

		Uzdatnianie wody / przeznaczona spożyciu											
		1 semestr			2 semestr			3 semestr			4 semestr		
		15.10.2017	15.11.2017	15.12.2017	15.01.2018	15.02.2018	15.03.2018	15.04.2018	15.05.2018	15.06.2018	15.07.2018	15.08.2018	15.09.2018
1	15.10.2017	Współczesne procesy uzdatniania wody	Współczesne procesy uzdatniania wody	Współczesne procesy uzdatniania wody	Współczesne procesy uzdatniania wody	Współczesne procesy uzdatniania wody	Współczesne procesy uzdatniania wody	Współczesne procesy uzdatniania wody	Współczesne procesy uzdatniania wody	Współczesne procesy uzdatniania wody	Współczesne procesy uzdatniania wody	Współczesne procesy uzdatniania wody	Współczesne procesy uzdatniania wody

dr inż. Jacek Mazur (jacek.mazur@zut.edu.pl tel. 91 449 4592)
 Wydział Budownictwa i Architektury
 Katedra Inżynierii Sanitarnej
 ZUT, WBIA, KIS budynek CDBN Al. Piastów 45 p.2/48
 www.mazur.zut.edu.pl – folder sieciowy plików z informacjami dotyczącymi zajęć

Rok akademicki 2017/18 semestr 2

Zakład Technologii Wody, Ścieków i Odpadów

**Centrum
Dydaktyczno
Badawcze
Nanotechnologii**

http://mazur.zut.edu.pl/Rok_2017-18/Semestr_letni/

<p>Nazwa przedmiotu: Współczesne procesy uzdatniania wody</p> <p>Kod w planie: A13 Kod przedmiotu: 16_10A_A13</p> <p>Specjalność: ...</p> <p>Odpowiadający: ...</p> <p>edycja prowadzący: Katedra Inżynierii Sanitarnej</p> <p>ECTS (planowane): 7,0 ECTS (faktyczny): 7,0</p> <p>Komora załącznika: Zakł. ... Języki: polski</p> <p>Blok obrotowy: Grupa obrotowa: 0</p> <p>Typ przedmiotu: ogólny</p>	<p>Przedmiot Lp. Metoda / narzędzie</p> <p>Współczesne procesy uzdatniania wody 1 wykład informacyjny</p> <p>Współczesne procesy uzdatniania wody 2 wykład konswersatoryjny</p>
--	---

Pisemne, testowe zaliczenie materiału objętego wykładami. Arkusz zaliczeniowy obejmuje przekrojowo całość materiału przekazywanego na wykładach

Wymagania awangarne:	
Przedmiot	Lp. / Wymagane
Współczesne procesy uzdatniania wody	1 Znajomość podstaw chemii wody
Współczesne procesy uzdatniania wody	2 Znajomość podstawowych procesów jednostkowych stosowanych w technologii uzdatniania wody przeznaczonych do spożycia przez ludzi

Treść programowa		Liczba godzin
Historia uzdatniania wody. Jakość wód surowych i wymagania stawiane wodzie do spożycia. Procesy uzdatniania wód przeznaczonych do spożycia przez ludzi. Technologie stosowane do usuwania związków żelaza i manganu, azotu amonowego i azotanów, chlorodków i siarczanów, lotnych związków organicznych, siarkowodoru. Dyzynfekcja wody i uboczne produkty dezynfekcji. Koszyczność i agresywność wody.		12

Uzdatnianie wód przeznaczonych do spożycia przez ludzi

Historia

Jakość surowców i produktu „Klasyk” systemy uzdatniania

Usuwanie barwy i mętności

Usuwanie żelaza i manganu

Usuwanie związków azotu

Wody zasolone

Usuwanie lotnych związków organicznych

Produkty uboczne

Pierwsze doniesienia o uzdatnianiu wody do picia pochodzą z roku 2000 p.n.e. W starożytnej Grecji i Indiach stosowano gotowanie, filtracje 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 zbudowali akwedukty. Archimedes wprowadził „pompę śrubową”.

W średniowieczu (lata 500 – 1 500) ujmowanie wody podupadło. W latach tych zwanych „ciemna epoką” brakowało badaczy i eksperymentatorów. Po upadku Cesarstwa Rzymskiego zniszczono wiele akweduktów. Przyszłość uzdatniania wody stała pod znakiem zapytania.

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 sedymentacją.

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 mieszaninę 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 węgla aktywnym. W latach 1980 rozpoczęła się praktyczne stosowanie odwróconej osmozy.

W chwili obecnej w systemach uzdatniania wody zwraca się głównie uwagę na oboczne 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 przestrzenny, gospodarkę terenową i ochronę środowiska.
- 2) drogi gminne, ulice, mosty, place oraz organizację ruchu drogowego.
- 3) **wodociąg i 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 III 2018 – obowiązujące
(wg prawo.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 standardowemu 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 zalecane	A2 dopuszczalne	A3 zalecane
1	pH		6,5-8,5	6,5-8,5	5,5-9
2	Barwa	mg/l	10	20**	50
3	Zawiesisty ogólny	mg/l	25	25	30
4	Temperatura	°C	22	25**	22
5	Przewodność	µS/cm przy 20°C	1000	1000	1000
6	Zapach	skopien rozcieńczenia przy 25°C	3	3	10
7	Azotany	mg/l	25	50**	50**
8	Fluorki	mg/l	0,7-1	1,5*	0,7-1,7
9	Żelazo	mg/l	0,1	0,3*	1
10	Mangan	mg/l	0,05	0,05	0,1
11	Miedź	mg/l	0,02	0,05**	0,05
12	Cynk	mg/l	0,5	3*	1
13	Bor	mg/l	1	1	1
14	Nikiel	mg/l	0,05	0,05	0,2
15	Wanad	mg/l	1,0	1,0	1,0
16	Arsen	mg/l	0,01	0,05*	0,05*
17	Kadm	mg/l	0,001	0,005*	0,001
18	Chrom ogólny	mg/l	0,05*	0,05*	0,05*
19	Chrom VI	mg/l	0,02*	0,02*	0,02*
20	Ołow	mg/l	0,05*	0,05*	0,05*
21	Selen	mg/l	0,01*	0,01*	0,01*
22	Błękit	mg/l	0,0005	0,001*	0,0005
23	Bar	mg/l	0,1*	0,1*	0,1*

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	Nitraczyn	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	Fosforany	mg/l	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7
30	Fenole (indeks fenolowy)	mg/l	0,001*	0,001	0,005*	0,01	0,1*	0,1*
31	Rozpuszczone lub zerałogowane węglowodory	mg/l	0,05*	0,05*	0,2*	0,5	1*	1*
32	Wielopięścienne węglowodory aromatyczne	mg/l	0,0002*	0,0002*	0,002*	0,002*	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	% nasycenia tlenem	>70	>70	>50	>50	>30	>30
36	Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT ₅)	mg/l	<3	<3	<5	<5	<7	<7
37	Azot Kjeldahla	mg/l	1	1	2	3	3	3
38	Aromatki	mg/l	0,05	0,5	1,5	1,5*	2	2**
39	Substancje stabilizowane chloroformem	mg/l	0,1	0,1	0,2	0,5	0,5	0,5
40	Ogólny węgiel organiczny	mg/l	5	5	10	15	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 (ententokoki)	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	nieobecne w 5000 ml	nieobecne w 1000 ml	nieobecne w 5000 ml	nieobecne w 1000 ml	nieobecne w 5000 ml	nieobecne w 1000 ml

