

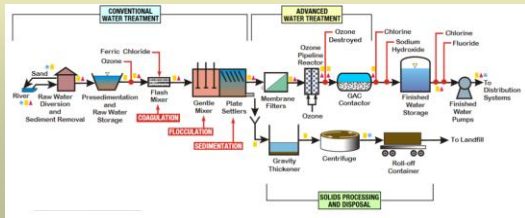
Zaawansowane metody uzdatniania wody i oczyszczania ścieków

12 XII

17XII g. 8.30
18XII g. 14.00WBIA, sala 354, g. 8.30 – 10.00 **19 XII ?** → **8 I g. 12.15**

9 I 0/30 CDBN

0/30 CDBN



Odrobina historii

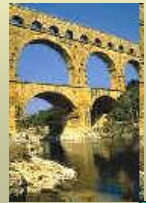
Pierwsze doniesienia o uzdatnianiu wody do picia pochodzą z roku 2000 p.n.e. W starożytnej Grecji i Indiach stosowano gotowanie, filtrację na złożach piaskowych i żwirowych. Nie było metod pozwalających określić jakość wody – parametrem był smak i mętność wody.

W okolicy roku 1500 p.n.e Egipcjanie odkryli koagulację wody. Stosowano siarczan glinu do osadzania zawieszin wody.

Po roku 500 p.n.e stosowano „filtry workowe”. Celem było oddzielenie zawieszin powodujących zły smak i zapach wody.

W latach 300-200 p.n.e Rzymianie budowali akwedukty. Archimedes wprowadził „pompę śrubową”.

W średniowieczu (lata 500 – 1 500) ujmowanie wody podupadło. W latach tych zwanych „ciemną epoką” brakowało badaczy i eksperymentatorów. Po upadku Cesarstwa Rzymskiego zniszczono wiele akweduktów.



W roku 1627 rozpoczęła się kontynuacja historii uzdatniania wody. Francis Bacon rozpoczął eksperymenty z odsalaniem wody morskiej. Próbował on zastosować filtrację na złożach piaskowych – metoda nie dawała rezultatów, ale rozpoczęła nową drogę.

W roku 1670 skonstruowano mikroskop. W roku 1676 zauważono po raz pierwszy wodne mikroorganizmy.

W XVIII wieku zastosowano pierwsze „domowe” filtry do uzdatniania wody. Były wykonywane z wełny, gąbki i węgla drzewnego.

W roku 1804 pierwsza komunalna stacja uzdatniania wody została zaprojektowana przez Roberta Thom'a w Szkocji. Uzdatnianie wody opierało się na powolnej filtracji na złożu piaskowym. Około trzech lat później ułożono pierwsze rury wodociągowe. Powstała idea zapewnienia każdemu dostępu do bezpiecznej wody pitnej, ale wprowadzenie tego w życie zajęło, w większości krajów, dużo czasu.

W roku 1854 odkryto, że epidemia cholery rozprzestrzeniła się przez wodę. Brytyjski naukowiec John Snow odkrył, że przyczyną jest zainfekowanie ściekami pomp wodnych. Ponieważ woda pachniała i smakowała normalnie wnioskowano, że dobry smak i zapach nie gwarantują bezpieczeństwa. Zastosowano chlor co zapoczątkowało dezynfekcję wody. Zainspirowało to rządy do stosowania filtrów piaskowych i prowadzenia dezynfekcji, a jednocześnie zapoczątkowało regulacje prawne dotyczące wody pitnej.

W roku 1890 rozpoczęto w USA budowę dużych filtrów piaskowych w celu ochrony zdrowia publicznego. W miejsce filtracji powolnej zastosowano filtrację pospieszną, jednocześnie stwierdzono, że efekty są znacznie lepsze jeżeli filtracja poprzedzana jest koagulacją i sedimentacją.

Zwycięstwo nad epidemiami wynikające z zastosowania chloru nie trwało długo. Po pewnym czasie zaczęto obserwować ujemne skutki jego stosowania. Uwalniany z wody chlor powodował choroby układu oddechowego. Zaczęły się poszukiwania nowego środka dezynfekcyjnego.

W roku 1902 zastosowano mieszanie podchlorynu sodu i chlorku żelaza na stacji uzdatniania wody w Belgii prowadząc w ten sposób zarówno koagulację jak i dezynfekcję wody.

W roku 1906 po raz pierwszy zastosowano we Francji ozon jako środek dezynfekcyjny. Dodatkowo mieszkańcy instalowali filtry domowe w celu ochrony przed ujemnymi efektami działania chloru w wodzie.

W roku 1903 wprowadzono zmiękczenie wody. Kationy usuwane były z wody przez ich wymianę na kationy sodu lub inne w wymiennicach jonowych.

Ostatecznie w roku 1914 wprowadzono standardy jakościowe dla wody pitnej. W roku 1940 standardy te stosowano do komunalnych wód pitnych.

Ogólna zasada jest obecnie, że każda osoba ma prawo do bezpiecznej wody pitnej.

Począwszy od roku 1970 następuje przesunięcie uwagi z zagadnień dotyczących chorób powodowanych mikroorganizmami wodnymi na antropogeniczne zanieczyszczenia wody. Nowe regulacje skupiają się na zanieczyszczeniach przemysłowych i wprowadzane są nowe techniki uzdatniania wód. Stosuje się napowietrzanie, flokulację i adsorpcję na węglu aktywnym. W latach 1980 rozpoczyna się praktyczne stosowanie odwróconej osmozy.

W chwili obecnej w systemach uzdatniania wody zwraca się głównie uwagę na uboczne produkty dezynfekcji. Przykładem jest tworzenie się THM podczas dezynfekcji chlorem.

Wg: *History of water treatment. Created by S.M. Enzler MSc.*
History of drinking water treatment. Lemtech BV-Water treatment solutions.

Zadania własne gminy obejmują

- 1) ład przestrzelny, gospodarkę terenową i ochronę środowiska.
- 2) drogi gminne, ulice, mosty, place oraz organizację ruchu drogowego,
- 3) **wodociągi oraz zaopatrzenie w wodę**, kanalizację, usuwanie śmieci komunalnych, utrzymywanie czystości oraz urządzeń sanitarnych i wysypisk, utylizację odpadów komunalnych, zaopatrzenie w energię elektryczną i ciepłą,
- 4) lokalny transport zbiorowy,
- 5) ochronę zdrowia,
- 6) pomoc społeczną, w tym ośrodki i zakłady opiekuńcze,
- 7) komunalne; budownictwo mieszkaniowe,
- 8) oświatę, w tym szkoły podstawowe, przedszkola i inne placówki oświatowo-wychowawcze,
- 9) kulturę, w tym biblioteki komunalne i inne placówki upowszechniania kultury,
- 10) kulturę fizyczną, w tym tereny rekreacyjne i urządzenia sportowe,
- 11) targowiska i hale targowe,
- 12) zielen komunalną i zadrzewienie,
- 13) cmentarze komunalne,
- 14) porządek publiczny i ochronę przeciwpożarową
- 15) utrzymanie gminnych obiektów i urządzeń użyteczności publicznej oraz obiektów administracyjnych.

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA

z dnia 27 listopada 2002 r.

w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia.

Dz.U. 2002 nr 204 poz. 1728 – status na XII 2018 – obowiązujące (wg isap.sejm.gov.pl/)

Ustala się trzy kategorie jakości wody, w zależności od wartości granicznych wskaźników jakości wody, które z uwagi na ich zanieczyszczenie muszą być poddane standardowym procesom uzdatniania, w celu uzyskania wody przeznaczonej do spożycia:

- 1) **kategoria A1** — woda wymagająca prostego uzdatniania fizycznego, w szczególności filtracji oraz dezynfekcji;
- 2) **kategoria A2** — woda wymagająca typowego uzdatniania fizycznego i chemicznego, w szczególności utleniania wstępnego, koagulacji, flokulacji, dekantacji, filtracji, dezynfekcji (chlorowania końcowego);
- 3) **kategoria A3** — woda wymagająca wysokosprawnego uzdatniania fizycznego i chemicznego, w szczególności utleniania, koagulacji, flokulacji, dekantacji, filtracji, adsorpcji na węglu aktywnym, dezynfekcji (ozonowania, chlorowania końcowego).

