

ABBANO A	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

**APPUNTI
PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE
IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE**

MODULO 4

LA DISINFEZIONE

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

1 LA DISINFEZIONE

Abbiamo visto che dobbiamo considerare la disinfezione come una fase di processo definita ed estremamente importante.

Costituisce l'ultima fase di trattamento e dalla sua corretta conduzione dipende l'ottenimento di un'acqua priva di batteri patogeni e, soprattutto, priva di sottoprodotti che, ricordiamo, sono dipendenti dal modo con cui agiscono i diversi disinfettanti.

Sempre nei moduli precedenti abbiamo visto che la disinfezione deve essere divisa in due fasi:

- 1) Disinfezione di processo, finalizzata all'abbattimento dei batteri presenti;
- 2) Dosaggio del disinfettante per la copertura della rete.

In funzione delle decisioni assunte in fase di definizione del processo di trattamento possiamo utilizzare disinfettanti diversi per il processo e per la rete, o lo stesso disinfettante.

Prima di entrare nel merito del processo, si presentano alcuni aspetti generali e storici sulla disinfezione

L'acqua è un alimento indispensabile per la sopravvivenza ma può veicolare microrganismi patogeni e sostanze dannose ed è stata quindi causa di trasmissione di malattie infettive nel passato anche recente. Secondo l'OMS (l'Organizzazione Mondiale della Sanità) ancora oggi più di nove milioni di persone muoiono ogni anno a causa di patologie provocate dal consumo di acqua non idoneamente sottoposta a disinfezione.

Nel mondo non industrializzato il problema sussiste ancora: l'acqua è veicolo di malattie come il colera, l'epatite, etc.

In molte aree la disponibilità della risorsa idrica è ben lontana dai 70-150 l/giorno per ciascun individuo. Esistono purtroppo delle realtà dove non si arriva neanche ai 5 l/giorno. In questi casi la risorsa idrica non è sufficiente a soddisfare il fabbisogno quotidiano che comprende non solo la quantità necessaria all'uomo per il mantenimento del bilancio idrico ma anche di quella necessaria per altri usi indispensabili quali il lavaggio, la cottura degli alimenti la pulizia degli indumenti e della casa. Ciò rende molto probabile il diffondersi di malattie. E' indispensabile prevenire tale evenienza assai pericolosa per la popolazione.

L'acqua quindi viene prelevata dall'ambiente e trattata con applicazione di tecnologie, più o meno complesse, per renderla idonea agli utilizzi generali, ed al consumo diretto.

Le qualità delle acque destinate al consumo umano sono regolate in Italia da leggi molto recenti quali il decreto legge numero 31 del 25 dicembre 2001. Questa normativa ha concezioni innovative rispetto alla normativa precedente. Innanzitutto la definizione: *"Acque trattate o non trattate destinate ad uso potabile, per la preparazione di cibi e bevande e per altri usi domestici a prescindere dalla loro origine, siano esse fornite mediante la rete di distribuzione, mediante cisterna, in bottiglie o in contenitori"*.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

Dunque tutta l'acqua che in qualche modo è utilizzata direttamente o indirettamente, attraverso manipolazione per la preparazione del cibo, deve essere acqua potabile.

Tutte le acque destinate a consumo umano devono essere potabili

Requisiti igienici dell'acqua potabile:

- buona accessibilità,
- innocuità (inderogabile)
- gradevolezza (auspicabile)

Ad un'acqua potabile si richiede soprattutto l'**innocuità**, cioè che possa essere utilizzata per tutta la vita senza che si crei un danno alla salute. In nessun caso infatti, devono essere destinate al consumo umano acque che possono rappresentare un rischio di danno, anche solo potenziale per i loro utilizzatori. Se ciò dovesse avvenire potrebbero infatti verificarsi numerosi effetti (tossici, infettivi, mutageni, cancerogeni, etc.) di tipo ed entità diversi in funzione delle caratteristiche qualitative e quantitative degli agenti inquinanti presenti nell'acqua.

L'accertamento dei requisiti di qualità e dell'idoneità all'utilizzo è normato dal D.Lgs 31/01. Questo decreto prevede sia un controllo interno a cura del Gestore del Servizio Idrico Integrato che si avvale di laboratori di analisi interne ovvero stipula apposita convenzione con altri gestori dei servizi idrici, sia un controllo esterno da parte degli organismi di controllo che in Italia sono individuati nei SIAN che si avvale dell'ARPA. Le verifiche sono effettuate tenendo conto dei rischi derivanti dalla dimensione della popolazione esposta, e quindi differenziati in quantità e qualità dei parametri in ragione della dimensione dell'acquedotto in termini di popolazione servita o mc. erogati al giorno. Per l'idoneità all'utilizzo, o comunque per favorire il consumo di acque che in seguito ai trattamenti rispondono ai criteri di sicurezza d'uso è però necessario far sì che l'acqua sia anche gradevole, cioè deve riscuotere sia sotto l'aspetto olfattivo che gustativo la più ampia accettabilità da parte dei suoi utilizzatori. Il sapore di cloro è la garanzia dell'innocuità anche se potrebbe essere dosato in modo da non conferire il caratteristico odore e sapore.

Circa il 75% dell'acqua erogata in Italia è sottoposta a disinfezione prima di essere distribuita.

