezynfekcja promieniami UV**

Dezynfekcja promieniami UV może być również stosowana do wody wodociągowej w przypadku zasiedlenia instalacji przez bakterie z rodzaju *Legionella*. Dezynfekcja promieniami UV jest skuteczna wobec mikroorganizmów zawieszonych w wodzie, ale proces ten pozostaje bez wpływu na powstały uprzednio na wewnętrznej powierzchni instalacji biofilm. Lepsze efekty w przypadku ograniczenia narastania warstwy biofilmu daje zastosowanie tej metody w połączeniu z dezynfekcją chemiczną. Metoda dezynfekcji przy pomocy promieniowania nadfioletowego jest skuteczna wyłącznie dla wody bezbarwnej i klarownej. Przed tego typu urządzeniem należy zatem montować filtry zatrzymujące osad i żelazo. Najczęstsze zastosowanie mają tzw. przepływowe sterylizatory UV, które przeważnie są montowane bezpośrednio przed przysznicami. Minimalna dawka skuteczna dla dezynfekcji wody do picia wynosi  $400 \text{ J/m}^2$  ( $40 \text{ mJ/cm}^2$ ).

### **Dezynfekcja termiczna**

Metoda polegająca na podniesieniu temperatury wody powyżej  $70^\circ\text{C}$ . W fazie początkowej prowadzenia dezynfekcji termicznej wszystkie punkty czerpalne powinny być zamknięte, a pompa cyrkulacyjna powinna być cały czas włączona. Ten stan pracy instalacji powinien być utrzymywany, aż do uzyskania odpowiedniej temperatury w obiegu cyrkulacyjnym w punkcie powrotu wody do podgrzewacza. Następnie należy przeprowadzić dezynfekcję termiczną punktów czerpalnych poprzez kolejne otwarcie i przepłukanie (przynajmniej przez 5 minut) każdego kranu lub natrysku. W każdym punkcie wypływu wody należy sprawdzić jej temperaturę, powinna ona wynosić, co najmniej  $65^\circ\text{C}$ . Czas cyrkulacji wody w instalacji

powinien być skorelowany ze stanem technicznym instalacji, temperaturą wody i grubością biofilmu. Podobnie jak w przypadku innych metod dezynfekcji proces ten należy okresowo powtarzać, aby zminimalizować rekolonizację sieci przez bakterie z rodzaju *Legionella*. Należy również pamiętać o zapewnieniu bezpieczeństwa osób korzystających z wody, aby nie doszło w tym czasie do poparzeń. Zabiegi dezynfekcji termicznej zazwyczaj prowadzone są w porze nocnej lub w dni, w których obiekt jest wyłączony z użytkowania.

#### **Dezynfekcja z zastosowaniem filtrów (nanofiltracja, ultrafiltracja)**

Filtrowanie wody przez filtry (membrany) o porach mniejszych niż 1 µm, jest jednym z procesów pozwalających na usunięcie z niej niepożądanych mikroorganizmów. Filtry mogą być wykonane z różnych materiałów, co ma wpływ na ich trwałość i tym samym czas zastosowania. Na obniżenie wydajności filtrów wpływa wiele czynników w tym: środki utleniające (np. wolny chlor, ozon), niska lub wysoka wartość pH wody, obecność osadów, kamienia itp. Ten sposób dezynfekcji ma zastosowanie w przypadku wód klarownych, bez zawiesin, które mogą zatykać pory membran filtracyjnych i uniemożliwiać filtrowanie. Jednym z przykładów zastosowań tej metody są filtry montowane punktowo na instalacji wodnej w obszarach stosowania wody ultra czystej, przy czym ich skuteczność ma ograniczony czas, określony przez producenta.

### **V. Działania zapobiegające namnażaniu się mikroorganizmów, w tym bakterii z rodzaju *Legionella***

Obiekty, w których znajdują się baseny kąpielowe/urządzenia wodne, mogące być rezerwuarem różnych mikroorganizmów, w tym bakterii z rodzaju *Legionella*, powinny być zarządzane w kompetentny i świadomy sposób. Osoby zarządzające oraz personel techniczny powinny mieć świadomość, że na prawidłowo zarządzanym i utrzymywanym w czystości obiekcie istnieje mniejsze ryzyko narażenia na czynniki zakaźne.