Lp.	Wskaźniki jakości wody	Jednostki miary	Wartości graniczne wskaźników jakości wody ¹⁾					
			A1		A2		A3	
			zalecane	doopuszczalne	zalecane	doopuszczalne	zalecane	doopuszczalne
1	pH		6,5–8,5	6,5–8,5	5,5–9	5,5–9,0	5,5–9	5,5–9,0
2	Barwa	mg/l	10	20 ²⁾	50	100 ²⁾	200 ²⁾	200 ²⁾
3	Zawiesiny ogólne	mg/l	25	25	30	30	35	35
4	Temperatura	°C	22	25 ³⁾	22	25 ³⁾	22	25 ³⁾
5	Przewodność	µS/cm przy 20°C	1000	1000	1000	1000	1000	1000
6	Zapach	stopień rozcieńczenia przy 25°C	3	3	10	10	20	20
7	Azotany	mg/l	25	50 ²⁾	50	50 ²⁾	50 ²⁾	50 ²⁾
8	Fluorki	mg/l	0,7–1	1,5*	0,7–1,7	1,5	0,7–1,7	1,5
9	Żelazo	mg/l	0,1	0,3*	1	2*	1	2
10	Mangan	mg/l	0,05	0,05	0,1	0,1	1	1
11	Miedź	mg/l	0,02	0,05 ²⁾	0,05	0,05	1	0,5
12	Cynk	mg/l	0,5	3*	1	5*	1	5*
13	Bor	mg/l	1	1	1	1	1	1
14	Nikiel	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2	0,2
15	Wanad	mg/l	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
16	Arsen	mg/l	0,01	0,05*	0,05*	0,05	0,05*	0,05*
17	Kadm	mg/l	0,001	0,005*	0,001	0,005*	0,001	0,005*
18	Chrom ogólny	mg/l	0,05*	0,05*	0,05*	0,05*	0,05*	0,05*
19	Chrom ⁶⁺	mg/l	0,02*	0,02*	0,02*	0,02*	0,02*	0,02*
20	Ołów	mg/l	0,05*	0,05*	0,05*	0,05*	0,05*	0,05*
21	Selen	mg/l	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*
22	Rtęć	mg/l	0,0005	0,001*	0,0005	0,001*	0,0005	0,001*
23	Bar	mg/l	0,1*	0,1*	1*	1*	1*	1*

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	Cyjanki	mg/l	0,05*	0,05*	0,05*	0,05*	0,05*	0,05*
25	Nitraty	mg/l	150	250*	150	250*	150	250*
26	Chlorki	mg/l	200	250	200	250	200	250
27	Substancje powierzchniowo czynne anionowe	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5
28	Substancje powierzchniowo czynne niejonowe	mg/l	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1
29	Fenole (indeks fenolowy)	mg/l	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7
30	Fenole (indeks fenolowy)	mg/l	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*	0,01*	0,01*
31	Rozpuszczone lub zemułowane węglowodory	mg/l	0,05*	0,05*	0,2*	0,2*	0,5	0,5
32	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	mg/l	0,0002*	0,0002*	0,0002*	0,0002*	0,001*	0,001*
33	Pestycydy ogólnie	mg/l	0,001*	0,001*	0,0025*	0,0025*	0,005*	0,005*
34	Chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT)	mg/l	25	25	30	30	30	30
35	Tlen rozpuszczony	% nasytienia tlenem	>70	>70	>50	>50	>30	>30
36	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT ₅)	mg/l	<3	<3	<5	<5	<7	<7
37	Amiak Kjeldahla	mg/l	1	1	2	2	3	3
38	Amoniak	mg/l	0,05	0,5	1,5	1,5*	2	2*
39	Substancje ekstrahowane chloroformem	mg/l	0,1	0,1	0,2	0,5	0,5	0,5
40	Ogólny węgiel organiczny	mg/l	5	5	10	10	15	15
41	Liczba bakterii grupy coli	w 100 ml wody	50	50	5000	5000	50000	50000
42	Liczba bakterii grupy coli typu kałowego (termotolerancyjne)	w 100 ml wody	20	20	2000	20000	20000	20000
43	Liczba paciorkowców kałowych (enterokoki)	w 100 ml wody	20	20	1000	10000	10000	10000
44	Bakterie z rodzaju Salmonella	w 5000 ml wody dla A1 w 1000 ml wody dla A2	niedobne w 5000 ml	niedobne w 5000 ml	niedobne w 1000 ml	niedobne w 1000 ml	niedobne w 1000 ml	niedobne w 1000 ml

USTAWA z dnia 20 lipca 2017 r.

Dz.U. 2017 poz. 1566

Prawo wodne

Korzystanie z wód i usługi wodne

Art. 29. Korzystanie z wód nie może powodować pogorszenia stanu wód i ekosystemów od nich zależnych, z wyjątkiem przypadków określonych w ustawie, w szczególności nie może naruszać ustaleń planu gospodarczego wodami na obszarze dorzecza, powodować marnotrawstwa wody lub marnotrawstwa energii wody, a także nie może wyrządzać szkód.

Art. 30. Wody podziemne wykorzystuje się przede wszystkim do zaopatrzenia w wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi.

Art. 31. 1. Dopuszcza się korzystanie z każdej wody w rozmiarze i w czasie wynikających z konieczności:

- 1) zwalczania poważnych awarii, klęsk żywiołowych, pożarów lub innych miejscowych zagrożeń;
- 2) zapobieżenia poważnemu i nagłemu niebezpieczeństwu grożącemu życiu lub zdrowiu ludzi albo mieniu znacznej wartości, którego w inny sposób nie można uniknąć.

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA¹⁾

z dnia 23 lipca 2008 r.

w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych²⁾

Dz.U. 2008 nr 143 poz. 896 – status na XII 2018 – uznany za uchylony

WARTOŚCI GRANICZNE ELEMENTÓW FIZYKOCHEMICZNYCH STANU WÓD PODZIEMNYCH W KLASACH JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH

Lp.	Numer CAS dla substancji chemicznych	Element fizykochemiczny	Jednostka	Tło hydrogeochemiczne ¹⁾ (zakres wartości słabej charakterystycznych)	Wartości graniczne ²⁾ w klasach I-V				
					I	II	III	IV	V
Elementy ogólne:									
1	Brak	Odczyn	pH	6,5–8,5	6,5–9,5		<6,5 lub >9,5		
2	Brak	Ogólny węgiel organiczny	mgC/l	1–10	5	10 ¹⁾	10 ¹⁾	20	>20
3	Brak	Przewodność elektryczna w 20°C	µS/cm	200–700	700	2 500 ¹⁾	2 500 ¹⁾	3 000	>3 000
4	Brak	Temperatura	°C	4–20	<10	12	16	25	>25
5	80037-33-3	Tlen rozpuszczony	mg/l	0–5	>1	0,5–1	<0,5 ¹⁾	<0,5 ¹⁾	<0,5 ¹⁾
Elementy nieorganiczne:									
6	8007-57-6	Amonowy jon	mgNH ₄ /l	0–1	0,5	1,0	1,5	3	>3
7	35734-21-5	Antymon ³⁾	mgSb/l	0–0,001	0,005 ¹⁾	0,005 ¹⁾	0,005 ¹⁾	0,1	>0,1