USTAWA
z dnia 20 lipca 2017 r.
Prawo wodne

Dz.U. 2017 poz. 1566

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 gospodrowania 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 III 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	To hydrogeochemiczne ³⁾ (zakres wartości stężeń charakterystycznych)	Wartości graniczne ⁴⁾ 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 ²⁾	2 500 ¹⁾	3 000	>3 000
4	Brak	Temperatura	°C	4–20	<10	12	16	25	>25
5	80637-33-3	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	0,0005–0,020	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	2–60	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	28488-19-9	Fosforany	mgPO ₄ /l	0,01–1,0	0,5 ¹⁾	0,5 ¹⁾	1	5	>5
21	7429-90-5	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	0,02	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	7439-98-7	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	Ołów ³⁾	mgPb/l	0,001–0,010	0,01	0,025	0,1 ¹⁾	0,1 ¹⁾	>0,1

30	Brak	Potas	mgK/l	0,5–10	10 ¹⁾	10 ¹⁾	15	20	>20
31	7439-87-6	Rtęć ³⁾	mgHg/l	0,00005–0,001	0,001 ¹⁾	0,001 ¹⁾	0,001 ¹⁾	0,005	>0,005
32	7782-49-2	Selen ³⁾	mgSe/l	0,00001–0,005	0,005	0,01 ¹⁾	0,01 ¹⁾	0,05	>0,05
33	14808-78-8	Sierpczany	mgSO ₄ /l	5–60	60	250 ¹⁾	250 ¹⁾	500	>500
34	7440-23-5	Sód	mgNa/l	1–60	60	200 ¹⁾	200 ¹⁾	300	>300
35	7440-22-4	Srebro ³⁾	mgAg/l	0–0,001	0,001	0,05	0,1 ¹⁾	0,1 ¹⁾	>0,1
36	15035-09-3	Tal	mgTl/l	0–0,00001	0,001	0,01	0,02	0,1	>0,1
37	7440-32-6	Tytan	mgTi/l	0–0,01	0,01	0,05	0,1	0,5	>0,5
38	15117-96-1	Uran	mgU/l	0,000003–0,0003	0,009	0,009	0,03	0,1	>0,1
39	14867-38-0	Wanad	mgV/l	0,000006–0,004	0,004	0,02	0,05	0,5	>0,5
40	14127-61-8	Wapń	mgCa/l	2–200	50	100	200	300	>300
41	71-82-3	Wodorowęglany	mgHCO ₃ /l	60–360	200	350	500	800	>800
42	7439-89-6	Żelazo	mgFe/l	0,02–5	0,2	1	5	10	>10
Elementy organiczne:									
43	Brak	AOX ³⁾ – adsorbowane związki chloroorganiczne	mgCl/l	0–0,0001	0,01	0,02	0,06	0,3	>0,3
44	50-32-8	Benzo(a)piren ³⁾	mg/l	0,000001–0,00001	0,00001	0,00002	0,00003	0,00005	>0,00005
45	71-43-2	Benzen ³⁾	mg/l	0	0,001	0,005	0,01	0,1	>0,1
46	Brak	BTX ³⁾ – jony 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 ³⁾	mg/l	0	0,01	0,1	0,3	5	>5
49	Brak	Pestycydy ³⁾	mg/l	0	0,0001 ¹⁾	0,0001 ¹⁾	0,0001 ¹⁾	0,005	>0,005
50	Brak	Suma pestycydów ³⁾	mg/l	0	0,0005 ¹⁾	0,0005 ¹⁾	0,0005 ¹⁾	0,0025	>0,0025
51	Brak	Substancje powierzchniowo czynne anionowe	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 ³⁾	mg/l	0–0,0005	0,001	0,01	0,05	0,1	>0,1
54	79-01-6	Trichloroeten ³⁾	mg/l	0–0,003	0,001	0,01	0,05	0,1	>0,1
55	Brak	WWA ³⁾ – 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 (tj. 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.	Głaz (AZ)	200	mg/l	
2.	Żel żelazowy	0,50	mg/l	
3.	Brewno	Akceptowalny przez konsumentów i bez nieprzyjemnych smaku		1)
4.	Chładek	250	mg/l	4)
5.	Mangan	50	mg/l	5)
6.	Międź	Akceptowalny przez konsumentów i bez nieprzyjemnych smaku		1)
7.	Ogólny węgiel organiczny (OWU)	Bez nieprzyjemnych smaku		4)
8.	Stężenie jonów wodoru (pH)	6,5-8,5	NTU	4), 6)
9.	Przewodność elektryczna	2.500	µS/cm	4), 10)
10.	Sierpczyn	250	mg/l	4)
11.	Smak	Akceptowalny przez konsumentów i bez nieprzyjemnych smaku		1)
12.	Sól	250	mg/l	
13.	Utlenialność z KMnO ₄	5,0	mg/O ₂	10)
14.	Zapach	Akceptowalny przez konsumentów i bez nieprzyjemnych smaku		1)
15.	Złazno	200	mg/l	

1) W przypadku podania jednej wartości dolna wartość zakresu wynosi zero.
 2) Przekładnia została wyrażona w wodzie w kwasie kromowym - 400 mg P1.
 3) Parametr powinien być uwzględniony przy normalnym zapachu i właściwościach organoleptycznych wody.
 4) W przypadku nadmiernej wody przeterminowanej, należy wyrazić dozwolony zakres parametryczny w odniesieniu do wody przeterminowanej, jeżeli jest to możliwe.
 5) Nie należy brać pod uwagę dla powłoki wody nieprzekraczających 10 000 µg/dm³.
 6) W odniesieniu do wody przeterminowanej, jeżeli jest to możliwe, wartość minimalna może zostać obniżona do 6,5 jednostek pH. Dla wody przeterminowanej do butelek lub pojemników z uszczelnionymi wieczkami, jeżeli jest to możliwe, wartość minimalna może być obniżona do 6,5 jednostek pH. Dla wody przeterminowanej do butelek lub pojemników z uszczelnionymi wieczkami, jeżeli jest to możliwe, wartość minimalna może być obniżona do 6,5 jednostek pH.
 7) Oznaczone w temperaturze 20 °C.
 8) Nie należy brać pod uwagę, jeżeli badanie jest OWU.