#### **Baseny z hydromasażem, wanny typu whirlpool**

Większość basenów kąpielowych, basenów z hydromasażem itp. jest eksploatowanych w zakresie temperatur wody korzystnych dla namnażania się różnych drobnoustrojów.

Podstawą działania zapobiegającego występowaniu zanieczyszczeń mikrobiologicznych w wodzie w obiektach i urządzeniach basenowych oraz do rekreacji wodnej jest zapewnienie:

- odpowiednich procedur działania,
- systematycznych zabiegów czyszczenia i dezynfekcji,
- aby woda używana do napełniania i uzupełniania była dobrej jakości mikrobiologicznej i wolna m.in. od składników odżywczych, sprzyjających wzrostowi mikroorganizmów.

W celu ograniczenia ilości zawieszin pochodzenia organicznego i nieorganicznego w wodzie należy między innymi zwrócić uwagę aby:

- użytkownicy basenów przestrzegali odpowiednich praktyk higienicznych, w tym powinni mieć obowiązek korzystania z prysznica i środków myjących przed wejściem na basen,
- stosować się do limitów określających dozwoloną liczbę osób jednocześnie korzystających z kąpielni w basenie w danym czasie,
- ograniczyć czas spędzony w basenie przez kąpiących się.

W niektórych basenach z hydromasażem następuje automatycznie wyłączenie urządzenia (po 15-20 minutach), co skłania użytkowników do opuszczenia basenu/wanny i pozwala na wyrównanie poziomu środka dezynfekującego. Na basenach typu spa powinny być dostępne informacje dotyczące przeciwwskazań medycznych, informujące, w jakich przypadkach kąpiel nie jest wskazana. Ponadto istotne jest zapewnienie odpowiedniej częstotliwości przewalowania wody w zależności od liczby użytkowników basenu.

Mikrobiologiczna i chemiczna jakość wody używanej do napełniania basenów i wanien z hydromasażem wpływa na skuteczność dezynfekcji wody. W wodzie powinien być stale obecny wolny środek dezynfekcyjny, aby zapobiec kolonizacji urządzeń i związanych z nimi elementów przez mikroorganizmów żyjące w biofilmie.

Środki dezynfekcyjne stosowane do basenów kąpielowych/ basenów z hydromasażem to najczęściej związki utleniające na bazie chloru. Ich zalety to przede wszystkim:

- aktywność wobec wielu mikroorganizmów,
- łatwa kontrola dozowania (określenia stężenia w miejscu zastosowania)
- są stosunkowo tanie,
- są proste w użyciu.

Czasami środki te stosowane są w połączeniu z innymi czynnikami jak ozon lub promieniowanie UV. Alternatywnie mogą być stosowane inne czynniki dezynfekcyjne, takie jak jony miedzi i srebra.

W przypadku basenów z hydromasażem, warunki takie jak podwyższona temperatura wody, duża turbulencja, obciążenie znacznym ładunkiem zanieczyszczeń organicznych, wpływają na wybór środka dezynfekującego. Według danych WHO stężenie wolnego chloru dla wody w basenie z hydromasażem powinno wynosić co najmniej 1 mg/l (WHO, 2006); w Wielkiej Brytanii może ono wynosić 3-5 mg/l (HPA, 2006), a w USA dopuszczane jest 2-5 mg/l (CDC, 2005). Dodatkowe urządzenia i wyposażenie, takie jak natryski wodne w obiektach basenowych, powinny być okresowo czyszczone i płukane, a stężenie dezynfektanta powinno być na tyle wysokie, aby eliminować bakterie, w tym pałeczki *Legionella* (np. co

najmniej 5 mg/l wolnego chloru - WHO 2006). Dopuszczalne stężenie wolnego chloru w wodzie basenu kąpielowego w większości krajów europejskich, w tym w Polsce wynosi od 0,3 mg/l do 0,5 mg/l, a w przypadku basenu z hydromasażem NIZP-PZH zaleca utrzymywanie stężenia wolnego chloru od 0,7 mg/l do 1,0 mg/l. Zmniejszenie stężenia dozowanego do wody chloru jest możliwe w przypadku stosowania dodatkowo innych metod dezynfekcji np. dezynfekcji promieniami UV.