8	7440-38-2	Arsen ³⁾	mgAs/l	0,00005–0,020	0,01 ¹⁾	0,01 ¹⁾	0,02	0,2	>0,2
9	84145-82-4	Azotany ³⁾	mgNO ₃ /l	0–5	10	25	50	100	>100
10	14797-65-0	Azotyny ³⁾	mgNO ₂ /l	0–0,03	0,03	0,15	0,5	1	>1
11	7440-39-3	Bar	mgBa/l	0,01–0,3	0,3	0,5	0,7	3	>3
12	1932-52-9	Beryl	mgBe/l	0–0,0005	0,0005	0,05	0,1	0,2	>0,2
13	7440-42-8	Bor ³⁾	mgB/l	0,01–0,50	0,5	1 ¹⁾	1 ¹⁾	2	>2
14	Brak	Chlorki	mgCl/l	2–80	60	150	250	500	>500
15	7440-47-3	Chrom ³⁾	mgCr/l	0,0001–0,010	0,01	0,05 ¹⁾	0,05 ¹⁾	0,1	>0,1
16	57-12-5	Cyjanki wolne ³⁾	mgCN/l	–	0,01	0,05 ¹⁾	0,05 ¹⁾	0,1	>0,1
17	Brak	Cyna	mgSn/l	0–0,02	0,02	0,1	0,2	2	>2
18	7440-66-6	Cynk	mgZn/l	0,005–0,050	0,05	0,5	1	2	>2
19	Brak	Fluorki ³⁾	mgF/l	0,05–0,5	0,5	1	1,5	2	>2
20	264886-19-9	Fosforany	mgPO ₄ /l	0,01–1,0	0,5 ¹⁾	0,5 ¹⁾	1	5	>5
21	7439-90-5	Glin ³⁾	mgAl/l	0,05–0,1	0,1	0,2 ¹⁾	0,2 ¹⁾	1	>1
22	7440-43-9	Kadm ³⁾	mgCd/l	0,0001–0,0005	0,001	0,003	0,005	0,01	>0,01
23	7440-48-4	Kobalt	mgCo/l	0–0,001	0,002	0,05	0,2	1	>1
24	7439-95-4	Magnez	mgMg/l	0,5–30	30	50	100	150	>150
25	7439-96-5	Mangan	mgMn/l	0,01–0,4	0,05	0,4	1 ¹⁾	1 ¹⁾	>1
26	7440-50-8	Miedź	mgCu/l	0,001–0,020	0,01	0,05	0,2	0,5	>0,5
27	7439-96-7	Molibden	mgMo/l	0–0,003	0,003	0,02 ¹⁾	0,02 ¹⁾	0,03	>0,03
28	7440-02-0	Nikiel ³⁾	mgNi/l	0,001–0,005	0,005	0,01	0,02	0,1	>0,1
29	7439-92-1	Okw ³⁾	mgPb/l	0,001–0,010	0,01	0,025	0,1 ¹⁾	0,1 ¹⁾	>0,1

30	Brak	Potaz	mg/Kl	0,5–10	10 ¹	10 ²	15	20	>20
31	1439-87-6	Rybcz ¹⁾	mg/Mg/l	0,00005–0,001	0,001 ¹⁾	0,001 ¹⁾	0,001 ¹⁾	0,005	>0,005
32	7782-49-2	Selen ¹⁾	mg/Se/l	0,00001–0,005	0,005	0,01 ¹⁾	0,01 ¹⁾	0,05	>0,05
33	14869-79-8	Sierpczyn	mg/SO ₄ /l	5–60	60	250 ¹⁾	250 ¹⁾	500	>500
34	7440-23-5	Sód	mg/Na/l	1–60	60	200 ¹⁾	200 ¹⁾	300	>300
35	7440-22-4	Srebro ¹⁾	mg/Ag/l	0–0,001	0,001	0,05	0,1 ¹⁾	0,1 ¹⁾	>0,1
36	15035-09-3	Tal	mg/Tl/l	0–0,00001	0,001	0,01	0,02	0,1	>0,1
37	7440-32-6	Tytan	mg/Ti/l	0–0,01	0,01	0,05	0,1	0,5	>0,5
38	15117-96-1	Uran	mg/U/l	0,00003–0,0003	0,009	0,009	0,03	0,1	>0,1
39	14867-38-0	Wanad	mg/V/l	0,000038–0,004	0,004	0,02	0,05	0,5	>0,5
40	14127-61-8	Wapń	mg/Ca/l	2–200	50	100	200	300	>300
41	71-52-3	Wodorowęglany	mg/HCO ₃ /l	60–360	200	350	500	800	>800
42	7439-89-6	Żelazo	mg/Fe/l	0,02–5	0,2	1	5	10	>10
Elementy organiczne:									
43	Brak	AOX absorbowane związki chloroorganiczne	mg/Cl/l	0–0,0001	0,01	0,02	0,06	0,3	>0,3
44	50-32-8	Benzo(a)piren ¹⁾	mg/l	0,00001–0,00001	0,00001	0,00002	0,00003	0,00005	>0,00005
45	71-43-2	Benzen ¹⁾	mg/l	0	0,001	0,005	0,01	0,1	>0,1
46	Brak	BTX ¹⁾ – lotne węglowodory aromatyczne	mg/l	0	0,005	0,03	0,1 ¹⁾	0,1 ¹⁾	>0,1
47	Brak	Fenole (indeks fenolowy)	mg/l	0–0,001	0,001	0,005	0,01	0,05	>0,05

48	Brak	Substancje ropopochodne ¹⁾	mg/l	0	0,01	0,1	0,3	5	>5
49	Brak	Pestycydy ¹⁾	mg/l	0	0,00001 ¹⁾	0,0001 ¹⁾	0,0001 ¹⁾	0,005	>0,005
50	Brak	Suma pestycydów ¹⁾	mg/l	0	0,0005 ¹⁾	0,0005 ¹⁾	0,0005 ¹⁾	0,0025	>0,0025
51	Brak	Substancje powierzchniowo czynne anionowe i niejonowe	mg/l	0	0,1	0,2	0,5	1	>1
52	Brak	Substancje powierzchniowo czynne anionowe i niejonowe	mg/l	0	0,1	0,2	0,5	1	>1
53	127-18-4	Tetrachloroeten ¹⁾	mg/l	0–0,0005	0,001	0,01	0,05	0,1	>0,1
54	79-01-6	Trichloroeten ¹⁾	mg/l	0–0,003	0,001	0,01	0,05	0,1	>0,1
55	Brak	WWA – wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	mg/l	0,000001–0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	>0,0005

1) klasa I – wody bardzo dobrej jakości, w których:

a) wartości elementów fizykochemicznych są kształtowane wyłącznie w efekcie naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych i mieszczą się w zakresie wartości stężeń charakterystycznych dla badanych wód podziemnych (tła hydrogeochemicznego),

b) wartości elementów fizykochemicznych nie wskazują na wpływ działalności człowieka;

2) klasa II – wody dobrej jakości, w których:

a) wartości niektórych elementów fizykochemicznych są podwyższone w wyniku naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych,

b) wartości elementów fizykochemicznych nie wskazują na wpływ działalności człowieka albo jest to wpływ bardzo słaby;

3) klasa III – wody zadowalającej jakości, w których wartości elementów fizykochemicznych są podwyższone w wyniku naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych lub słabego wpływu działalności człowieka;

4) klasa IV – wody niezadowalającej jakości, w których wartości elementów fizykochemicznych są podwyższone w wyniku naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych oraz wyraźnego wpływu działalności człowieka;

5) klasa V – wody złej jakości, w których wartości elementów fizykochemicznych potwierdzają znaczący wpływ działalności człowieka.