Un censimento realizzato nel 1997 da Federgasacqua, ha fornito i seguenti dati:

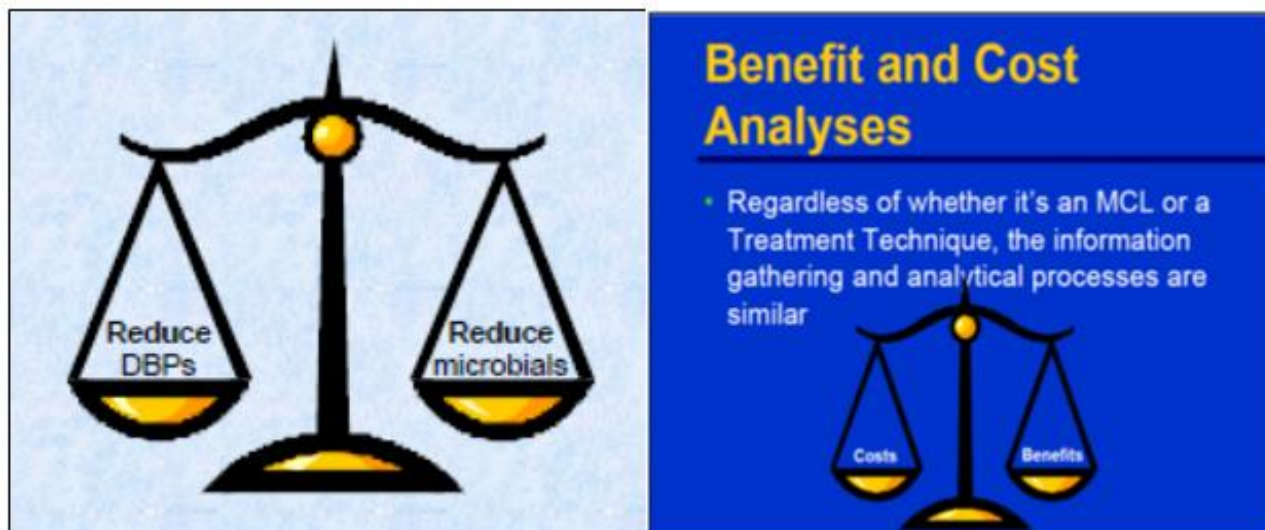
- il 13% delle acque erogate non viene sottoposto ad alcun trattamento di disinfezione;
- il 45% delle acque erogate subisce un trattamento di ossidazione primaria;
- il 26% delle acque erogate subisce un trattamento di ossidazione intermedia;
- l'80% delle acque erogate subisce un trattamento di disinfezione finale.

L'obiettivo di fornire ai consumatori prodotti alimentari sempre più sicuri porta il Legislatore ad un continuo aggiornamento dei criteri di qualità. L'acqua, da considerarsi alimento principe, non sfugge a questa esigenza ed assistiamo ad un continuo restringimento dei criteri di qualità che spesso confliggono con altre esigenze, quali quella di assicurarne la sicurezza d'uso e l'assenza di indici microbici di inquinamento.

Garantire una ottimale disinfezione delle acque potabili è sicuramente difficoltoso quando si analizzano il complesso delle problematiche connesse all'impiego dei disinfettanti conosciuti e dell'insieme della reattività di questi con le sostanze organiche ed inorganiche contenute nelle acque.

La presenza di contaminanti di natura biologica nelle acque ha particolare rilevanza per le possibili conseguenze sulla salute dell'uomo. L'organismo umano espelle con le feci organismi (patogeni) capaci di provocare malattie trasmesse per via idrica, perché raggiungono l'ambiente acquatico, attraverso differenti modalità e che possono infettare e dare origine a patologie in altri soggetti, garantendo, in tal modo, la circolazione dei patogeni (ciclo fecale-orale). Nelle acque vengono a ritrovarsi anche microrganismi non patogeni la cui presenza nell'ambiente idrico costituisce un indice indiretto e teorico della eventuale contemporanea presenza di patogeni. Essi costituiscono il gruppo dei microrganismi indicatori di contaminazione fecale. L'analisi batteriologica verte proprio sulla ricerca di questi "indicatori" essenzialmente per motivi di ordine pratico, legati alla relativa semplicità nel loro rilevamento a fronte della ricerca dei patogeni.

L'esame microbiologico delle acque dà la possibilità di verificare l'eventuale presenza dei microrganismi presenti in esse, mediante valutazioni quali-quantitative basate su tecniche analitiche che ne permettono l'evidenziazione e/o lo sviluppo.



L'analisi microbiologica riveste particolare importanza quando si considerino acque destinate all'approvvigionamento idrico-potabile sia in relazione alla loro qualità in funzione del trattamento di disinfezione cui debbono essere sottoposte, sia dopo la loro immissione nella rete idrica. Analogamente, con il controllo microbiologico si definisce la qualità di acque superficiali, quando vengano destinate ad usi a rilevanza igienico-sanitaria e di acque reflue che, con il loro apporto inquinante, influenzano e modificano le caratteristiche del corpo idrico recettore (fiume, lago, mare).

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

I metodi batteriologici tradizionali sono basati sulla semina in idonei terreni di coltura, in genere liquidi, e sulla incubazione in specifiche condizioni, di aliquote dell'acqua da esaminare.

Dopo incubazione la presenza o l'assenza del microrganismo ricercato nell'aliquota di campione seminata viene messa in evidenza sulla base della eventuale variazione subita dal terreno insemato (intorbidimento, cambiamento di colore, ecc.). Eventuali prove successive, partendo dalla coltura iniziale, costituiscono prove di conferma alle quali possono fare seguito ulteriori saggi per la definitiva identificazione dei microrganismi ricercati.

Utilizzando terreni differenti ed opportune temperature di incubazione, è possibile rendere selettivo il metodo al fine di coltivare solo i gruppi microbici di interesse e, talora, una singola specie batterica.

Diversamente, la ricerca di organismi di altra natura (virus, parassiti, metazoi) comporta l'uso di metodologie complesse, generalmente costose, specifiche per l'organismo o il gruppo di organismi ricercati e applicabili da personale specializzato. Inoltre, generalmente, queste tecniche forniscono risposte in tempi lunghi necessitando fasi diverse di preparazione del campione legate anche all'esigenza di concentrare grandi volumi di acqua in relazione all'ampia variabilità delle concentrazioni dei patogeni nelle acque.