W basenach z hydromasażem w obiektach komercyjnych, dozowanie środka dezynfekcyjnego powinno być sterowane automatycznie. Utrzymywanie pH w zakresie 7,2-7,8 dla związków chloru i pH w zakresie 7.2-8.0 dla innych niż chlor dezynfektantów gwarantuje bezpieczeństwo użytkowników, optymalne warunki dla procesów uzdatniania i dezynfekcji wody.

W przypadku basenów zasilanych wodami naturalnymi (baseny lecznicze) zastosowanie chemicznych środków dezynfekcyjnych może być ograniczone. W takich przypadkach często stosuje się podgrzewanie wody, w połączeniu z płukaniem przez 5-10 minut lub promieniowanie UV, które nie wpływa na zmianę składu chemicznego wody. Obiekty tej grupy są z reguły niewielkie, w związku z czym do utrzymania należytej jakości mikrobiologicznej wody może przyczyniać się także krótszy czas całkowitej wymiany/obiegu wody.

Do budowy basenów, basenów z hydromasażem, basenów typu spa i ich instalacji powinny być stosowane tylko materiały dopuszczone do kontaktu z wodą przeznaczoną do spożycia przez ludzi po sprawdzeniu, że nie wpływają one negatywnie na jej jakość i bezpieczeństwo dla zdrowia ludzi. Materiały te powinny być odporne na rozwój drobnoustrojów, zarówno w przypadku materiałów na powierzchni basenu, jak i użytych do wykonania instalacji wodnej i uszczelnień. Przewody instalacyjne w basenach z hydromasażem powinny mieć gładką powierzchnię, która nie powinna sprzyjać powstawaniu biofilmu. Należy unikać elastycznych karbowanych przewodów, w których powierzchnia jest większa i w których mogą tworzyć się zagięcia, zwiększające ryzyko kolonizacji mikrobiologicznej. Przewody instalacyjne powinny być demontowalne, tak by mogły być opróżniane i czyszczone, gdyż nawet niewielkie ilości wody ulegającej stagnacji mogą inicjować powstawanie biofilmu. Dotyczy to również innych części basenu/urządzenia, w tym zbiornika wyrównawczego i powiązanej instalacji wodnej, w tym instalacji doprowadzającej powietrze i strumienie wody, która powinna być demontowana do czyszczenia i dezynfekcji fizycznej.

Systematyczne czyszczenie jest bardzo ważne, ponieważ nagromadzenie materii organicznej lub biofilmu w takich obszarach, jak zbiornik wyrównawczy, sita, filtry i przewody w znacznym stopniu ogranicza efektywność procesu dezynfekcji wody.

Zachorowania wywoływane przez pałeczki *Legionella* związane z korzystaniem z pływalni są odnotowywane sporadycznie. Znacznie istotniejszym rezerwuarem występowania tych bakterii, są baseny termalne czy też baseny z hydromasażem. W środowisku tym kluczową rolę odgrywa temperatura wody, która powinna wynosić:

- Baseny termalne 32-40 °C
- Baseny spa 35-39°C
- Baseny z hydromasażem, wanny typu whirlpool 28-38°C

Temperatura w zakresie 25-45°C sprzyja występowaniu i namnażaniu się tych bakterii. Tworzenie się tuż nad powierzchnią wody aerozolu wodnego zwiększa prawdopodobieństwo zakażenia inhalacyjnego osób korzystających z masażu wodnego, jak też personelu obsługującego.

Bakterie te były wykrywane również w próbkach wody po procesie filtracji, co jest związane z powstawaniem biofilmu na złożach filtracyjnych.

Aby zapobiegać występowaniu i namnażaniu się zanieczyszczeń mikrobiologicznych, w tym bakterii z rodzaju *Legionella* w basenach z hydromasażem, powinien być prowadzony właściwy i systematyczny nadzór. W ramach działań zapobiegawczych należy:

- zapewnić stałą cyrkulację wody,
- systematycznie kontrolować procesy uzdatniania wody,
- systematycznie kontrolować i czyścić filtry basenowe,
- zapewnić wymianę przynajmniej ½ wody w ciągu dnia opróżniać i oczyszczać kanały powietrzne (dysze) - min. 1 raz w tygodniu

Urządzenia te powinny być opróżniane, myte i dezynfekowane. Cały system, w tym zbiornik wyrównawczy, należy czyścić co najmniej raz w tygodniu. Wskazane jest również, aby baseny z hydromasażem/wanny typu whirlpool posiadały niezależną instalację uzdatniania wody wyposażoną w filtry (np. piaskowe). Filtry powinny być raz dziennie płukane oraz regularnie czyszczone i wymieniane.