Tabela 2. Wymagania organoleptyczne i fizykochemiczne

Lp.	Parametr	Wartość parametryczna ¹⁾	Jednostka	Objaśnienia
1.	Główny (Al)	200	ppb	
2.	Sięć anionów	5,50	mg/l	
3.	Barwa	Akceptowalna przez konsumentów lub nieprzeznaczonych do spożycia	°	
4.	Chłód	250	mg/l	
5.	Magnaz	50	ppb	
6.	Międź	Akceptowalna przez konsumentów lub nieprzeznaczonych do spożycia	°	
7.	Opilność węglowod. organicznych (OWC)	0,1–1,0	NTU	
8.	Stężenie jonów wodoru (pH)	6,5–8,3	°	
9.	Przewodność elektryczna	2,500	µS/cm	
10.	Siarczany	250	mg/l	
11.	Smak	Akceptowalna przez konsumentów lub nieprzeznaczonych do spożycia	°	
12.	Sód	200	mg/l	
13.	Układność z K ₂ SO ₄	5,0	mg/l O ₂	
14.	Żółć	Akceptowalna przez konsumentów lub nieprzeznaczonych do spożycia	°	
15.	Żelazo	200	ppb	

1) W przypadku podania jednej wartości dolna wartość zakresu wynosi zero.
2) W punkcie czerpalnym tego parametru w wodzie w klasie konsumenta – do 15 mg/l.
3) Parametr powinien być uwzględniany przy analizie ogólnego zanieczyszczenia wody.
4) W przypadku uśrednienia wody powierzchniowej należy dążyć do osiągnięcia wartości parametrycznej uśrednionej (1 NTU) i uśrednionej (jednostki) w wodzie w konsumentach.
5) Nie musi być określone dla podłoża wody powierzchniowej, ale 10 000 µg/l.
6) W określaniu do wody powierzchniowej, odwołanie do funkcji lub parametrów wartości minimalna może zostać określona do 4,5 jednostki pH. Dla wody powierzchniowej do funkcji lub parametrów z natury bogatej w składnikach, które nie są uwzględniane w tabeli, należy uwzględnić ich wpływ na smak wody.
7) Odczytano w temperaturze 20°C.
8) Nie musi być określony, jeżeli badany jest OWC.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia
z dnia 7 grudnia 2017 roku
w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi

Dz.U. 2017 poz. 2294 –
status na XII 2018 -
obowiązujące

R. Parametry chemiczne

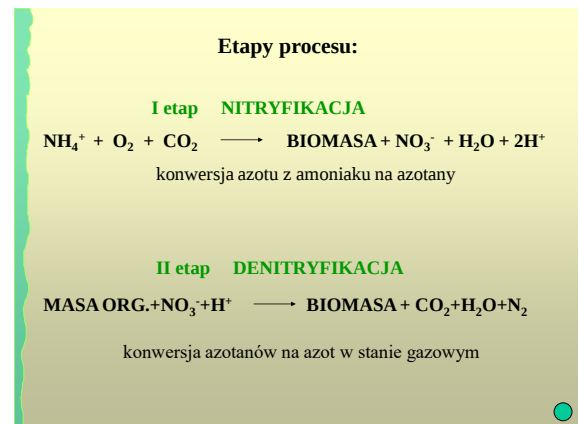
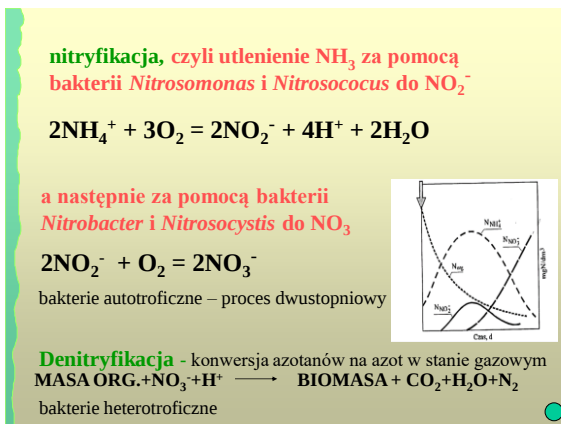
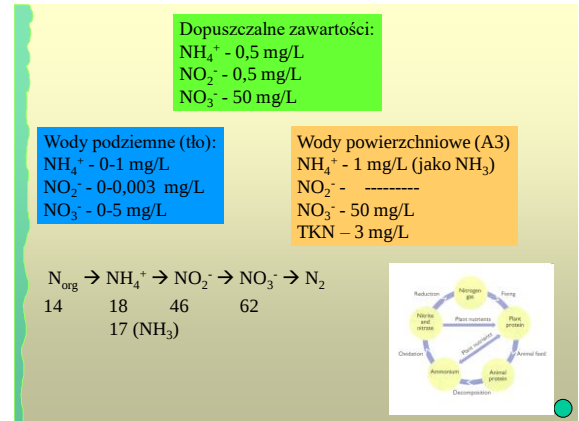
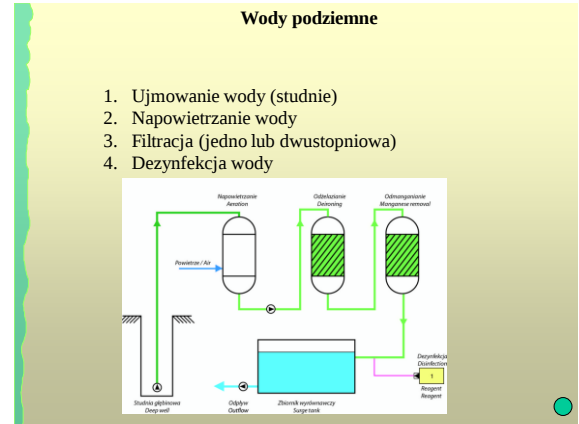
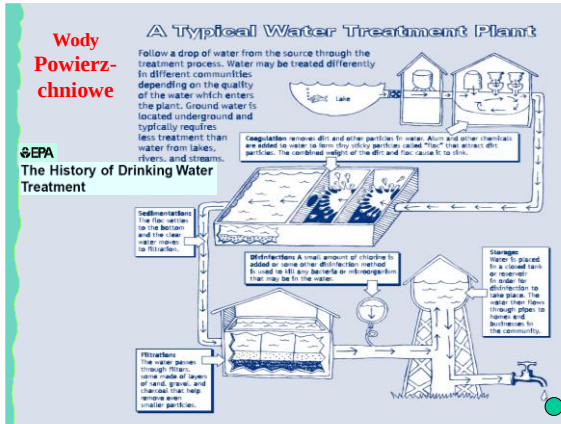
Lp.	Parametr	Wartość parametryczna	Jednostka	Objaśnienia
1.	Alektrolit	0,10	ppb	
2.	Antymon	5,0	ppb	
3.	Arsen	10	ppb	
4.	Arsen	50	mg/l	
5.	Arsen	0,30	mg/l	
6.	Bismut	1,0	ppb	
7.	Bromygen	0,010	ppb	
8.	Bor	1,0	ppb	
9.	Brom	10	ppb	
10.	Chlorki wolne	0,30	ppb	
11.	Chrom	50	ppb	
12.	Cynk	50	ppb	
13.	1,2-dichloroeten	3,0	ppb	
14.	Epichlorohydrin	0,10	ppb	
15.	Fluorki	1,5	ppb	
16.	Kadm	5,0	ppb	
17.	Miedź	2,0	ppb	
18.	Molibden	20	ppb	
19.	Gluk	10	ppb	
20.	Węglowod. organicznych	0,10	ppb	
21.	5-pentachlor	0,30	ppb	
22.	Bor	1,0	ppb	

1) Wartości odnoszą się do wyznaczonego zakresu w wodzie, określonego zgodnie ze specyfikacją techniczną dla wody pitnej (EN 15675) i 1,5 g/l, która stanowi w warunkach określonych warunków minimalną wartość (0,10) w wodzie pitnej. Wartości odnoszą się do wody podziemnej, w której nie ma podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi (z wyjątkiem wody podziemnej, która jest przeznaczona do spożycia przez ludzi).
2) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
3) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
4) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
5) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
6) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
7) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
8) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
9) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
10) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
11) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
12) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
13) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
14) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
15) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
16) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
17) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
18) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
19) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
20) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
21) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.
22) W przypadku podłoża wodnego, który nie jest przeznaczony do spożycia przez ludzi, należy uwzględnić jego wpływ na smak wody.