1.1 Disinfezione e sottoprodotti

Lo svantaggio nell'utilizzare prodotti nella disinfezione è che si ha la produzione di sottoprodotti dannosi per la salute umana. L'attuale normativa italiana, derivata dalla direttiva 98/83 CE definisce in quest'ottica valori di parametro per tutti i sottoprodotti. Nei moduli precedenti abbiamo visto problematiche delle acque superficiali presenti in Sardegna, derivate essenzialmente da bacini artificiali con spiccate condizioni di eutrofia.

Questo fatto si traduce principalmente, non considerando le problematiche connesse alle fioriture algali, in elevati contenuti di sostanze organiche di derivazione umica e fulvica con stagionali problemi di presenza di ammoniaca, ferro e manganese ridotti, quindi in forma più solubile, bassi valori di torbidità di origine minerale, ed elevata colorazione. In funzione di cosa abbiamo nelle nostre acque, e, dei rendimenti e della qualità ottenuta con i trattamenti chimici e chimico fisici si corre il rischio di produrre:

- Ione bromato, legato all'impiego dell'ozono;
- Thm, derivanti dalla reazione del cloro con le sostanze organiche;
- Ione clorito, derivante dall'impiego del biossido di cloro;
- Ione nitrito legato all'impiego della cloroammina

l'immagine sottostante evidenzia un aspetto importante della nostra azione e nelle nostre scelte: riuscire a discriminare fra costi e benefici, dove nei costi inseriamo tutto quello che direttamente o indirettamente viene provocato dal tipo di reattivo che abbiamo scelto per il nostro processo di trattamento, che in modo pratico si traduce nella seguente valutazio-

ne: riuscire a bilanciare l'impiego dei disinfettanti fra risultati della fase e contenimento entro valori accettabili dei sottoprodotti

Abbiamo visto inoltre che i rendimenti possibili nell'abbattimento dell'organico sono strettamente legati alle caratteristiche delle acque ed al contenuto delle sostanze organiche tanto che, gran parte del nostro lavoro deve essere finalizzato a massimizzare i rendimenti della fase di coagulazione flocculazione.

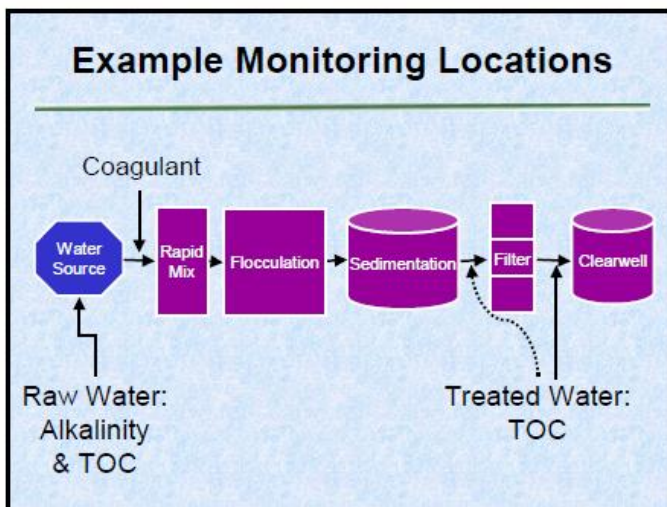
Ricordiamo la seguente tabella:

Rimozione percentuale			
La rimozione possibile dipende dalle caratteristiche delle acque disponibili			
Acqua grezza - TOC (mg/l)	Alcalinità - mg/l CaCO3		
	0-60	>60 - 120	>120
>2.0 - 4.0	35.0%	25.0%	15.0%
>4.0 - 8.0	45.0%	35.0%	25.0%
>8.0	50.0%	40.0%	30.0%

Che, in pratica ci porta a queste valutazioni, con un esempio pratico:

Con un'acqua grezza che presenta un'alcalinità di 65 mg/l di CaCO3, ed un TOC di 9 mg/l, dobbiamo aspettarci nella fase di flocculazione un rendimento del 40%, e quindi un valore di TOC pari a $9 \times (1 - 0,4) = 5,4$, un valore sicuramente elevato e che quindi ci porta a presagire una situazione di rischio in quanto (essendo i disinfettanti ossidanti) si avrà un elevato consumo e quindi la possibilità di molti sottoprodotti.

Se ricordiamo quanto abbiamo visto in relazione ai controlli ed alla scelta dei punti di monitoraggio, diventa evidente che in questi casi il controllo dell'alcalinità e delle sostanze organiche assume una importanza elevata proprio per valutare correttamente la scelta e l'uso del disinfettante. La formazione di sottoprodotti dipende da alcune caratteristiche dell'acqua da trattare e del processo di trattamento:



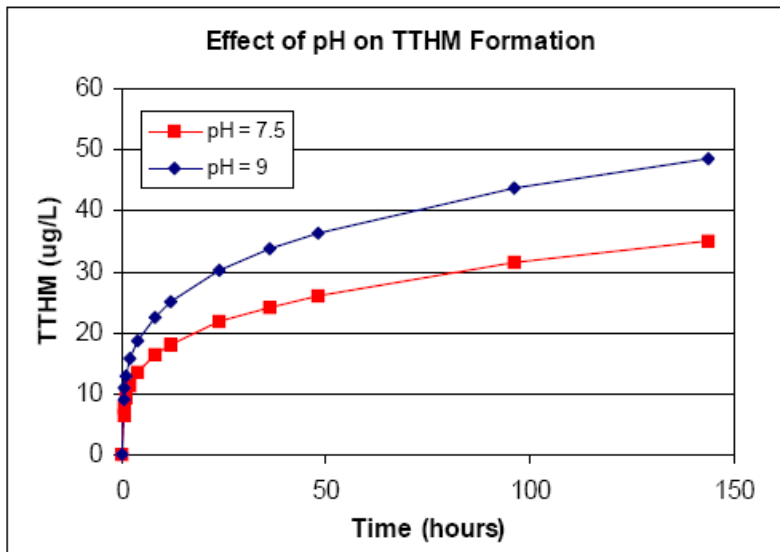
La formazione di sottoprodotti dipende da alcune caratteristiche dell'acqua da trattare e del processo di trattamento:

- > pH dell'acqua
- > carbonio organico totale (sia come concentrazione sia come tipo di molecola)
- > dose di disinfettante applicata
- > tempo di contatto
- > temperatura dell'acqua

- concentrazioni dello ione bromuro nell'acqua
- metodi di pretrattamento

La formazione dei DBP (disinfection by-products) deve essere controllata soprattutto nei processi di potabilizzazione e distribuzione delle acque superficiali.

Per alcuni disinfettanti è anche possibile valutare con apposite formule quanti sottoprodotti verranno formati nelle condizioni di impianto, ad esempio i THM derivati dal cloro.



Source: Plot obtained using the mathematical model developed by Amy et al. (1987).

La figura seguente riporta la previsione di produzione di THM a diversi pH calcolati con le formule richiamate:

Fonte EPA

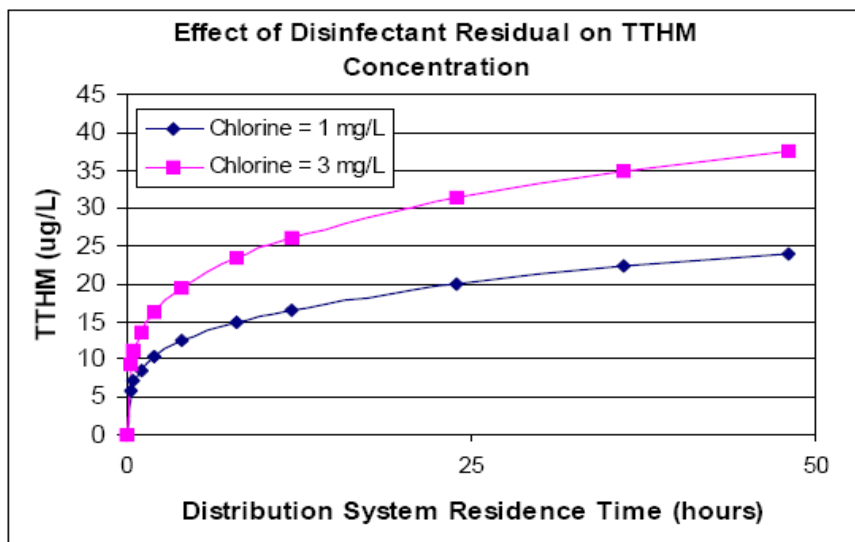
Sotto il termine DBP, nel caso di trattamenti di clorazione, si includono centinaia di sostanze. Esse possono essere raggruppate in tre categorie principali:

- composti che provocano potenziali effetti nocivi (composti tossici, genotossici e cancerogeni);
- composti organici che possono essere utilizzati come nutrienti, cioè che favoriscono la crescita microbica nell'acqua trattata;
- composti che conferiscono all'acqua trattata sapori e odori sgradevoli, come gli organoalogenati

Si è riscontrato, però, che tali molecole sono solo alcune delle sostanze organiche alogenate che si formano in seguito alla reazione tra il cloro e le sostanze organiche presenti nell'acqua.

Esistono quindi due tipi di problemi ben diversi che derivano dal consumo dell'acqua:

- 3) rischi acuti, associati a malattie epidemiche diffuse attraverso l'acqua;
- 4) rischi a lungo termine, dovuti all'esposizione a sottoprodotti di disinfezione considerati mutageni (che possono cioè causare mutazioni nel DNA) in base a test tossicologici



Source: Plot obtained using the mathematical model developed by Amy et al. (1987).

E' quindi estremamente importante che le nuove tecnologie puntino a garantire una buona qualità sanitaria dell'acqua distribuita, sotto tutti i punti di vista.

Ricordiamo inoltre, come già evidenziato nel corso dei diversi moduli che la nostra acqua, quella prodotta nei vostri impianti, deve essere ancora tra-

portata e che il totale dei sottoprodotti da considerare è quella che troveremo nei punti d'uso. L'immagine riportata sopra evidenzia come aumentano i THM a partire dall'impianto (punto al tempo 0) sino a 50 ore dopo.

Nella generalità, la scelta del reagente da impiegare deve essere fatta considerando l'esigenza di garantire un'adeguata disinfezione ed evitare la ricrescita batterica nella fase di distribuzione ma dipende soprattutto da alcune caratteristiche del reagente stesso, quali il costo, il titolo in cloro e la stabilità ma soprattutto dalla possibilità di controllare i valori di sottoprodotti derivanti dall'uso dell'uno o dell'altro disinfettante. Il dosaggio dipende dalle condizioni in cui viene utilizzato, dalla qualità dell'acqua da trattare e dall'esigenza di mantenere un residuo di disinfettante attivo nella rete di distribuzione. L'efficacia del processo dipende dalle caratteristiche del disinfettante scelto, dalla tecnologia applicata e da numerose caratteristiche dell'acqua stessa (temperatura, pH, microrganismi contenuti).