### **Instalacje wodociągowe**

Zanieczyszczeniom mikrobiologicznym, w tym bakteriami z rodzaju *Legionella*, instalacji wodnej sieci wodociągowej sprzyja między innymi: powstawanie zastoin wody, narastanie biofilmu na wewnętrznej powierzchni rur, obecność osadów, korozja i zbyt niska temperatura wody (wody ciepłej). Z tego względu niezmiernie ważne jest okresowe czyszczenie zbiorników na wodę obejmujące mechaniczne usuwanie kamienia, osadów i rdzy oraz

dezynfekcję. Konstrukcja podgrzewaczy i zbiorników powinna umożliwiać łatwy do nich dostęp (odpowiednio duże otwory rewizyjne).

W przypadku istniejących, eksploatowanych instalacji wodociągowych środki techniczne umożliwiające zabezpieczenie ich przed ryzykiem skażenia mikrobiologicznego, w tym bakteriami *Legionella* obejmują takie obszary działań jak:

- utrzymanie temperatury:
  - w instalacjach wody zimnej poniżej 20°C,
  - w instalacjach wody ciepłej powyżej 55°C
  - wody wypływającej z podgrzewacza nie niższej niż 60°C,
- zapewnienie właściwych temperatur w instalacji wody zimnej i gorącej poprzez odpowiednią izolację,
- nie dopuszczanie do powstawania zastoin wody,
- likwidowanie tzw. ślepych odcinków instalacji,
- zapobieganie procesom korozji i tworzenia złożeń,
- właściwa konserwacja i utrzymywanie w należytej czystości systemu wodnego, między innymi poprzez usuwanie produktów korozji i osadów,
- dążenie do stosowania samoopróżniających się przewodów prysznicowych
- prowadzenie okresowego monitoringu jakości mikrobiologicznej wody ciepłej w kierunku bakterii z rodzaju *Legionella*

Instalacja wodociągowa powinna być zaprojektowana i wykonana zgodnie z wymaganiami obowiązującego prawa i norm. W Polsce obowiązują w tym przypadku jest rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75 poz. 690 z 2002 r., z późn. zm.). Należy też również wziąć pod uwagę normę PN-92/B-01706/Az1:1999 Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu oraz wytyczne „Wymagania techniczne COBRTI Instal (ITB) - Zabezpieczenie wody przed wtórnym zanieczyszczeniem”. Dla nowo projektowanych instalacji wodociągowych szczegółowe wymagania dotyczą głównie: podgrzewaczy wody ciepłej, zasobników c.w.u., materiałów instalacyjnych, instalacji, armatury. W opracowaniu COBRTI Instal pt „Zalecenia do projektowania instalacji ciepłej wody, wentylacji i klimatyzacji minimalizujące namnażanie się bakterii *Legionella*” zostały przedstawione rozwiązania projektowe i działania techniczne, wpływające na ograniczenie występowania zanieczyszczenia mikrobiologicznego wody, którego przyczyną są powyższe bakterie.

## VI. Zasady monitoringu wody w kierunku pałeczek *Legionella*

Wobec istniejących zagrożeń zdrowotnych powodowanych zasiedlaniem instalacji i urządzeń wodnych bakteriami z rodzaju *Legionella*, należy okresowo kontrolować wodę i instalacje wodne w kierunku obecności tych bakterii. Działania te powinny być udokumentowane. Prowadzenie okresowego monitoringu wody, przy równoczesnym zachowaniu reżimu



sanitarnego oraz systematycznym przeglądzie urządzeń i konserwacji instalacji powinno doprowadzić do znacznego zredukowania niebezpieczeństwa namnażania się pałeczek *Legionella* i ryzyka wystąpienia zakażeń inhalacyjnych.

Miejsca pobierania próbek wody z basenów kąpielowych, basenów z hydromasażem, basenów typu whirlpool i częstotliwość badań podano w części II opracowania „Przegląd wymagań dotyczących warunków sanitarno- higienicznych i jakości mikrobiologicznej wody na pływalniach i w urządzeniach przeznaczonych do rekreacji wodnej, w państwach członkowskich UE (zestawienie tabelaryczne). Propozycje wymagań krajowych.”