Lp.	Parametr	Wartość parametryczna ¹⁾	Jednostka	Objaśnienia
1.	Magnez	7–125	mg/l	
2.	Srebro	0,010	mg/l	
3.	Twardość	60–500	mg/l	

Objaśnienia:

- 1) W przypadku podania jednej wartości dolna wartość zakresu wynosi zero.
- 2) W punkcie czerpalnym u konsumenta, jeżeli woda jest przeznaczona do spożycia lub jego związków.
- 3) Dopuszczalne stężenie wolnego chloru w zbiornikach magazynujących wodę w środkach transportu lądowego, powietrznego lub wodnego wynosi 0,3–0,5 mg/l.
- 4) W punkcie czerpalnym u konsumenta, jeżeli woda jest przeznaczona do spożycia lub jego związków.
- 5) W punkcie czerpalnym u konsumenta, jeżeli woda jest przeznaczona do spożycia lub jego związków.
- 6) Nie więcej niż 30 mg/l magnezu, jeżeli stężenie siarczanki jest równe lub większe od 250 mg/l. Przy niższym stężeniu siarczanki dopuszczalne stężenie magnezu wynosi 125 mg/l, wartość zaliczana ze względów zdrowotnych – oznacza, że jest podana dla zdrowia ludzkiego, ale nie nakłada obowiązku uzupełnienia minimalnej zawartości podanej w niniejszym załączniku przez przedsiębiorstwo wodociągowe-kanalizacyjne.
- 7) W punkcie czerpalnym u konsumenta, jeżeli materiały i wyroby stosowane do dystrybucji i uzdatniania wody zawierają dodatki srebra.
- 8) Dopuszczalny zakres wartości dla ciepłej wody użytkowej w budynkach zamieszkania zbiorowego może wynosić do 0,05 mg/l.
- 9) W przeliczeniu na węgiel węgla, wartości zaliczana ze względów zdrowotnych – oznacza, że jest to wartość podana dla zdrowia ludzkiego, ale nie nakłada obowiązku uzupełnienia, przez przedsiębiorstwo wodociągowe-kanalizacyjne, minimalnej zawartości podanej w części D tabeli 2 niniejszego załącznika.



Odżywianie bakterii

Autotrofy pobierają ze środowiska związki nieorganiczne i w szeregu przemian biochemicznych przekształcają je w związki organiczne. Odbywa się to przy udziale energii świetlnej albo energii zakumulowanej w wiązaniach chemicznych.

Heterotrofy odżywiają się materią organiczną, rozkładając ją.

Oddychanie bakterii:

bakterie **tlenowe - aeroby**

bakterie **beztlenowe - anaeroby**

obligatoryjne tlenowce
obligatoryjne beztlenowce

nie potrafią żyć w innych warunkach niż te, do których zostały stworzone,

fakultatywne tlenowce - są beztlenowcami, przy obecności tlenu nie giną, jednak przeprowadzają wszystkie procesy w mniej wydajny sposób

fakultatywne beztlenowce - są tlenowcami, przy braku tlenu, także potrafią żyć, ale zazwyczaj mniej wydajnie.

Nitryfikacja

Etap I
Nitrosomonas $80,7\text{NH}_4^+ + 114,55\text{O}_2 + 160,4\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + 79,7\text{NO}_2^- + 82,7\text{H}_2\text{O} + 155,4\text{H}_2\text{CO}_3$

Etap II
Nitrobacter $134,5\text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^- + 62,25\text{O}_2 \rightarrow \text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + 134,5\text{NO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$

Sumarycznie $\text{NH}_4^+ + 1,86\text{O}_2 + 1,98\text{HCO}_3^- \rightarrow 0,02\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + 0,98\text{NO}_3^- + 1,04\text{H}_2\text{O} + 1,88\text{H}_2\text{CO}_3$

W uproszczeniu
(do okr. spadku zasadowości) $\text{NH}_4^+ + 1,5\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$
 $(2\text{H}^+ + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{CO}_3)$

Nitryfikacja – wymagania:

- obecność tlenu rozpuszczonego > 2 mg/l
- odczyn > 6,5 pH (optimum 7,5 – 8,5)
- zasadowość > 50 g CaCO₃/m³
- występowanie azotu w formie azotu amonowego
- temperatura > 5 °C (optimum 20 °C)
- długi wiek osadu (>20 dni)

Nitryfikacja – efekty:

- utlenienie azotu amonowego do azotanów
- spadek zasadowości (7,14 g CaCO₃/g N-NH₄)
- zużycie tlenu 4,25 g O₂/g N-NH₄
- przyrost biomasy autotrofów na 1 g utlenionego N-NH₄:
nitrosomonas 0,10g sm, *nitrobacter* 0,06 g sm (łącznie 0,16 g)

Denitryfikacja

Z wykorzystaniem związków organicznych zawartych w ściekach surowych i obecności azotu amonowego

$0,61\text{C}_{18}\text{H}_{19}\text{O}_9\text{N} + 4,54\text{NO}_3^- + 0,39\text{NH}_4^+ + 4,15\text{H}^+ \rightarrow \text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + 2,27\text{N}_2 + 5,98\text{CO}_2 + 5,15\text{H}_2\text{O}$

Z asymilacją azotu azotanowego (wbudowanie azotu azotanowego w biomasę)

$0,65\text{C}_{18}\text{H}_{19}\text{O}_9\text{N} + 4,89\text{NO}_3^- + 4,89\text{H}^+ \rightarrow \text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + 2,27\text{N}_2 + 6,70\text{CO}_2 + 5,12\text{H}_2\text{O}$

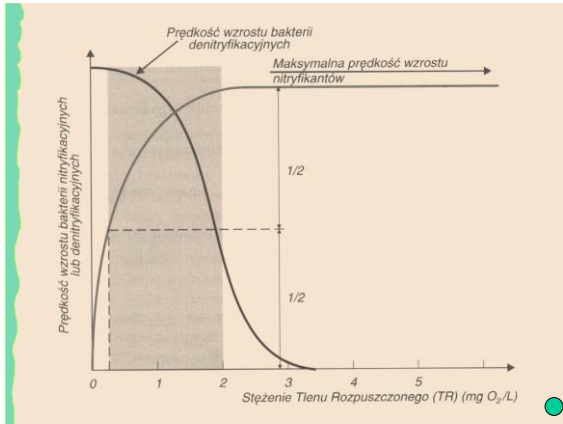
Zdolność do prowadzenia denitryfikacji ma ok. 60% bakterii heterotroficznych

Denitryfikacja – wymagania:

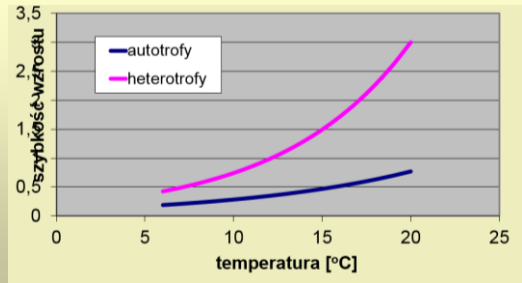
- obecność tlenu rozpuszczonego < 1 mg/l
- odczyn 6 - 8 pH (optimum 6,5 – 7,5 pH)
- występowanie azotu w formie azotu azotanowego
- temperatura 5 - 20°C
- stosunek BZT₅/N-NO₃ > 3,5

Denitryfikacja – efekty:

- redukcja azotanów do wolnego azotu
- wzrost zasadowości (3,0 g CaCO₃/g N-NO₃)
- zużycie związków organicznych 2,3-2,9 g BZT₅/g N-NO₃
- przyrost biomasy heterotrofów prowadzących denitryfikację ok. 0,9 g sm./g N-NO₃



Szybkość wzrostu bakterii heterotroficznych prowadzących denityfikację z wykorzystaniem związków węgla zawartych w ściekach



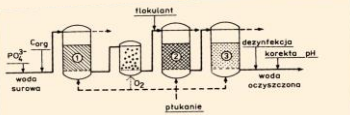
Autotrofy → nityfikacja

Heterotrofy → denityfikacja

Metody usuwania azotanów:

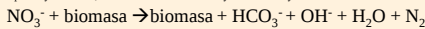
- Odwrócona osmoza
- Wymiana jonowa
- Destylacja
- Procesy biologiczne (denityfikacja)

Każda z tych metod charakteryzuje się wysokimi wymaganiami i wysokimi kosztami.