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 III 2018 -
 obowiązujące

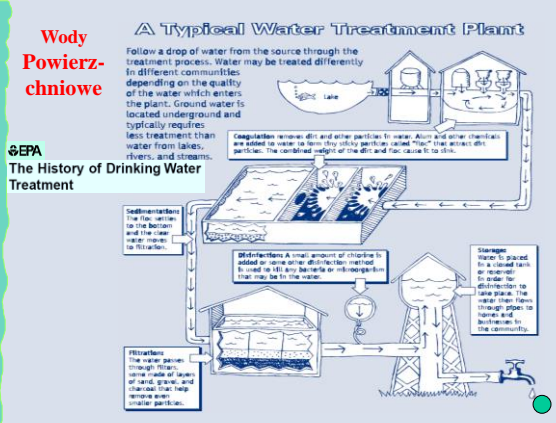
B. Parametry chemiczne

Lp.	Parametr	Wartość parametryczna ¹⁾	Jednostka	Objaśnienia
1.	Arsenian	0,10	mg/l	2)
2.	Arsenow	5,0	mg/l	2)
3.	Arsen	10	mg/l	2)
4.	Azotan	50	mg/l	2)
5.	Azotan	0,50	mg/l	2)
6.	Brom	1,0	mg/l	2)
7.	Bromian	0,050	mg/l	2)
8.	Chlork	1,0	mg/l	2)
9.	Chlork wapnia	10	mg/l	2)
10.	Chlork węgla	0,50	mg/l	2)
11.	Chrom	50	mg/l	2)
12.	Cynk	50	mg/l	2)
13.	2-dibromobenzen	1,0	mg/l	2)
14.	Epichlorohydrin	0,10	mg/l	2)
15.	Fenole	1,0	mg/l	2)
16.	Glin	1,0	mg/l	2)
17.	Glin	1,0	mg/l	2)
18.	Kadm	0,2	mg/l	2)
19.	Kobalt	10	mg/l	2)
20.	Kobalt	10	mg/l	2)
21.	Kobalt	10	mg/l	2)
22.	Kobalt	10	mg/l	2)
23.	Kobalt	10	mg/l	2)
24.	Kobalt	10	mg/l	2)
25.	Kobalt	10	mg/l	2)
26.	Kobalt	10	mg/l	2)
27.	Kobalt	10	mg/l	2)
28.	Kobalt	10	mg/l	2)
29.	Kobalt	10	mg/l	2)
30.	Kobalt	10	mg/l	2)
31.	Kobalt	10	mg/l	2)
32.	Kobalt	10	mg/l	2)
33.	Kobalt	10	mg/l	2)
34.	Kobalt	10	mg/l	2)
35.	Kobalt	10	mg/l	2)
36.	Kobalt	10	mg/l	2)
37.	Kobalt	10	mg/l	2)
38.	Kobalt	10	mg/l	2)
39.	Kobalt	10	mg/l	2)
40.	Kobalt	10	mg/l	2)
41.	Kobalt	10	mg/l	2)
42.	Kobalt	10	mg/l	2)
43.	Kobalt	10	mg/l	2)
44.	Kobalt	10	mg/l	2)
45.	Kobalt	10	mg/l	2)
46.	Kobalt	10	mg/l	2)
47.	Kobalt	10	mg/l	2)
48.	Kobalt	10	mg/l	2)
49.	Kobalt	10	mg/l	2)
50.	Kobalt	10	mg/l	2)
51.	Kobalt	10	mg/l	2)
52.	Kobalt	10	mg/l	2)
53.	Kobalt	10	mg/l	2)
54.	Kobalt	10	mg/l	2)
55.	Kobalt	10	mg/l	2)
56.	Kobalt	10	mg/l	2)
57.	Kobalt	10	mg/l	2)
58.	Kobalt	10	mg/l	2)
59.	Kobalt	10	mg/l	2)
60.	Kobalt	10	mg/l	2)
61.	Kobalt	10	mg/l	2)
62.	Kobalt	10	mg/l	2)
63.	Kobalt	10	mg/l	2)
64.	Kobalt	10	mg/l	2)
65.	Kobalt	10	mg/l	2)
66.	Kobalt	10	mg/l	2)
67.	Kobalt	10	mg/l	2)
68.	Kobalt	10	mg/l	2)
69.	Kobalt	10	mg/l	2)
70.	Kobalt	10	mg/l	2)
71.	Kobalt	10	mg/l	2)
72.	Kobalt	10	mg/l	2)
73.	Kobalt	10	mg/l	2)
74.	Kobalt	10	mg/l	2)
75.	Kobalt	10	mg/l	2)
76.	Kobalt	10	mg/l	2)
77.	Kobalt	10	mg/l	2)
78.	Kobalt	10	mg/l	2)
79.	Kobalt	10	mg/l	2)
80.	Kobalt	10	mg/l	2)
81.	Kobalt	10	mg/l	2)
82.	Kobalt	10	mg/l	2)
83.	Kobalt	10	mg/l	2)
84.	Kobalt	10	mg/l	2)
85.	Kobalt	10	mg/l	2)
86.	Kobalt	10	mg/l	2)
87.	Kobalt	10	mg/l	2)
88.	Kobalt	10	mg/l	2)
89.	Kobalt	10	mg/l	2)
90.	Kobalt	10	mg/l	2)
91.	Kobalt	10	mg/l	2)
92.	Kobalt	10	mg/l	2)
93.	Kobalt	10	mg/l	2)
94.	Kobalt	10	mg/l	2)
95.	Kobalt	10	mg/l	2)
96.	Kobalt	10	mg/l	2)
97.	Kobalt	10	mg/l	2)
98.	Kobalt	10	mg/l	2)
99.	Kobalt	10	mg/l	2)
100.	Kobalt	10	mg/l	2)

1) Wartość dolna nie jest aktualną porażką pomiarową w wodzie. Odniesienie symboliczne do specyfikacji mikrobiologicznej wymagać należy odpowiedniego potwierdzenia w kontekście wody.
 2) Wartość (koncentracja) w mg/l, gdzie w skrajnych przypadkach (maksymalna) nie może przekroczyć 100 mg/l.
 3) Wzrost miedziowy bez szkodliwych skutków dla zdrowia jest dopuszczalny, jeżeli jest to konieczne w celu zapewnienia odpowiedniej jakości wody.
 4) Wzrost miedziowy bez szkodliwych skutków dla zdrowia jest dopuszczalny, jeżeli jest to konieczne w celu zapewnienia odpowiedniej jakości wody.
 5) Wzrost miedziowy bez szkodliwych skutków dla zdrowia jest dopuszczalny, jeżeli jest to konieczne w celu zapewnienia odpowiedniej jakości wody.
 6) Wzrost miedziowy bez szkodliwych skutków dla zdrowia jest dopuszczalny, jeżeli jest to konieczne w celu zapewnienia odpowiedniej jakości wody.
 7) Wzrost miedziowy bez szkodliwych skutków dla zdrowia jest dopuszczalny, jeżeli jest to konieczne w celu zapewnienia odpowiedniej jakości wody.
 8) Wzrost miedziowy bez szkodliwych skutków dla zdrowia jest dopuszczalny, jeżeli jest to konieczne w celu zapewnienia odpowiedniej jakości wody.
 9) Wzrost miedziowy bez szkodliwych skutków dla zdrowia jest dopuszczalny, jeżeli jest to konieczne w celu zapewnienia odpowiedniej jakości wody.
 10) Wzrost miedziowy bez szkodliwych skutków dla zdrowia jest dopuszczalny, jeżeli jest to konieczne w celu zapewnienia odpowiedniej jakości wody.