#### Instalacje wodociągowe (wody ciepłej)

Systemy dystrybucji wody wodociągowej, przede wszystkim wody ciepłej, są rezerwuarem, który może być zasiedlany przez różne mikroorganizmy, w tym bakterie z rodzaju *Legionella*. Na szczególną uwagę zasługują prysznice, które są źródłem aerozolu wodnego, mogącego w przypadku mikrobiologicznego skażenia wody przyczynić się do szerzenia zakażeń drogą inhalacyjną.

Zasady kontroli i monitoringu jakości mikrobiologicznej wody ciepłej reguluje rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. 2007, Nr 61, poz. 417 z późn. zm.). Przepis ten, ze względu na szczególnie duże ryzyko wystąpienia zakażeń bakteriami z rodzaju *Legionella*, dedykowany jest obiektom służby zdrowia i budynkom zamieszkania zbiorowego. Jednak również w innych obiektach, w tym sportowo rekreacyjnych, rezerwuary występowania i namnażania się bakterii z rodzaju *Legionella* powinny podlegać kontroli. Stąd też w obiektach tych należy prowadzić monitoring wody ciepłej zgodnie z zasadami zawartymi w powyższym rozporządzeniu.

Do badań monitoringowych lub w przypadku podejrzenia o skażenie instalacji wodociągowych pałeczkami *Legionella*, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, należy pobrać próbki wody z następujących punktów instalacji:

- wpływ ze zbiornika wody ciepłej lub najbliższy punkt czerpalny
- punkt czerpalny najdalej położony od zbiornika wody ciepłej
- woda powracająca do podgrzewacza (cyrkulacyjna)
- wybrane punkty pośrednie, ich liczba zależy od wielkości systemu.

Gdy w obiekcie jest więcej niż jeden obieg wody, próbki należy pobierać z każdego obiegu zgodnie z zaleceniami podanymi powyżej.

Rozporządzenie to, uwzględnia również częstotliwość monitorowania i procedury postępowania przy stwierdzeniu określonego poziomu skażenia (załącznik nr 7 do rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r.).

Tabela 12. Minimalna częstotliwość pobierania próbek ciepłej wody oraz procedury postępowania w zależności od wyników badania bakteriologicznego <sup>1)</sup>

Liczba <i>Legionella sp.</i> w 100 ml	Ocena skażenia	Postępowanie	Badanie
< 100 <10 <sup>2</sup>	brak /znikome	System pod kontrolą – nie wymaga podjęcia specjalnych działań.	Po 1 roku lub po 3 latach <sup>2)</sup>
>100 10 <sup>2</sup> – 10 <sup>3</sup>	średnie	Jeżeli większość próbek jest pozytywna należy sieć wodną uznać za skolonizowaną przez pałeczki <i>Legionella</i> , znaleźć przyczynę (dokonać przeglądu technicznego sieci, sprawdzić temperaturę wody) i podjąć działania zmierzające do redukcji liczby bakterii. Dalsze działania (czyszczenie i dezynfekcja) zależne od wyniku następnego badania.	Po 4 tygodniach, jeżeli wynik badania nie ulegnie zmianie, należy przeprowadzić czyszczenie i dezynfekcję, powtórzyć badanie po 1 tygodniu, następnie po 1 roku
>1000 10 <sup>3</sup> – 10 <sup>4</sup>	wysokie	Przystąpić do działań interwencyjnych j.w., włącznie z czyszczeniem i dezynfekcją systemu. - woda nie nadaje się do pryszniców	Po 1 tygodniu od czyszczenia i dezynfekcji, następnie co 3 miesiące <sup>3)</sup>
>10000 >10 <sup>4</sup>	bardzo wysokie	Natychmiast wyłączyć z eksploatacji urządzenia i instalacje wody ciepłej oraz przeprowadzić zabiegi ich czyszczenia i dezynfekcji.	Po tygodniu od czyszczenia i dezynfekcji, następnie co 3 miesiące <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> jeżeli jest to wynik badania 1-2 próbek, w celu wykluczenia skażenia punktowego, powinno być pobranych i zbadanych więcej próbek.