È infatti necessario valutare con accuratezza vantaggi e svantaggi delle varie tecniche di disinfezione non solo in relazione alle specifiche metodiche da impiegare ma anche in relazione alle caratteristiche chimiche, chimico-fisiche e microbiologiche delle acque da trattare ed alla integrità / vulnerabilità della rete di distribuzione dell'acqua. Pertanto, se l'attuale livello di conoscenza scientifica rende ancora difficile la scelta delle migliori tecnologie di disinfezione e dei più appropriati processi di trattamento, è quanto mai prioritaria l'attenzione alla salvaguardia della salute pubblica.

Primary / Secondary	Typical application*	Comment
Chlorine/Chlorine	Low THMFP raw water, low TOC, conventional treatment with optimal coagulation.	Most commonly used disinfection scheme. Effective system.
Chlorine/Chloramine	Moderate THM production situation, typically with conventional treatment.	Chlorine to provide disinfection and monochloramine to limit DBP formation.
Chlorine dioxide/Chlorine dioxide	High DBP production, require filter process to remove <i>Cryptosporidium</i> , low chlorine dioxide demand in treated water.	Primary and secondary usage requires a limit on chlorine dioxide dose to reduce residual chlorate/chlorite.
Chlorine dioxide/Chloramine	High DBP production, require filtration to remove <i>Cryptosporidium</i> .	Primary chlorine dioxide dose limited to residual chlorate/chlorite. Stable, low reactive secondary disinfectant.
Ozone/Chlorine	Moderate DBP formation, direct or no filtration, low THMFP.	Highly effective disinfection to achieve high log inactivation; low THMFP to accept free chlorine.
Ozone/Chloramine	Moderate DBP formation, direct or no filtration, higher THMFP.	Highly effective disinfection to achieve high log inactivation, low THMFP to require combined chlorine residual.
UV/Chlorine	Requires membrane treatment to provide effective <i>Giardia</i> and <i>Cryptosporidium</i> removal. UV only for virus inactivation; ground water disinfection; low THMFP.	Rare application but feasible in special circumstances. Little <i>Giardia</i> and no <i>Cryptosporidium</i> inactivation.
UV/Chloramine	Requires membrane treatment to provide effective <i>Giardia</i> and <i>Cryptosporidium</i> removal. UV only for virus inactivation; ground water disinfection, moderate THMFP.	Rare application but feasible in special circumstances. No <i>Giardia</i> or <i>Cryptosporidium</i> inactivation.

La tabella precedente, estratta da uno studio dell'EPA analizza proprio le diverse situazioni che si possono presentare ed ipotizza l'impiego di diversi disinfettanti per la disinfezione e la copertura della rete.

1.2 Reattivi per la disinfezione

Prima di entrare nell'argomento reattivi faremo un approfondimento sui concetti applicativi della disinfezione che, come visto nel primo modulo richiede oggi un approccio più scientifico per gestire le possibili situazioni operative che potete trovare nei singoli impianti.

Impianto per impianto deve essere valutato cosa può accadere e definire la Piano di Gestione l'insieme delle attività e misurazioni da adottare in funzione delle caratteristiche delle acque e di come le diverse sezioni di processo interagiscono fra loro.

Essendo la disinfezione un processo chimico ed i cui rendimenti dipendono da cosa abbiamo ottenuto nelle fasi precedenti, i parametri operativi devono essere definiti dal processista valu

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

tando le rese di abbattimento della carica batterica a partire dalla preossidazione che, pur non essendo una vera disinfezione, attiva sicuramente fenomeni di abbattimento ricordando che i reattivi ossidanti sono anche disinfettanti.

I parametri assegnati al conduttore per la disinfezione saranno quindi dipendenti da tutte queste valutazioni di cui faremo di seguito alcuni esempi.

- a) Il piano di gestione, derivato da osservazioni sul processo che tengono conto di un periodo adeguato, definisce le rese possibili nelle singole fasi
- b) Viene definito il CxT complessivi delle fasi a monte della disinfezione, individuando il CxT per la disinfezione.

Si introduce quindi, in modo pratico, un concetto fondamentale per il dimensionamento e la verifica della fase di disinfezione, ossia il CxT, tempo di contatto e concentrazione residua del disinfettante. Questa grandezza è oggi definita per ogni reagente e microorganismo che vogliamo ridurre, ed è un valore definito proprio nel piano di gestione. Il conduttore deve quindi accertare, sulla base delle condizioni operative se il valore di disinfettante, nell'impianto assegnato, garantisce questo valore.

Ricordando quanto abbiamo visto sulle misure, i parametri che nell'ambito del monitoraggio quotidiano risultano necessari in questa fase sono:

- • Concentrazione residua del disinfettante
- • Picco di portata giornaliera
- • Temperatura
- • pH (solo per il cloro o ipocloriti).

1.3 Utilizzo del Valore CxT per il dimensionamento della disinfezione

Il metodo del CT è usato per valutare la performance di disinfezione che un impianto di potabilizzazione può garantire e quindi garantire la conformità agli standard normativi. Per garantire il processo utilizzerà come riferimento il CT richiesto per la rimozione e/o l'inattivazione fisica di 4-log_s dei virus (concetti già espressi nella parte generale

La stima del CT stima corrispondente alla inattivazione dei virus sino a 4-log sono la base per la determinazione dei risultati ottenuti dal impianto.

Le informazioni operative richieste per usare le tabelle CT includono:

- - tipo disinfettante;
- - temperatura;
- - pH (per cloro soltanto);
- - concentrazione disinfettante residua.

Usando le informazioni del monitoraggio, il valore di CT che corrispondono alle inattivazioni di 4-log_s dei virus (CT_{4-log}, virus) possono essere letti dalle tabelle CT che riportiamo di seguito e che devono essere presenti nel Piano di Gestione dell'Impianto.