Lp.	Parametry	Wartość parametryczna ¹⁾	Jednostka	Objaśnienia
1.	Magnez	7-125	mg/l	1)
2.	Srebro	0,010	mg/l	1), 6)
3.	Twardość	60-500	mg/l	1)

Objaśnienia:
 1) W przypadku podania jednej wartości dolna wartość zakresu wynosi zero.
 2) W punkcie czerpalnym u konsumenta, jeżeli woda jest dezynfekowana chlorem lub jego związkami.
 3) Dopuszczalne stężenie wolnego chloru w zbiorniku magazynującym wodę w środkach transportu lądowego, powietrznego lub wodnego wynosi 0,2-0,5 mg/l.
 4) W punkcie czerpalnym u konsumenta, jeżeli woda jest dezynfekowana dwutlenkiem chloru.
 5) W punkcie, w którym woda jest wprowadzana do sieci, jeżeli ozon jest stosowany w procesie uzdatniania lub dezynfekacji wody.
 6) Nie więcej niż 30 mg/l magnezu, jeżeli stężenie siarczanów jest równe lub większe od 250 mg/l. Przy niższej zawartości siarczanów dopuszczalne stężenie magnezu wynosi 125 mg/l, wartość zalecana ze względów zdrowotnych – oznacza, że jest pożądana dla zdrowia ludzkiego, ale nie nakłada obowiązku uzdatniania minimalnej zawartości podanej w niniejszym załączniku przez przedsiębiorstwo wodociągowo-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 dezynfekowanej jonami srebra w budynkach zamieszkania zbiorowego może wynosić do 0,05 mg/l.
 9) W przedmiocie na węgiel węgla, wartość zalecana ze względów zdrowotnych – oznacza, że jest to wartość pożądana dla zdrowia ludzkiego, ale nie nakłada obowiązku uzdatniania, przez przedsiębiorstwo wodociągowo-kanalizacyjne, minimalnej zawartości podanej w części D tabeli 2 niniejszego załącznika.



Procesy w stacji uzdatnia wody „Miedwie”

1. Czerpanie i pompowanie wody z jeziora Miedwie (pompownia P1)
2. Utlenianie wstępne – ozonowanie
3. Koagulacja i sedymentacja
4. Filtracja pospieszna – złożo antracytowo-piaskowe
5. Ozonowanie pośrednie
6. Adsorpcja na filtrach węglowych
7. Dezynfekacja dwutlenkiem chloru







Wody podziemne

1. Ujmowanie wody (studnie)
2. Napowietrzanie wody
3. Filtracja (jedno lub dwustopniowa)
4. Dezynfekcja wody

Stacja uzdatniania wody w Pilichowie



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	W	D	W	D	W	D	W	D	W	D	W	D
Chemia ogólna	3	2	2	1	2	4	3	1	1	3	4	3
Chemia wody	3	3	2	1	2	2	4	3	1	1	3	4
Podstawy technologii	2	1	2	1	2	2	3	1	2	1	3	3
Napowietrzanie, Fe, Mn	3	1	1	3	2	2	1	2	1	3	4	3
Koagulacja i agresywność wódk	2	1	1	1	1	3	1	2	1	2	3	2
Filtracja, sedimentacja, flotacja	2	1	2	1	1	3	1	2	1	3	2	2
Dezynfekcja	3	2	1	1	2	2	3	1	2	1	3	2
Adsorpcja	3	1	1	1	1	3	1	2	1	3	4	3
Procesy membranowe	3	1	1	1	1	3	1	1	1	3	2	3
Wymiana jonowa	2	1	1	1	1	3	1	1	2	1	2	2
Dekarbonizacja	1	1	1	1	1	3	1	1	1	2	2	3
Azot w wodzie	3	2	1	1	1	4	1	1	1	2	3	3
Zagadnienia prawne	3	3	1	1	2	2	2	1	1	1	3	3

"W" - Wiedza:	"D" - Doświadczenie:
Zadna	Zadna
Powierzchnowa	Niewielkie
Dostateczna	Sporadyczny kontakt
Dobra	Częsty kontakt
Bardzo dobra	Duże

	Wiedza					Doświadczenie				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Chemia ogólna	1	3	6	2	0	3	6	1	2	0
Chemia wody	1	3	7	1	0	2	4	4	1	1
Podstawy technologii	0	9	2	1	0	6	4	2	0	0
Napowietrzanie, Fe, Mn	1	6	5	0	0	6	4	1	1	0
Koagulacja i agresywność wódk	3	7	2	0	0	8	3	1	0	0
Filtracja, sedimentacja, flotacja	2	4	5	1	0	8	2	0	2	0
Dezynfekcja	1	4	6	3	0	6	4	0	2	0
Adsorpcja	2	6	4	0	0	8	3	0	1	0
Procesy membranowe	5	4	3	0	0	10	2	0	0	0
Wymiana jonowa	4	7	1	0	0	9	3	0	0	0
Dekarbonizacja	5	5	2	0	0	8	4	0	0	0
Azot w wodzie	5	4	2	1	0	7	4	0	0	1
Zagadnienia prawne	3	2	7	0	0	6	3	3	0	0

Usuwanie żelaza i manganu

Advance Groundwater Treatment
Iron, Manganese, Fluoride and Boron Removal

S. K. Sharma, B. Petruszewski, J.C. Schippers
October 2001

Iron

- fourth most abundant element on earth crust
- a common constituent of groundwater (1 to 40 mg/l)


No health consequence of iron, taste threshold 0.3 mg/l (WHO, 1996)

Problems with iron

- Staining, coloration, bad taste
- After growth in the distribution system
- Incidence of increased turbidity
- Increased O&M cost for cleaning pipes

Iron Removal Methods

- Oxidation and Rapid Sand Filtration
 - Oxidation O₂ (Aeration)
 - Cl₂, KMnO₄, O₃, H₂O₂, ClO₂
- Limestone Filtration
- Oxidising Filters (Manganese green sand)



Greensand or Green sand is either a sand or sandstone, which has a greenish color. This term is specifically applied to shallow marine sediment, that contains noticeable quantities of rounded greenish grains. These grains are called *glauconites* and consist of a mixture of mixed-layer clay minerals, such as smectite and glauconite mica. Greensand is also loosely applied to any glauconitic sediment.

Oxidation of Iron(II)

Forms of Iron

- Fe (II) - dissolved (No oxygen)
- Fe (III) - insoluble (Oxygen present)

Oxidation Reaction

$$4Fe^{2+} + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Fe^{3+} + 4OH^-$$

$$4Fe^{3+} + 4OH^- + 2(n+1) H_2O \rightarrow 2(Fe_2O_3 \cdot nH_2O) + 8H^+$$

$$4Fe^{2+} + O_2 + 2(n+2) H_2O \rightarrow 2(Fe_2O_3 \cdot nH_2O) + 8H^+$$

1 mg of Fe requires 0.14 mg of oxygen

Reported causes of poor performance of conventional iron removal process

- low oxidation pH
- short time for oxidation
- problems related to floc formation
- poor selection of effective sand size
- iron complexation (by silica and humics)
- inappropriate location for reagent dosage
- deterioration of raw water quality over time

Oxidation and floc formation mechanism

Conventional approach

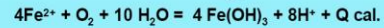
- ☞ Oxidation of iron(II) to iron(III)
- ☞ Hydrolysis of iron(III)
- ☞ Filtration of flocs formed



Biological Iron Removal

☞ Oxidation of iron(II) to iron(III) caused by bacteria (*Gallionella*, *Crenothrix*, *Sphaerotilus-Lepothrix*)

☞ Bacteria derive energy from the oxidation



☞ Optimum pH 6- 8

☞ Optimum Temperature
10- 15° C(*Gallionella*) , 20 - 25°C (*Sphaerotilus* - *Lepothrix*)