Rys. 19.2. Układ oczyszczania wody z wykorzystaniem denityfikacji: 1 – zbiór filtracyjny zasiedlony denityfikantami, 2 – zbiór filtracyjny pusty, 3 – dławik węglowy aktywny

Apolinary L. Kowal, Maria Świdarska-Bróz: Oczyszczanie wody. PWN 1998

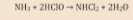
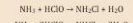
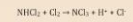


Denityfikacja – konieczny dodatek łatwo przyswajalnych związków organicznych i fosforanów

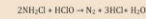
Metody usuwania azotu amonowego:

- Chlorowanie do punktu przełamania
- Wymiana jonowa
- Nityfikacja

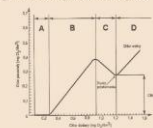
Jeżeli stosunek $\text{Cl}_2 : \text{NH}_3 \geq 7,4$ oraz $\text{pH} < 4,4$ zachodzą następujące reakcje tworzenia chloramin:



oraz rozkład:



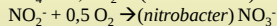
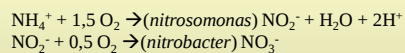
Przebieg takiego chlorowania przedstawia krzywa:



Przebieg chlorowania do punktu przełamania: A – natężenie chloru na związki organiczne i nieorganiczne, B – powstanie chloramin i związków chloroorganicznych, C – reakcja chloramin z związkami chloroorganicznymi, D – nadmiar chloru, powstanie związków organicznych.

Nityfikacja:

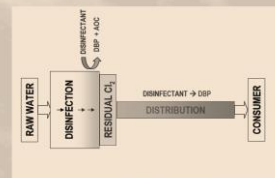
- długi czas wpracowywania złoża węgla aktywnego (20 dób)
- zużycie tlenu 4,6 g $\text{O}_2/\text{g-NH}_4^+$



Disinfection by-products in the distribution systems

José Menais & Adelaide Lopes
LNEC - Urban Water Division
Av. Braço, 161
1700-016 Lisbon, Portugal
e-mail: jmenais@lnecc.pt

Produkty uboczne



Disinfectant + NOM
- Chlorine
- Ozone
- Chlorine dioxide
- Chloramine

DISINFECTION BY-PRODUCTS (DBP)
- ASSIMILABLE ORGANIC CARBON (AOC)

LNEC - Urban Water Division

WEKN QW Conference Bratislava, 13 - 15 June 2005

Ideal disinfectant:

1. Effective against *Cryptosporidium* oocysts
2. Provides a residual throughout the distribution system
3. Suitable for a broad range of water quality conditions
4. Easily monitored and controlled (preferably "on line")
5. Minimized DBP and AOC formation
6. Suited for easy handling and storage with no complex safety requirements
7. Low cost



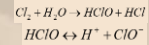
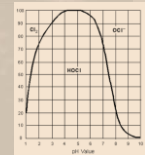
Kryptosporidioza – choroba pasożytnicza zajmująca jelita ssaków, wywołana przez pierwotniaka *Cryptosporidium*. Choroba szerzy się drogą fekalno-oralną, a głównym objawem u ludzi ze sprawnym układem odpornościowym jest samoograniczająca się biegunka. U osób z upośledzoną odpornością zakażenie może być długotrwałe i zagrażające życiu. Kryptosporidiozę wykryto dopiero w 1976, pomimo tego, że jest to jedna z najczęstszych na świecie chorób przenoszonych wraz z wodą.

Oocysta - zygota występująca u niektórych pierwotniaków pasożytniczych. Otoczona jest grubą osłonką, wewnątrz której zachodzą podziały. Stanowi stadium zakaźne wydostające się na zewnątrz wraz z kałem żywiciela.

Chlorine ($\text{HOCl} + \text{OCl}^-$)

Applied to water in the form:

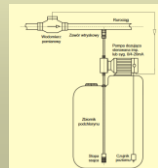
1. elemental chlorine (chlorine gas)
2. hypochlorite solution
3. dry calcium hypochlorite

**Advantages:**

1. highly effective against most pathogens
2. provides a residual to protect against recontamination
3. easily applied, controlled, and monitored
4. operationally the most reliable
5. the most cost-effective disinfectant

**Limitations:**

1. formation of organic halogenated-DBP
2. not effective against *Cryptosporidium* oocysts

Dozowanie handlowego NaOCl**Generowanie NaOCl „on site”**

Disinfectant	sodowy chlorin sodu - NaOCl
Metoda wytwarzania	elektroliza roztworu soli
Stężenie NaOCl	6 g Cl ₂ /l
Wydajność	do 2.6 kg Cl ₂ /h
Zużycie energii elekt.	4.5 kWh/kgCl ₂
Zużycie soli	3.0 kg/kgCl ₂
Żywotność elektrod	ok. 5-10 lat (brak membrany)



Anode (oxidation): $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$
 Cathode (reduction): $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
 Overall: $2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
 Chlorine reacts with caustic catholyte to form sodium hypochlorite and salt:
 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaOCl}$

Ozone (O_3)

generated on-site by passing dry oxygen or air through a system of high voltage electrodes

Advantages:

1. strongest oxidant/disinfectant available
2. produces no chlorinated THMs, HAAs
3. at higher concentrations is effective against *Cryptosporidium*
4. degrades organic micropollutants (e.g., cyanotoxins) to some extent

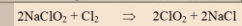
**Limitations**

1. inorganic DBP formation (bromate)
2. requires a high level of technical competence
3. provides no protective residual
4. produces AOC and increased DBP formation in distribution systems
5. higher operating and capital costs than chlorination
6. difficult to control and monitor particularly under variable load conditions

Halogenated acetic acids (HAA) are an important type of chlorinated disinfection byproducts.

Chlorine dioxide (ClO_2)

ClO_2 gas is produced on-site by mixing Cl_2 and chlorite in solution

**Advantages:**

1. effective against *Cryptosporidium* oocysts
2. does not form halogenated-DBP
3. does not oxidize bromide to bromine
4. more effective than chlorine in treating some taste and odor problems

Limitations:

1. inorganic-DBP formation (chlorite, chlorate)
2. highly volatile residuals
3. requires on-site generation equipment and handling of chemicals
4. requires a high level of technical competence for monitoring
5. relatively high costs (chlorite chemical cost is high)



$2\text{NaClO}_2 + \text{Cl}_2 \Rightarrow 2\text{ClO}_2 + 2\text{NaCl}$
 $5\text{NaClO}_2 + 4\text{HCl} \Rightarrow 4\text{ClO}_2 + 5\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$

Diox - C	
Dezynfektant	dwutlenek chloru - ClO_2
Metoda wytwarzania	chloryn sodu NaClO_2 - chlor gazowy
Stężenie NaClO_2	24,5%
Wydajność	do 4,5 kg ClO_2/h
Zabudowa	wolnostojąca

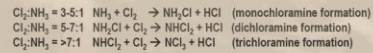


Diox - A 5000	
Dezynfektant	dwutlenek chloru - ClO_2
Metoda wytwarzania	chloryn sodu NaClO_2 - kwas solny HCl
Stężenie NaClO_2	24,5%
Stężenie HCl	30 - 37%
Wydajność	do 5,0 kg ClO_2/h
Zabudowa	wolnostojąca