Quindi questi valori di CT sono usati per determinare l'inattivazione valutata del micro organismo per ogni disinfettante utilizzato.

La tabella successiva confronta in senso pratico la corrispondenza fra log e percentuale di abbattimento:

Mentre la tabella successiva, come esempio, riporta la variazione del CT richiesto per avere un Log4 per i Virus, utilizzato dai processisti per il dimensionamento, quando si utilizza cloro o ipoclorito ai pH compresi fra 6 e 9.

Log Inactivation	Percent Inactivation
0.0	0.000
0.5	68.38
1.0	90.00
2.0	99.00
3.0	99.90
4.0	99.99
5.0	99.999
6.0	99.9999
7.0	99.99999

Temperature (°C)	CT Value (mg-min/L)	Temperature (°C)	CT Value (mg-min/L)
0.5	12	13	4.8
1	11.6	14	4.4
2	10.7	15	4
3	9.8	16	3.8
4	8.9	17	3.6
5	8	18	3.4
6	7.6	19	3.2
7	7.2	20	3
8	6.8	21	2.8
9	6.4	22	2.6
10	6	23	2.4
11	5.6	24	2.2
12	5.2	25	2

La figura seguente riporta cosa deve essere fatto in termini di valutazione, campionamento e misure per una corretta gestione dell'impianto ed in particolare per l'impostazione dei dosaggi finalizzati ad un corretto impiego dei disinfettanti.

In conclusione di questa sezione si presentano, in linea generale le proprietà dei singoli disinfettanti il cui dosaggio sarà definito dal Capo impianto in relazione alle valutazioni già fatte secondo le procedure prima illustrate.

1.4 Cloro gas e ipoclorito di sodio.

Si utilizzavano soprattutto in passato e hanno creato diversi problemi il principale dei quali è la formazione di trialometani. Sono stati utili ad eliminare il problema delle malattie infettive veicolate attraverso l'acqua. Il cloro ha un'azione ossidante e battericida. La reazione del cloro gas è data dal fatto che il Cl₂ messo in acqua forma H⁺, Cl⁻, e HOCl (ione ipocloroso), quest'ultimo è la formula attiva cioè l'aliquota di cloro disinfettante.

Il cloro sotto forma gassosa comporta dei problemi di gestione, perché essendo un gas deve essere trattato da personale specializzato con apposito patentino, mentre per l'ipoclorito di

sodio non esistono problemi di questo tipo. Quando si aggiunge del cloro ad un'acqua in cui non c'è sostanza organica (come un'acqua distillata) se ne ritrova la stessa quantità nell'acqua sotto forma di cloro residuo libero. Il problema del sapore dell'acqua è dovuto alla reazione del cloro con la sostanza organica, ed in particolare di alcuni cloro-organici, quali i clorofenoli, che conferiscono quel classico sapore non piacevole che si ritrova nell'acqua di rete.

L'ipoclorito di sodio venne utilizzato dal 1950 al 1980 dopodiché ne fu bloccato l'utilizzo per la scoperta dei prodotti secondari, mutageni e cancerogeni, passando all'utilizzo del biossido di cloro.

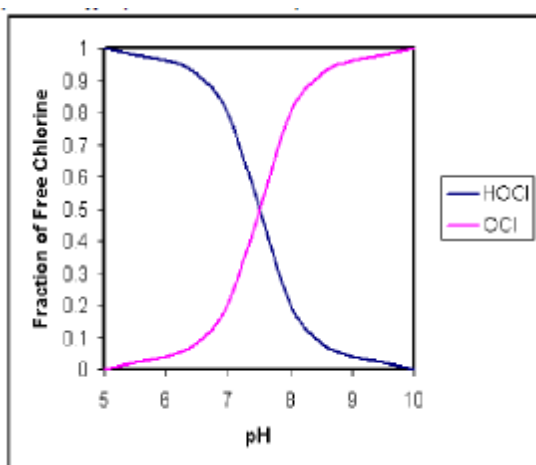
Il **cloro gas** ha dei vantaggi come il basso costo di esercizio e il buon effetto battericida; presenta anche degli svantaggi: la bassa azione su batteri sporigeni e virus, la formazione di alogenoforni (come i trialometani) e l'impiego di personale appositamente specializzato.

Gli **ipocloriti** hanno come vantaggio il facile impiego, i bassi costi d'impianto, l'azione su batteri virus e alghe e il vantaggio di reagire con cationi metallici in forma ridotta, fatto che spiega come mai l'acqua talvolta assuma determinate colorazioni. L'acqua contiene in soluzione il ferro ferroso, che, in condizioni normali, non ha nessun colore; quando il ferro ferroso viene a contatto con un ossidante, come l'ipoclorito, si trasforma in ferro ferrico che assume

una colorazione gialla. Per questa ragione l'acqua erogata dalla rete presenta un colore tendente al giallo. Se, invece, viene interessato il manganese l'acqua tenderà al rosso-marron, colorito caratteristico dei sali manganosi e manganici.

L'impiego dell'ipoclorito, e del cloro, devono tener conto delle condizioni operative e del pH dell'acqua in quanto essendo l'azione disinfettante dipendente dalla quantità di acido in dissociato presente.

Il grafico sottostante evidenzia che l'acqua non



deve avere pH elevati.

1.5 Biossido di cloro

Ha avuto in Italia un utilizzo diffuso per sostituire il cloro, in quanto non produce trialometani; anch'esso non è privo di inconvenienti per probabili azioni a livello ematico, proprie dei cloriti (principale sottoprodotto), e delle azioni che avrebbe lo ione clorato a livello della tiroide.