Limitations

- ☞ Mechanism not fully understood
- ☞ Temperature and water quality dependent
- ☞ pH sensitive

Manganese in Groundwater

Mainly present in GW as Mn^{2+} (dissolved)

Frequently coexists with Fe^{2+}

- causes similar problems
- taste and staining problems more severe

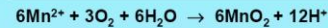
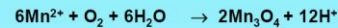
Standards

WHO	0.1 mg/l	Guideline value
EC	0.02 mg/l	Desired, 0.05 mg/l MAC

Manganese Removal

Oxidation - Rapid Sand Filtration

- Auto catalytic Oxidation
 O_2 , Cl_2 , KMnO_4
Manganese green sand
- Biological Oxidation



1 mg of Mn requires 0.29 mg of oxygen

Manganese removal

☞ Rate of oxidation is very slow in solution when pH is less than 8.6

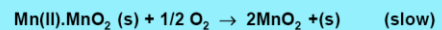
☞ In rapid sand filters, oxidation may take place when pH is higher than 7.0

☞ The rate of oxidation of Mn^{2+} in rapid sand filters is much lower than that of Fe^{2+}

☞ Mn_3O_4 acts as a catalyst on which Mn^{2+} is adsorbed Mn^{2+} gets oxidised to Mn_3O_4 while older Mn_3O_4 gets oxidised to MnO_2

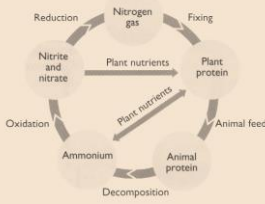
Manganese Removal

Auto catalytic oxidation proceeds as follows



Product of Mn(II) oxygenation are non stoichiometric showing various degree of oxidation ranging from $\text{MnO}_{1.3}$ to $\text{MnO}_{1.9}$ (30 to 90% oxidation to MnO_2) under varying alkaline conditions.

Usuwanie związków azotu



Dopuszczalne zawartości:

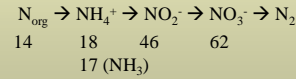
NH_4^+ - 0,5 mg/L
 NO_2^- - 0,5 mg/L
 NO_3^- - 50 mg/L

Wody podziemne (do):

NH_4^+ - 0-1 mg/L
 NO_2^- - 0-0,003 mg/L
 NO_3^- - 0-5 mg/L

Wody powierzchniowe (A3)

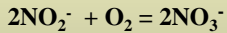
NH_4^+ - 1 mg/L (jako NH_3)
 NO_2^- - -----
 NO_3^- - 50 mg/L
 TKN - 3 mg/L



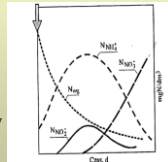
nitryfikacja, czyli utlenienie NH_3 za pomocą bakterii *Nitrosomonas* i *Nitrosococcus* do NO_2^-



a następnie za pomocą bakterii *Nitrobacter* i *Nitrosocystis* do NO_3^-



bakterie autotroficzne – proces dwustopniowy



Denitryfikacja - konwersja azotanów na azot w stanie gazowym
 $\text{MASA ORG.} + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{BIOMASA} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$

bakterie heterotroficzne

Etapy procesu:

I etap NITRYFIKACJA



konwersja azotu z amoniaku na azotan

II etap DENITRYFIKACJA



konwersja azotanów na azot w stanie gazowym

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**

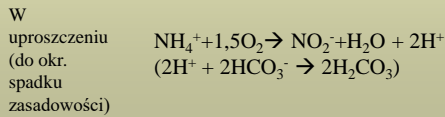
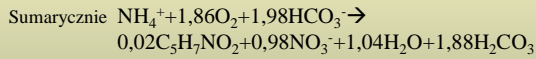
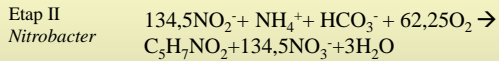
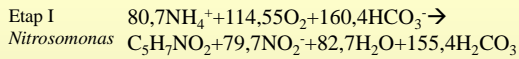
obligatoryjne tlenowce
obligatoryjne beztlenowce

} 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



Nitryfikacja – wymagania:

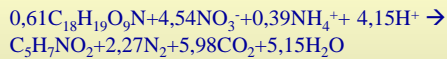
- obecność tlenu rozpuszczonego > 2 mg/l
- odczyn > 6,5 pH (optimum 7,5 – 8,5)
- zasadowość > 50 g CaCO₃/m³
- występowanie azotu w formie azotu amonowego
- temperatura > 5 °C (optimum 20 °C)
- długi wiek osadu (>20 dni)

Nitryfikacja – efekty:

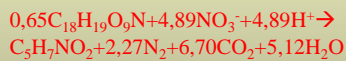
- utlenienie azotu amonowego do azotanów
- spadek zasadowości (7,14 g CaCO₃/g N-NH₄)
- zużycie tlenu 4,25 g O₂/g N-NH₄
- przyrost biomasy autotrofów na 1 g utlenionego N-NH₄:
nitrosomonas 0,10g sm, *nitrobacter* 0,06 g sm (łącznie 0,16 g)

Denitryfikacja

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



Z asymilacją azotu azotanowego (wbudowanie azotu azotanowego w biomasę)



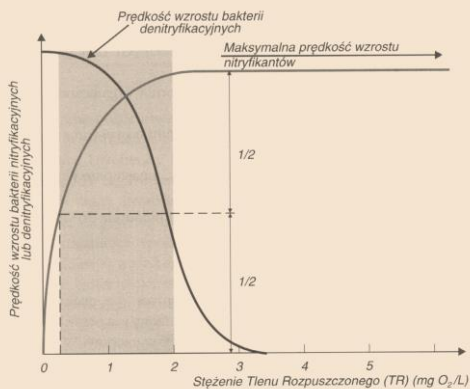
Zdolność do prowadzenia denitryfikacji ma ok. 60% bakterii heterotroficznych

Denitryfikacja – wymagania:

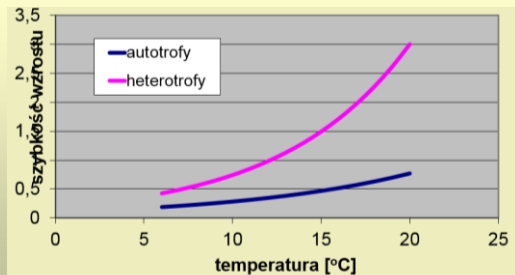
- obecność tlenu rozpuszczonego < 1 mg/l
- odczyn 6 - 8 pH (optimum 6,5 – 7,5 pH)
- występowanie azotu w formie azotu azotanowego
- temperatura 5 - 20°C
- stosunek BZT₅/N-NO₃ > 3,5

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 denitryfikację z wykorzystaniem związków węgla zawartych w ściekach

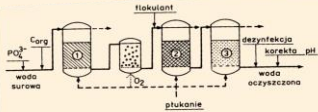


Autotrofy → nityfikacja
Heterotrofy → denitryfikacja

Metody usuwania azotanów:

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

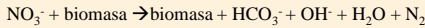
Każda z tych metod charakteryzuje się wysokimi wymaganiami i wysokimi kosztami.