Chloramine

Generally obtained by adding ammonia to system's chlorinated water at a specific ratio



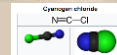
Advantages:

1. reduced formation of DBP and AOC
2. does not oxidize bromide to bromate
3. decays slower than free chlorine
4. displays reduced taste and odor

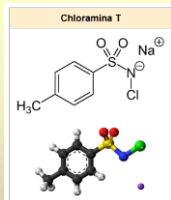


Limitations

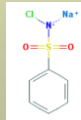
1. weak disinfectant - only suited for secondary disinfection
2. potential formation of unpleasant smelly and "tasty" (NHCl_2) and (NCl_3)
3. potential of microbiological formation of nitrate and nitrite from ammonia
4. DBP include cyanogen chloride and the carcinogen *N*-nitrosodimethylamine



Sól sodowa *N*-monochlorotoluenuosulfamidu



Chloramina B
 sól sodowa *N*-monochlorobenzenosulfamidu



Most frequently considered DBPs

Disinfectant	Group
Chlorine	THMs and haloacetic acids
Ozone	Aldehydes and bromate
Chlorine dioxide	Chlorite
Chloramine	Traditional chlorine by-products



Chlorine can assume oxidation states of -1, +1, +3, +5, or +7 within the corresponding anions Cl^- , ClO^- , ClO_2^- , ClO_3^- , or ClO_4^- , known commonly and respectively as chloride, hypochlorite, chlorite, chlorate, and perchlorate.

The bromate anion, BrO_3^-

Chlorine halogenated DBPs

Other haloalkanes	Trihalomethanes (THM)	Haloacetic acids (HAA)	Haloaldehydes	Haloalcohols	Haloaldehydes	Haloalcohols	Haloaldehydes	Haloalcohols	Haloaldehydes	Haloalcohols
Chloromethane	Chloroform	Bromoacetic acid	1,1,1-Trichloropropane	1,1,1-Trichloropropane	1,1,1-Trichloropropane	1,1,1-Trichloropropane	1,1,1-Trichloropropane	1,1,1-Trichloropropane	1,1,1-Trichloropropane	1,1,1-Trichloropropane
Dichloromethane	Bromodichloromethane	Bromochloroacetic acid	1,1,2-Trichloropropane	1,1,2-Trichloropropane	1,1,2-Trichloropropane	1,1,2-Trichloropropane	1,1,2-Trichloropropane	1,1,2-Trichloropropane	1,1,2-Trichloropropane	1,1,2-Trichloropropane
Bromochloromethane	Bromochloromethane	Dibromoacetic acid	1,1,3-Trichloropropane	1,1,3-Trichloropropane	1,1,3-Trichloropropane	1,1,3-Trichloropropane	1,1,3-Trichloropropane	1,1,3-Trichloropropane	1,1,3-Trichloropropane	1,1,3-Trichloropropane
Dibromomethane	Dibromomethane	Dibromoacetic acid	1,1,3,3-Tetrachloropropane	1,1,3,3-Tetrachloropropane	1,1,3,3-Tetrachloropropane	1,1,3,3-Tetrachloropropane	1,1,3,3-Tetrachloropropane	1,1,3,3-Tetrachloropropane	1,1,3,3-Tetrachloropropane	1,1,3,3-Tetrachloropropane
Carbon tetrachloride	Bromochlorodichloromethane	Trichloroacetic acid	1,1,1,3-Tetrachloropropane	1,1,1,3-Tetrachloropropane	1,1,1,3-Tetrachloropropane	1,1,1,3-Tetrachloropropane	1,1,1,3-Tetrachloropropane	1,1,1,3-Tetrachloropropane	1,1,1,3-Tetrachloropropane	1,1,1,3-Tetrachloropropane
Hexachloroethane			1,1,1,3,3-Pentachloropropane	1,1,1,3,3-Pentachloropropane	1,1,1,3,3-Pentachloropropane	1,1,1,3,3-Pentachloropropane	1,1,1,3,3-Pentachloropropane	1,1,1,3,3-Pentachloropropane	1,1,1,3,3-Pentachloropropane	1,1,1,3,3-Pentachloropropane
2-bromobutane			1,1,1,3,3,3-Hexachloropropane	1,1,1,3,3,3-Hexachloropropane	1,1,1,3,3,3-Hexachloropropane	1,1,1,3,3,3-Hexachloropropane	1,1,1,3,3,3-Hexachloropropane	1,1,1,3,3,3-Hexachloropropane	1,1,1,3,3,3-Hexachloropropane	1,1,1,3,3,3-Hexachloropropane
			3,3-Dichloro-2-butanone	3,3-Dichloro-2-butanone	3,3-Dichloro-2-butanone	3,3-Dichloro-2-butanone	3,3-Dichloro-2-butanone	3,3-Dichloro-2-butanone	3,3-Dichloro-2-butanone	3,3-Dichloro-2-butanone
			1,1,1-Trichloro-2-butanone	1,1,1-Trichloro-2-butanone	1,1,1-Trichloro-2-butanone	1,1,1-Trichloro-2-butanone	1,1,1-Trichloro-2-butanone	1,1,1-Trichloro-2-butanone	1,1,1-Trichloro-2-butanone	1,1,1-Trichloro-2-butanone
			2,2-Dichloro-2-pentanone	2,2-Dichloro-2-pentanone	2,2-Dichloro-2-pentanone	2,2-Dichloro-2-pentanone	2,2-Dichloro-2-pentanone	2,2-Dichloro-2-pentanone	2,2-Dichloro-2-pentanone	2,2-Dichloro-2-pentanone
			1-chloroethanolacetate	1-chloroethanolacetate	1-chloroethanolacetate	1-chloroethanolacetate	1-chloroethanolacetate	1-chloroethanolacetate	1-chloroethanolacetate	1-chloroethanolacetate
			2-chloroethanolacetate	2-chloroethanolacetate	2-chloroethanolacetate	2-chloroethanolacetate	2-chloroethanolacetate	2-chloroethanolacetate	2-chloroethanolacetate	2-chloroethanolacetate
			2,2-dichloroacetamide	2,2-dichloroacetamide	2,2-dichloroacetamide	2,2-dichloroacetamide	2,2-dichloroacetamide	2,2-dichloroacetamide	2,2-dichloroacetamide	2,2-dichloroacetamide
			Halophenols	Halophenols	Halophenols	Halophenols	Halophenols	Halophenols	Halophenols	Halophenols
			2-Chlorophenol	2-Chlorophenol	2-Chlorophenol	2-Chlorophenol	2-Chlorophenol	2-Chlorophenol	2-Chlorophenol	2-Chlorophenol
			2,4-Dichlorophenol	2,4-Dichlorophenol	2,4-Dichlorophenol	2,4-Dichlorophenol	2,4-Dichlorophenol	2,4-Dichlorophenol	2,4-Dichlorophenol	2,4-Dichlorophenol
			2,4,6-Trichlorophenol	2,4,6-Trichlorophenol	2,4,6-Trichlorophenol	2,4,6-Trichlorophenol	2,4,6-Trichlorophenol	2,4,6-Trichlorophenol	2,4,6-Trichlorophenol	2,4,6-Trichlorophenol

Mutagen X is a chemical that forms as a byproduct of chlorine reacting with organic matter in drinking-water. It has no commercial uses, and is produced intentionally only in laboratories where it is studied.