In Italia il sistema di produzione più diffuso utilizza la reazione fra clorito di sodio e acido cloridrico. Da queste reazioni si forma il biossido di cloro che ha le seguenti proprietà:

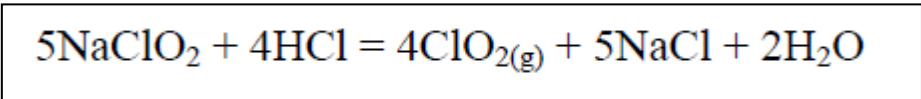
- È un ossidante energetico;

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

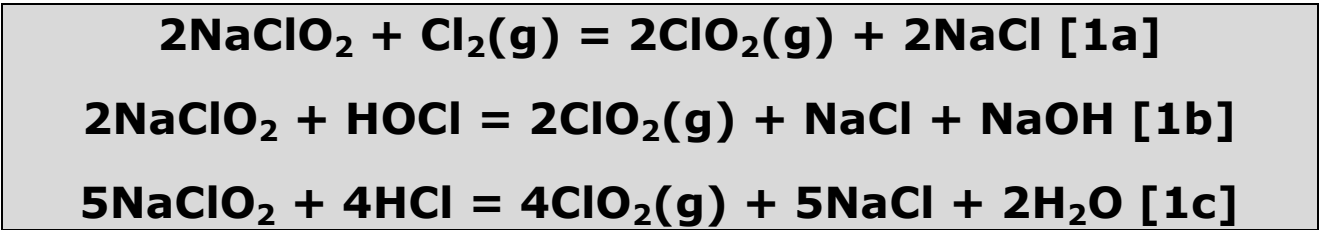
- È attivo a pH tra 6,5 e 8,5;
- Non produce sapori;
- È particolarmente attivo su alghe, batteri autoctoni delle reti e dei serbatoi.

Da, come svantaggi, cloriti residui che possono causare anemia emolitica e metaemoglobinemia. L'uso del biossido deve far riflettere, soprattutto in Sardegna, partendo dalla considerazione che l'ingestione di elevate concentrazioni di biossido di cloro e cloriti, che sono ossidanti forti, porta all'ossidazione dell'emoglobina nei globuli rossi a metaemoglobina con relativa perdita della capacità di trasporto dell'O₂. Biossido di cloro e cloriti, come ossidanti rendono i globuli rossi più suscettibili alla lisi e ciò può portare ad anemia emolitica. Il corpo umano ha delle difese contro gli agenti ossidanti che si attivano naturalmente interagendo tra ossidanti e macromolecole. I globuli rossi contengono un tripeptide, il glutatione, che è un agente riducente endogeno antiossidante che deve essere tenuto allo stato ridotto. Normalmente viene tenuto ridotto dall'NADPH, generato dallo scambio esoso monofosfato. Se NADPH non è disponibile, la concentrazione di glutatione ridotto cadrà e la cellula potrà essere attaccata dagli ossidanti. Un enzima che fornisce NADPH è il G6PD, la carenza del quale produce suscettibilità delle cellule ai processi ossidativi; il 30% dei sardi dimostra una carenza di G6PD, questo dato ci fa capire quanto in Sardegna sia importante il controllo delle fasi di disinfezione con biossido di cloro e clorito quali possano essere danni particolari, eventualmente da essi arrecati.

Il Biossido di cloro è prodotto, perlomeno in Sardegna, utilizzando clorito di sodio e acido cloridrico secondo lo schema seguente:



La generazione del Biossido di cloro nel trattamento delle acqua potabili il biossido di cloro è generato partendo dalle soluzioni del clorito di sodio anche con altri sistemi. Le reazioni che avvengono sono:



I generatori di biossido da acido cloridrico e clorito corrispondono alle più varie esigenze di utilizzo. Sono ottimizzate: rese, affidabilità, sicurezza, facilità di conduzione.

Il biossido prodotto è di alta purezza. E' molto solubile in acqua viene prodotto e utilizzato unicamente sotto forma di soluzione acquosa.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

Bisogna evitare che si formino sacche di gas a concentrazione superiore al 10% in volume (circa 300 g/mc) poichè essendo un gas instabile può decomporsi in modo violento. Le apparecchiature devono provvedere alla diluizione immediata del biossido di cloro. Tutti i generatori devono essere equipaggiati di misuratori di portata dei reagenti e dell'acqua di diluizione eventuale. Questi devono determinare il blocco del sistema in caso di anomalie del funzionamento. Le apparecchiature devono essere sistemati in dei locali provvisti di adeguata ventilazione. Lo stoccaggio dei reattivi deve avvenire in modo separato e devono essere presenti le vasche di contenimento. Da queste è facile intuire come i generatori cambiano in funzione del tipo di reazione che vogliamo che avvenga. Nella maggior parte dei generatori commerciali possono avvenire più reazioni contemporaneamente. Nella tabella sottostante vengono illustrati i diversi tipi di generatori in commercio: La generazione è effettuata quindi, come sicuramente conosciuto, con generatori di diverso tipo, in pressione o in depressione, utilizzando pompe dosatrici per il dosaggio dei reattivi nei reattori di produzione o sistemi che utilizzano eiettori per aspirare l'acido ed il clorito.

Il sistema composto da reattore e regolazioni è normalmente contenuto in cabine preassemblate cui occorre collegare le linee, munite di appositi filtri, dell'acido, del clorito, dell'acqua di diluizione da immettere nel reattore, e dell'acqua di trasporto che deve essere regolata, per portata e pressione al fine di garantire la corretta alimentazione dei reattivi nel reattore.

Nella manipolazione del clorito occorre avere particolare attenzione per evitare di disperdere prodotto nel suolo e nel terreno, in quanto evaporata l'acqua, il prodotto solido può favorire combustioni spontanee.