Denitryfikacja – konieczny dodatek łatwo przyswajalnych związków organicznych i fosforanów

Rys. 18.2. Układ oczyszczania wody z wykorzystaniem denitryfikacji: 1 – zbiór filtracyjny zasiedlony denitryfikantami, 2 – zbiór filtracyjny piaskowy, 3 – zbiór wody aktywnej

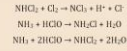
Apolinary L. Kowal, Maria Świdarska-Bróz: Oczyszczanie wody. PWN 1998



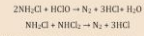
Metody usuwania azotu amonowego:

- Chlorowanie do punktu przełamania
- Wymiana jonowa
- Nitryfikacja

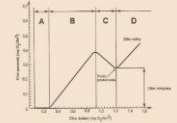
Jeżeli stosunek $\text{Cl}_2 : \text{NH}_3 \geq 7,4$ oraz $\text{pH} < 4,4$ zachodzą następujące reakcje tworzenia chloramin:



oraz rozkładu:



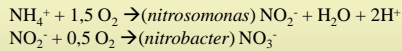
Przebieg takiego chlorowania przedstawia krzywa:



Przebieg chlorowania do punktu przełamania: A - zużycie chloru na związki organiczne i nieorganiczne, B - powstawanie chloramin i związków chloroorganicznych, C - reakcja chloramin z związkami chloroorganicznymi, D - wolny chlor, pozostałe związki organiczne.

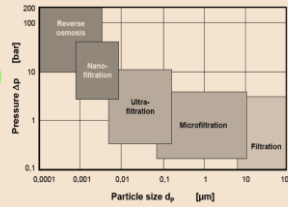
Nitryfikacja:

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



Wody zasolone

- Substancje występujące w wodach występują jako:
 - zawiesiny ($>0,5 \mu\text{m}$)
 - koloidalne (1 nm - 500 nm)
 - rozpuszczone ($< 1 \text{ nm}$)



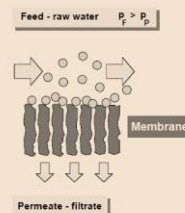
Według IUPAC z układem koloidalnym mamy do czynienia, gdy rozmiary cząstek fazy rozproszonej (cząstek chemicznych lub ich agregatów) albo rozmiary nieciągłości układu koloidalnego są, przynajmniej w jednym kierunku, w przedziale od 1 nm do 1 μm .

Ultrafiltration with pre-coagulation in drinking water production

Literature review. Philipp Meier, Farhad Salehi, Christian Kazner, Thomas Wintgens, Thomas Melin

nano	n	10^{-9}	miliardowa
mikro	μ	10^{-6}	milionowa
mili	m	10^{-3}	tysięczna
centy	c	10^{-2}	setna
decy	d	10^{-1}	dziesiąta
		1	jeden
deka	da	10^1	deka
hekto	ha	10^2	hekto
kilo	k	10^3	kilo
mega	M	10^6	mega
giga	G	10^9	giga
tera	T	10^{12}	tera

Odwrócona osmoza



Ultrafiltration with pre-coagulation in drinking water production

Literature review. Philipp Meier, Farhad Salehi, Christian Kazner, Thomas Wintgens, Thomas Melin

Membrana zatrzymuje zanieczyszczenia organiczne i nieorganiczne oraz rozpuszczone w wodzie ciała stałe, metale ciężkie, pierwiastki radioaktywne, przepuszczając tylko cząsteczki czystej wody.

Membrana posiada porowatość zbliżoną do cząsteczki wody tj. **0,0001 mikrona (mikron = 0,001 mm)**

bakteria 0,2-1,0 mikrona

wirus 0,02-0,4 mikrona

otwór w membranie 0,0001 mikrona

68

Fig. 1. Pretreatment plant. RW: Raw Water = Groundwater, C: Chlorination, SF: Sand Filter, AC: Activated Carbon, CF: Cartridge Filter, A: Antiscalant addition PW: Pretreated Water, RO: Reverse osmosis unit, UV: Ultra violet TW: treated Water.

Groundwater treatment by reverse osmosis: Effect of brine recycling on fouling.

M. Belkacem*, S. Bakhti, S. Aomraou. *Desalination and Water Treatment* 9 (2009).

Lotne związki organiczne (VOC)

Do lat 1980 1,1,2-tetrachloroetan był surowcem do produkcji innych chlorowanych węglowodorów. Był komercyjnie wykorzystywany do odfuszczenia powierzchni metali, był też składnikiem rozpuszczalników. Może nadal pojawiać się w środowisku jako produkt przejściowy lub uboczny z produkcji wielu różnych chlorowanych związków organicznych.

1,1,2-Trichloroetan jest płynnym związkiem organicznym o zapachu podobnym do chloroformu. Jest on wykorzystywany do produkcji chlorku winylu, który następnie służy do produkcji tworzyw i włókien syntetycznych. Głównym źródłem trichloroetanu w wodzie pitnej są zrzuty przemysłowe (odfuszanie powierzchni).

Metody usuwania tego typu związków polegają na adsorpcji na węglu aktywnym w połączeniu ze przemyśnianiem powietrzem (wypełnione napowietrzane kolumny).

Potential treatment technologies for removing 1,1,2-tetrachloroethane from water include air stripping and activated carbon. Air stripping involves the continuous contact of air with the water being treated, allowing dissolved volatile contaminants to transfer from the source water to the air. Compounds that have a Henry's Law Constant above that for dibromochloropropane (0.003 mol/mol) or that for ethylene dibromide (0.013 mol/mol) are considered to be amenable to air stripping (Speth et al., 2001). The Henry's Law Constants for 1,1,2-tetrachloroethane have been reported to be 0.012 mol/mol and 0.016 mol/mol (Speth et al., 2001). Granular activated carbon (GAC) treatment removes contaminants via the physical and chemical process of sorption: the contaminants attach to the carbon surface as water passes through the carbon bed. Contaminants with an adsorption capacity, expressed as the Freundlich isotherm constant (K), above 200 µg/g (L/µg)^{1/n} are considered to be amenable to GAC treatment (Speth et al., 2001). Speth and Adams (1993 as cited in Speth et al., 2001) report that the Freundlich (K) value for 1,1,2-tetrachloroethane is 823 µg/g (L/µg)^{1/n}.

Prawo Henry'ego – rozpuszczalność gazu w cieczy jest proporcjonalna do jego ciśnienia $x_1 = H \cdot P_1$

Izoterma Freundlicha:

$$\frac{y}{m} = K \cdot (C)^{\frac{1}{n}}$$

EPA Drinking Water Health Advisory for 1,1,2-Tetrachloroethane

Siarkowodór

Water treatment options for removing hydrogen sulphide

Chlorination and sand filter
One method for removal of H₂S is to install a chlorine feeder and a sand filter. The H₂S is oxidized by the chlorine and any insoluble sulphide particles that form are removed by a sand or crushed anthracite filter. Approximately 2 mg/L chlorine must be added to remove 1 mg/L H₂S. It may be necessary to install a small cartridge filter containing activated carbon on the drinking water tap to eliminate the chlorine taste. A full sized carbon filter is often used to remove the chlorine from the distribution system. This is an excellent alternative for situations where the water contains some iron along with the H₂S.