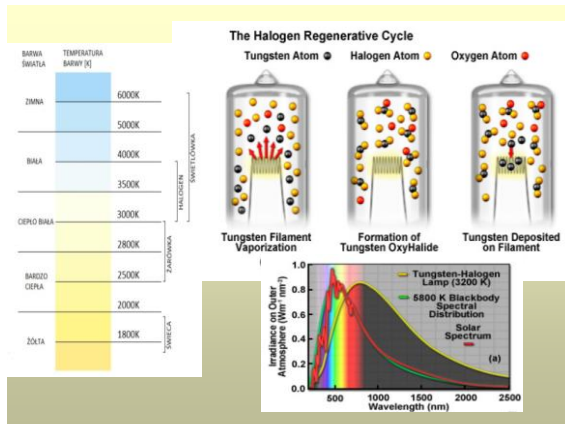
Its enigmatic name comes from the fact that its chemical structure was unclear until scientists were able to develop a method of synthesizing it in laboratories. It is also referred to as MX, or by its chemical name, 3-chloro-4-dichloromethyl-5-hydroxy-2(5H)-furanone. Its brominated analogue forms are commonly referred to as BMXs.

Halogenowane węglowodory alifatyczne

Są produktami reakcji halogenów (Cl , Br) z węglowodorami. Halogenowane węglowodory i ich pochodne są stosowane w przemyśle i ze ściekami mogą być odprowadzane do wód powierzchniowych, mogą powstawać także podczas chlorowania wody i ścieków.

Największe znaczenie mają trichalometany - THM (CHCl_3 , CHCl_2Br , CHClBr_2 , CHBr_3).

Poza trichalometanami w wodach mogą występować inne węglowodory halogenowane (rozpuszczalniki, półprodukty wielu reakcji chemicznych).



Chlorine non-halogenated DBPs

Monocarboxylic acids 2,2-dimethyl-1-(2-hydroxy)-2-methyl propanoic acid - Butanoic acid 2-methylbutanoic acid - Pentanoic acid - Hexanoic acid - Heptanoic acid - Octanoic acid - Nonanoic acid - Decanoic acid - Undecanoic acid - Dodecanoic acid - Tridecanoic acid - Tetradecanoic acid - Pentadecanoic acid - Hexadecanoic acid - Heptadecanoic acid Dicarboxylic acids - Propionic acid - α-butenedioic acid - trans-butenedioic acid 2,2-dimethyl butanedioic acid - Pentanedioic acid 2-methyl-pentanedioic acid 2,2-dimethyl pentanedioic acid - Hexanedioic acid (+2 isomers) - Heptanedioic acid - Octanedioic acid - Nonanedioic acid - Isomer of nonanedioic acid - Tridecanedioic acid	Aliphatic aldehydes - Formaldehyde - Acetaldehyde Aromatic aldehydes - Benzaldehyde Ketones 3-methyl-2-pentanone 3-methyl-1,2,4-cyclopentanetrione Alcohols 1-ethoxy-1-hydroxyethane - Diisobutyl-3-methyl-2-xanone Other heterocyclic compounds 4-dioxane 4-benzodioxin	Aromatic carboxylic acids - Benzoic acid 3-hydroxybenzoic acid 3-methylbenzoic acid 4-methylbenzoic acid 3,4-dihydroxybenzoic acid - Trihydroxybenzoic acid - Phenylacetic acid 1,2-benzenedicarboxylic acid 1,3-benzenedicarboxylic acid 1,4-benzenedicarboxylic acid - Methylbenzenedicarboxylic acid (2 isomers) - Dimethylbenzenedicarboxylic acid (2 isomers) 1,2,3-benzenetricarboxylic acid 1,2,4-benzenetricarboxylic acid 1,3,5-benzenetricarboxylic acid Heterocyclic carboxylic acids 5-methyl-2-norbornadicarboxylic acid - Methylenedicarboxylic acid Aromatic nitrites - Benzonitrite - Benzenesulfonylnitrite Other aromatic compounds - Benzene - Toluene - C3-benzene (2 isomers)
--	--	--



<u>Ozone DBPs</u>		
Inorganic compounds		Monocarboxylic acids
Bromate		2-methylpropionic acid
Hydrobromite		Pentanoic acid
Hydrogen peroxide		2-methylpentanoic acid
Aliphatic aldehydes		Hexanoic acid
Formaldehyde		Nonanoic acid
Cyanoformaldehyde		Decanoic acid
Acetaldehyde		Tridecanoic acid
Propional		Tridecanoic acid
Methylpropional		Hexadecanoic acid
Butanal		9-hexadecanoic acid
Methylbutanal		Hexenoic acid
Pentanal		Tetradecanoic acid
Methylpentanal		
Hexanal		Ketoacids
Methylhexanal		Pyruvic acid (2-oxopropionic acid)
2-hexenal		1,2-dioxopropionic acid
Heptanal		Ketomalonic acid (oxopropionediol acid)
Octanal		Oxobutanoic acid
Nonanal		Dioxobutanoic acid
Decanal		2-oxopentanoic acid
2-methyldecanal		4-oxopentanoic acid
Dodecanal		2-oxohexanoic acid (ketosuccinic acid)
Tridecanal		oxopentadecanoic acid (ketoglutaric acid)
Tetradecanal		
Dialdehydes		
Glyoxyl		
Butanedial		
Ketodialdehydes		
Methyl glyoxyl		
Ethyl glyoxyl		
Nitriles		
Benzeneacetonitrile		

Chloramine DBPs

Trihalomethanes Chloroform Bromodichloromethane Dibromochloromethane Bromoform Haloketones Trichloroacetaldehyde (chloral hydrate)	Halooctic acids Chloroacetic acid Dichloroacetic acid Trichloroacetic acid Bromoacetic acid Dibromoacetic acid Haloketones 1,1-dichloropropanone 1,1,1-trichloropropanone	Halonitriles Cyanogen chloride Dichloroacetonitrile Bromochloroacetonitrile Dibromoacetonitrile Trichloroacetonitrile Halonitromethanes Chloropicrin (trichloronitromethane) <i>N</i>-nitrosodimethylamine
--	---	---



Chlorine dioxide DBPs

Inorganic compounds	Aromatic acids	Halogenated ketones
Chlorite	Benzoic acid	1,1,3,3-tetrachloropropanone
Chlorate	Ethyl glyoxal	Unsaturated ketones
Aliphatic monocarboxylic acids	Aldehydes	2,3,4-trimethylcyclopent-2-en-1-one
Butanoic acid	Propenal	2,6,6-trimethyl-2-cyclohexene-1,4-dione
Pentanoic acid	Methylpropenal	Halogenated aromatics
Hexanoic acid	3-methylbutanal	(1-chloroethyl)dimethylbenzene
2-ethylhexanoic acid	Pentanal	Other aromatic compounds
Heptanoic acid	Hexanal	3-ethylstyrene
Octanoic acid	Heptanal	4-ethylstyrene
Nonanoic acid	Octanal	Naphthalene
Decanoic acid	Ethylbenzaldehyde	1-methylnaphthalene
Undecanoic acid	Esters	2-methylnaphthalene
Tetradecanoic acid	Hexanoic acid	
Dicarboxylic acids	Dioctyl ester	
tert-butylmaleic acid (tert-butyl-cis-butenedioic acid)		
2-ethyl-3-methyl maleic acid (2-ethyl-2-methyl-cis-butenedioic acid)		



Factors influencing DBP formation

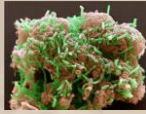
<i>Water quality</i>	<i>Treatment</i>
• NOM concentration / speciation • Temperature • pH • Bromide	• Disinfectant type and dose • Coagulant type and dose • Disinfection contact time • pH adjustment



DBPs control

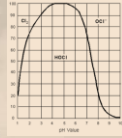
• *Removal of precursor materials*

- Coagulation
- Granular activated carbon adsorption
- Membrane filtration
- Powder activated carbon adsorption



• *Changing disinfection conditions*

- Using alternative disinfectant / processes
- Maintaining a low pH during disinfection (?)



• *Removal of DBPs after formation*

- Oxidation
 - using ozone, chlorine dioxide or ozone in combination with UV
- Aeration
 - packed column air stripping (packed towers)
 - diffused air stripping (compressed air)
- Reverse osmosis
- Granular activated carbon adsorption