<sup>2)</sup> jeżeli w kolejnych badaniach w odstępach rocznych stwierdzono < 100 jtk/100 ml

<sup>3)</sup> jeżeli w kolejnych dwóch badaniach wykonanych w odstępach 3 miesięcznych stwierdzono < 100 jtk/100 ml następne badanie można wykonać za rok

**Uwaga:**

Postępowanie dezynfekcyjne (dezynfekcja termiczna lub chemiczna) powinno zostać ponadto podjęte zawsze:

1) w przypadku wyłączenia instalacji wodociągowej na dłużej niż 1 miesiąc;

2) jeśli instalacja lub jej część została wymieniona lub zabiegi konserwacyjne mogły prowadzić do jej zanieczyszczenia;

Zatem zależnie od stopnia skażenia, monitorowanie wody ciepłej w instalacjach wodociągowych w kierunku obecności pałeczek *Legionella* powinno być prowadzone od 1 do 4 x do roku lub jeżeli w kolejnych badaniach w odstępach rocznych stwierdzono poniżej 100 jtk w 100ml to badanie takie można wykonywać co 3 lata. .

W obiektach, w których woda w sieci nie osiąga zalecanych parametrów (zimna poniżej 20°C, ciepła powyżej 50°C), badania powinny być wykonywane 1 raz w miesiącu, dopóki nie zostaną osiągnięte zalecane parametry.

## VII. Pobieranie próbek wody do badań mikrobiologicznych

Sposób pobrania próbek wody do badań mikrobiologicznych ma istotne znaczenie dla uzyskania wiarygodnego wyniku. Próbki powinny być pobierane przez przeszkolony personel, z zastosowaniem, o ile jest to konieczne właściwych środków ochrony osobistej i sprzętu pomocniczego do pobierania próbek. Zasady i techniki pobierania próbek wody z niecki basenów kąpielowych, basenów z hydromasażem przedstawiono w części II opracowania.

### Pobieranie próbek z sieci wodociągowej (prysznic) do rutynowych badań w kierunku wykrywania bakterii *Legionella*

W przypadku badań wody w kierunku bakterii z rodzaju *Legionella*, próbki zazwyczaj pobierane są z kurka wody ciepłej, przy czym podczas pobierania wskazane jest wykonanie pomiaru temperatury wody, najlepiej bezpośrednio w strumieniu wody (po jej ustabilizowaniu się) z punktu pobrania.

W przypadku **oceny jakości wody w kurku czerpalnym, oceny stanu armatury** (stwierdzenie ewentualnego zanieczyszczenia w punkcie pobrania) – próbka wody powinna być pobrana po odkręceniu kurka z kurka czerpalnego **bez dezynfekcji i płukania** (nie usuwa się dodatkowych akcesoriów i urządzeń).

W przypadku **oceny jakości wody dostarczanej do kurka czerpalnego** (ocena stanu instalacji) przed rozpoczęciem pobierania próbek należy usunąć wszystkie dodatkowe urządzenia np.: główkę prysznic, węże, perlatory, filtry, wkładki przeciwrozpryskowe, rurki przedłużające itp. Kurki czerpalne i końcówki przewodów, z których będą pobierane próbki należy umyć mydłem i wodą, osuszyć czystą ściereczką i zdezynfekować, najlepiej przez opalenie. Jeżeli jest to niemożliwe, np. w przypadku pobierania próbek wody z przewodów wykonanych z materiałów syntetycznych, końcówkę przewodu należy zanurzyć na 2-3 minuty w: roztworze chloru czynnego (5% - 10%), alkoholu (70%) lub w innym środku dezynfekcyjnym.

Kurki do pobierania próbek powinny być utrzymywane w dobrym stanie technicznym, nie przepuszczające wody przy dławiku, co mogłoby spowodować dostanie się do pojemnika wody ciekącej po zewnętrznej powierzchni kranu. Czas spuszczenia wody przed pobraniem próbki zależy od miejsca i celu pobierania próbki wody. Najczęściej stabilizację warunków uzyskuje się po 2-3 minutach spuszczenia wody.

Próbki wody podczas transportu powinny być schłodzone. Powinny być one także chronione przed światłem słonecznym oraz transportowane i przechowywane w temperaturze  $(5\pm 3)$  °C. Zaleca się, aby okres między pobraniem próbki a rozpoczęciem badania był możliwie jak najkrótszy, przy czym nie powinien on przekraczać 24 h.