Chlorination and activated carbon filter
The second method is to install a chlorine feeder and an activated carbon filter. As with the previous method, the H₂S is oxidized by the chlorine and the insoluble sulphide particles are removed by the activated carbon filter. This filter also removes any residual chlorine that is left after oxidation of the hydrogen sulphide. An activated carbon filter requires a lower backwash rate than a sand filter, but a sand filter has a higher maximum service flow rate. This system is most appropriate in situations where there is only H₂S present and no significant amount of iron. The chlorinator is wired to the pressure switch so that the chlorinator is activated when the water pump switches on. The retention tank is installed to ensure sufficient mixing and contact time to complete the oxidation process. It should be large enough to retain water for at least 5 minutes at peak filter capacity (as a minimum, a 42 gallon retention tank is recommended). A valve should be provided at the bottom of the retention tank to drain any sediment. Chlorine test valves should be installed just after the pressure tank and just before the activated carbon filter. These are needed to help check the chlorine level in the treatment system.

<http://www.naturalhandyman.com: Removing Hydrogen Sulphide Gas from Water. Alberta Agriculture, Food and Rural Development.>

Disinfection by-products in the distribution systems

José Menais & Adelaide Lopes
LNCC - Urban Water Division
Av. Brasil, 101
21040-900 Rio de Janeiro, Portugal
josel@lncc.gov.br

Produkty uboczne

Disinfection + H₂O → Disinfection By-Products (DBP)

Disinfection + H₂O → Assemblable Organic Carbon (AOC)

Legend:
- Chlorine
- Ozone
- Chlorine dioxide
- Chloramines

LNCC - Urban Water Division
WEKIN QW Conference Bratislava, 11 - 13 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



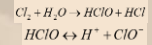
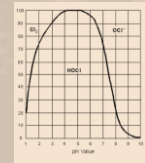
Kryptosporidioza – choroba pasożytnicza zajmująca jelita ssaków, wywołwana przez pierwotniaka *Cryptosporidium*. Choroba szerzy się drogą fekalno-oralną, a głównym objawem u ludzi ze sprawnym układem odpornościowym jest samoograniczająca się biegunka. U osób z upośledzoną odpornością zakażenie może być 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 (HOCl + 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



Ozone (O₃)

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



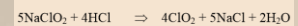
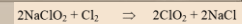
Limitations

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 (ClO₂)

ClO₂ gas is produced on-site by mixing Cl₂ 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

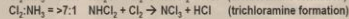
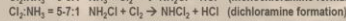
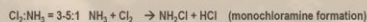
Limitations:

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)



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" (NHCl₂) and (NCl₃)
3. potential of microbiological formation of nitrate and nitrite from ammonia
4. DBP include cyanogen chloride and the carcinogen N-nitrosodimethylamine

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⁻, ClO₂⁻, ClO₃⁻, or ClO₄⁻, known commonly and respectively as chloride, hypochlorite, chlorite, chlorate, and perchlorate.

The bromate anion, BrO₃⁻



Chlorine halogenated DBPs

Other haloalkanes	Trihalomethanes (THM)	Haloacetic acids (HAA)	Haloacetones
Chloromethane	Chloroform	Bromochloroacetic acid	1,1-Dichloropropanone
Dichloromethane	Bromodichloromethane	Chloroacetic acid	1,1,1-Trichloropropanone
Bromochloromethane	Bromochloroform	Dibromoacetic acid	1,1,3-Trichloropropanone
Carbon tetrachloride	Bromochlorodichloromethane	Trichloroacetic acid	1,1,3,3-Tetrachloropropanone
Hexachloroethane			1,1,1,3,3-Pentachloropropanone
Haloalkenes	Haloacetonitriles		1,1-Dichloro-2-butanone
2-bromobutane	Bromodichloroacetonitrile		3,3-Dichloro-2-butanone
2-chloropropane	Bromochloroacetonitrile		1,1,1-Trichloro-2-butanone
Tetrachloroethylene	Dibromoacetonitrile		2,2-Dichloro-2-pentanone
Hexachlorocyclopentadiene	Dichloroacetonitrile		Haloaldehydes
Haloaldehydes	Trichloroacetonitrile		Dichloroacetaldehyde
Chloroacetaldehyde (2 isomers)	Other Halonitriles		Trichloroacetaldehyde (chloral hydrate or chloral)
Other Halomono-carboxylic acids	Cyanogen chloride		Haloesters
2-Chloropropanoic acid	Trichloropropanenitrile		1-chloroacetoacetate
2,2-dichloropropanoic acid	2,3-dichloro-3-bromopropanenitrile		2-chloroacetoacetate
2,2-dichlorobutanoic acid	3,4-dichlorobutanenitrile		Haloamides
Isomer of 2,2-dichlorobutanoic acid	cis-2,3,4-trichloro-2-butanenitrile		Haloamides
5,5-dichloro-4-oxopentanoic acid	trans-2,3,4-trichloro-2-butanenitrile		2-Chloropropanol
Unsaturated Halo-carboxylic acids	Halonitriles		2,4-Dichlorophenol
3,3-dichloropropenoic acid	Chloropropene		2,4,6-Trichlorophenol
Haloaromatic acids	MX and analogues		
Dichlorohydroxybenzoic acid	3-chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(SH)-furanone (MX)		
Other Haloaromatics	(E)-2-chloro-3-(dichloromethyl)-4-oxobutenoic acid (EMX)		
Chlorobenzene	3-chloro-4-(dichloromethyl)-2(SH)-furanone (red-MX, for reduced MX)		
1,3-dichlorobenzene	(E)-2-chloro-3-(dichloromethyl)-butenedioic acid (ox-EMX, for oxidized EMX)		
1,4-dichlorobenzene	2,3-dichloro-4-oxobutenoic acid (mucoschloric acid)		
1,2-dichlorobenzene	Other haloaromatics		
Chlorobutane	5-hydroxy-2-trichloromethyl-5-furanone		
(2-chloroethyl)-benzene	Isomer of 5-hydroxy-2-trichloromethyl-5-furanone		

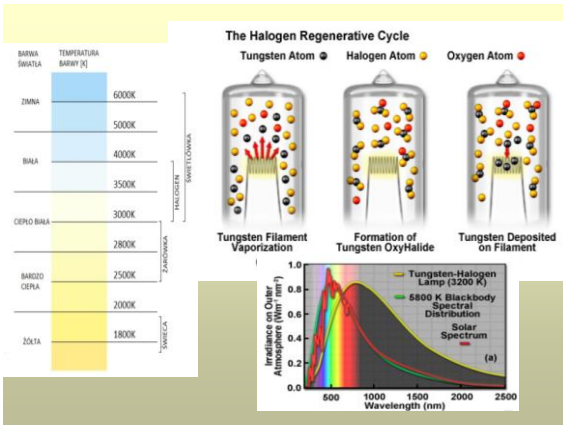
Mutagen X is a chemical that forms as a byproduct of chlorine reacting with organic matter in drinking water. It has no commercial uses, and is produced intentionally only in laboratories where it is studied.

Its etymologic name comes from the fact that its chemical makeup 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(SH)-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 (CHCl₃, CHCl₂Br, CHClBr₂, CHBr₃).

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



Chlorine non-halogenated DBPs

Monocarboxylic acids	Aromatic carboxylic acids
2,2-dimethyl-1-(2-hydroxy-2-methyl propanoic acid)	Benzoic acid
Butanoic acid	3-hydroxybenzoic acid
2-methylbutanoic acid	3-methylbenzoic acid
Pentanoic acid	4-methylbenzoic acid
Hexanoic acid	3,4-dihydroxybenzoic acid
Heptanoic acid	Trihydroxybenzoic acid
Octanoic acid	Phenylacetic acid
Nonanoic acid	1,2-benzenedicarboxylic acid
Decanoic acid	1,3-benzenedicarboxylic acid
Undecanoic acid	1,4-benzenedicarboxylic acid
Dodecanoic acid	Methylbenzenedicarboxylic acid (2 isomers)
Tridecanoic acid	Dimethylbenzenedicarboxylic acid
Tetradecanoic acid	1,2,3-benzenetricarboxylic acid
Pentadecanoic acid	1,2,4-benzenetricarboxylic acid
Hexadecanoic acid	1,3,5-benzenetricarboxylic acid
Heptadecanoic acid	Heterocyclic carboxylic acids
Octadecanoic acid	5-methyl-2-furancarboxylic acid
19-octadecanoic acid	Methylfuranicarboxylic acid
Dicarbonyl acids	Aromatic nitriles
Propanedioic acid	Benzeneacetonitrile
cis-butenedioic acid	Other aromatic compounds
trans-butenedioic acid	Benzene
2,2-dimethyl butanedioic acid	Toluene
Pentanedioic acid	o3-benzene (2 isomers)
Hexanedioic acid	
2-methylpentanedioic acid	
2,2-dimethyl pentanedioic acid	
Hexanedioic acid (+2 isomers)	
Heptanedioic acid	
Octanedioic acid	
Nonanedioic acid	
Isomer of nonanedioic acid	
Tridecanedioic acid	

Ozone DBPs

Inorganic compounds	Aromatic aldehydes	Other aromatic compounds	Monocarboxylic acids
Bromate	Benzaldehyde	Naphthalene	2-methylpropanoic acid
Hypobromite	Ethyl benzaldehyde	Undecane	2-methylpentanoic acid
Hydrogen peroxide	Aliphatic ketones	Cyclododecane	Heptanoic acid
Aliphatic aldehydes	Acetone		Pentanoic acid
Formaldehyde	Butanone		Decanoic acid
Cyanoformaldehyde	Dioxobutane		Tridecanoic acid
Acetaldehyde	Dioxopentane		Tetradecanoic acid
Propional	3-methylcyclopentanone		Hexadecanoic acid
Methylpropanal	2,6-bis-(1,1-dimethylethyl)-2,5-cyclohexadiene-1,4-dione		9-hexadecenoic acid
Butanal	6-methyl-5-hepten-2-one		Hexacosanoic acid
Methylbutanal	2,8-dimethyl-2,5-heptadiene-4-one		Ketoacids
Pentanal	6,10-dimethyl-5-undecadiene-2-one		Pyruvic acid (2-oxopropanoic acid)
Methylpentanal	Heptadecanone		1,2-dioxopropanoic acid
Hexanal	Dicarboxylic acids		Ketomalonic acid (oxopropandioic acid)
Methylhexanal	ter-butyl-cis-butenedioic acid (tert-butylmaleic acid)		Oxobutanoic acid
2-hexenal	Oxobutanedioic acid		Nonanoic acid
Hepanal	Oxopentanedioic acid		Decanoic acid
Methylheptanal	Benzoic acid		4-oxopentanoic acid
Nonanal	Phthalic acid		Hexacosanoic acid (ketosuccinic acid)
Decanal	Aldoacids		oxopentanedioic acid (ketoglutaric acid)
2-methyldecanal	Glyoxylic acid		
Undecanal	Dioxopropanoic acid		
Dodecanal	Diketones		
Tridecanal	Dimethylglyoxal		
Dialdehydes	Dioxopentane		
Glyoxal	Phenols		
Butanedial	4-methoxy-tert-butylphenol		
Ketoaldehydes			
Methyl glyoxal			
Ethyl glyoxal			
Nitriles			
Benzeneacetonitrile			

In the presence of high bromide levels

Inorganic compounds	Bromoketones
Bromate	1,1-dibromacetone
Hypobromite	Bromonitriles
Trihalomethanes	Cyanogen bromide
Bromoform	Bromoacetates
Bromoacetic acids	Bromopropion (tribromomethane)
Dibromoacetic acid	

Chloramine DBPs

Trihalomethanes	Haloacetic acids	Halonitriles
Chloroform	Chloroacetic acid	Cyanogen chloride
Bromodichloromethane	Dichloroacetic acid	Dichloroacetonitrile
Dibromochloromethane	Trichloroacetic acid	Bromochloroacetonitrile
Bromoform	Dibromoacetic acid	Dibromoacetonitrile
Haloaldehydes	Haloacetones	Halonitriles
Trichloroacetaldehyde (chloral hydrate)	1,1-dichloropropanone	Chloropropion (trichloromethane)
	1,1,1-trichloropropanone	N-nitrosodimethylamine

Chlorine dioxide DBPs

Inorganic compounds

Chlorite
Chlorate

Aliphatic monocarboxylic acids

Butanoic acid
Pentanoic acid
Hexanoic acid
2-ethylhexanoic acid
Heptanoic acid
Octanoic acid
Nonanoic acid
Decanoic acid
Undecanoic acid
Tridecanoic acid
Tetradecanoic acid

Dicarboxylic acids

tert-butylmaleic acid (tert-butyl-cis-butenedioic acid)
2-ethyl-3-methyl maleic acid (2-ethyl-2-methyl-cis-butenedioic acid)

Aromatic acids

Benzoic acid
Ethyl glyoxal

Aldehydes

Propanal
Methylpropanal
3-methylbutanal
Pentanal
Hexanal
Heptanal
Octanal
Ethylbenzaldehyde

Esters

Hexanedioic acid
Diethyl ester

Halogenated ketones

1,1,3,3-tetrachloropropanone
Unsaturated ketones

2,3,4-trimethyl-2-cyclohexene-1,4-dione

Propanal

2,6,6-trimethyl-2-cyclohexene-1,4-dione

Halogenated aromatics

1-chloroethyl-dimethylbenzene

Other aromatic compounds

3-ethylstyrene
4-ethylstyrene
Naphthalene
1-methylnaphthalene
2-methylnaphthalene



Factors influencing DBP formation

Water quality

- NOM concentration / speciation
- Temperature
- pH
- Bromide

Treatment

- Disinfectant type and dose
- Coagulant type and dose
- Disinfection contact time
- pH adjustment



DBPs control

Removal of precursor materials

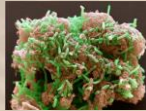
- Coagulation
- Granular activated carbon adsorption
- Membrane filtration
- Powder activated carbon adsorption

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



Procesy w stacji uzdatnia wody „Miedwie”

1. Czerpanie i pompowanie wody z jeziora Miedwie (pompownia P1)
2. Utlenianie wstępne – ozonowanie
3. Koagulacja i sedymentacja
4. Filtracja pospieszna – złożo antracytowo-piaskowe
5. Ozonowanie pośrednie
6. Adsorpcja na filtrach węglowych
7. Dezynfekcja dwutlenkiem chloru