1.6 L'ozono

E' un fortissimo ossidante (più forte del cloro). La produzione è effettuata in appositi generatori partendo sia da aria secca che da ossigeno. L'ozono è la forma allotropica (O₃) dell'ossigeno. La capacità disinfettante è dovuta alle reazioni con i doppi legami presenti nelle molecole dei composti organici insaturi con formazione di azoturi instabili che si scindono spontaneamente. La chimica dell'Ozono è comunque complessa, ed è possibile guidare il processo ossidativi indirizzando queste verso meccanismi di reazione radicalica o ionica, agendo sul pH, sul contenuto di carbonati, con il dosaggio di perossido di idrogeno.

Le possibilità di azione offerte sono molteplici con il risultato che:

- Degrada fenoli
- Per concentrazioni residue di 0,1-0,2 mg/l esplica un'azione antibatterica
- Per concentrazioni di 0,4 mg/l esplica un azione antivirale
- Tempi di contatto: 2-4 minuti

Anch'esso deve essere utilizzato in modo appropriato al fine di evitare la formazione dei sottoprodotti con implicazioni sanitarie, quale ad esempio lo ione bromato.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

L'applicazione dell'Ozono deve essere sempre prevista in doppio stadio, come preossidante e come disinfettante secondario, in combinazione con l'affinamento su Carboni Attivi.

Generatore di ozono: poiché l'ozono è una molecola instabile, esso dovrebbe essere generato nel punto di dosaggio. Nasce dalla reazione tra una molecola d'ossigeno con un atomo di ossigeno

3O₂ → 2O₃

La reazione è fortemente endotermica e richiede una notevole energia. Si può produrre mediante l'effetto corona che consiste in una scarica elettrica. L'ossigeno si fa passare attraverso due elettrodi nei quali avviene una scarica di corrente. Questi elettroni forniscono energia necessaria alla dissociazione delle molecole di ossigeno con conseguente formazione dell'ozono.

La tensione richiesta è proporzionale alla pressione del gas all'interno del generatore e alla larghezza dello scarico. Il maggior rendimento si otterrebbe aumentando la tensione, la frequenza e la costante dielettrica avendo un dielettrico sottile. Tuttavia per questioni di sicurezza ci sono delle limitazioni pratiche a questi parametri. Infatti all'aumentare della tensione, gli elettrici e i dielettrici sono più soggetti a guasti e usura. All'aumentare della frequenza si producono concentrazioni più alte di ozono con conseguente surriscaldamento dell'apparecchiatura che quindi richiede un raffreddamento maggiore per evitare la decomposizione dell'ozono. I dielettrici più sottili si perforano facilmente. Un buon apparecchio deve comunque garantire una affidabilità operativa, una buona resa di produzione di ozono con la necessità di poca manutenzione.

In commercio esistono due tipi di produttori d'ozono:

- a cilindri concentrici
- a piastre parallele.

Quest'ultimi sono generatori più piccoli che presentano un raffreddamento ad aria.

I generatori sono classificati in funzione della frequenza dell'alimentazione applicata agli elettrodi. Generatori a bassa frequenza (50 o 60 hertz) e media frequenza (60-1000 hertz) sono quegli più comuni che ritroviamo negli impianti di trattamento.

Riportiamo un semplicissimo schema di come avviene il dosaggio dell'ozono.

Una volta che l'ozono è stato prodotto questo viene dosato nell'acqua, reagisce con la materia organica, inorganica compresi qualsiasi tipo di agenti patogeni. L'ozono che non reagisce viene liberato in atmosfera dopo essere stato distrutto in quanto si ritrova in concentrazioni superiori a quelle che sono le dosi mortali. L'apparecchio converte l'ozono in ossigeno lavorando a temperature > 350°C o impiegando catalizzatore e lavorando a temperature >100°C .

I più comuni dosatori di ozono sono:

- diffusori a bolla

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

- iniettori
- miscelatori a turbina

Diffusori a bolla:

Questo tipo di diffusore offre il vantaggio di non necessitare di ulteriore energia, di avere alti tassi di trasferimento d'ozono, semplicità operativa, e nessun tipo di pezzo "mobile"

INIETTORI:

L'ozono è iniettato nell'acqua in condizione di depressione generata nella sezione di un tubo Venturi. In questo modo l'ozono viene "aspirato" dalla stessa acqua che deve essere trattata. Oppure una parte dell'acqua in trattamento viene pompata con una pressione maggiore in modo da creare un vuoto più spinto per l'immissione dell'ozono che garantirà una miscelazione migliore e per far fronte alle richieste di disinfezione di CxT.

1.7 I raggi ultravioletti

Sarebbero la soluzione ideale perché non hanno caratteristiche organolettiche. L'effetto antibatterico è maggiore per lunghezze d'onda di 260 nm. L'unico problema è il fatto che l'acqua deve essere perfettamente limpida.

L'acqua viene fatta scorrere in maniera lamellare in modo che le radiazioni possano penetrare. Il problema è che se c'è della torbidità, la particella di solido può fungere da cono di protezione per i microrganismi, quindi la radiazione non riesce a penetrare per colpire i microrganismi e l'acqua può restare contaminata. Per questo motivo i raggi ultravioletti non vengono utilizzati nei grossi acquedotti ma solo nelle piccole strutture.

La maggiore efficienza raggiunta oggi dalle lampade utilizzate e quindi la possibilità di migliorare le rese, rende possibile ipotizzarne l'impiego secondo gli schemi già visti.

Pur non avendo al momento installazioni significative si rappresentano alcuni schemi di funzionamento.

Ricordando che l'obiettivo della disinfezione di impianto è quello di garantire prima della disinfezione di copertura l'idoneità batteriologica dell'acqua, e che è essenziale minimizzare la produzione di sottoprodotti, nuove generazioni di lampade possono portare in un breve futuro ad interessanti sviluppi applicativi.

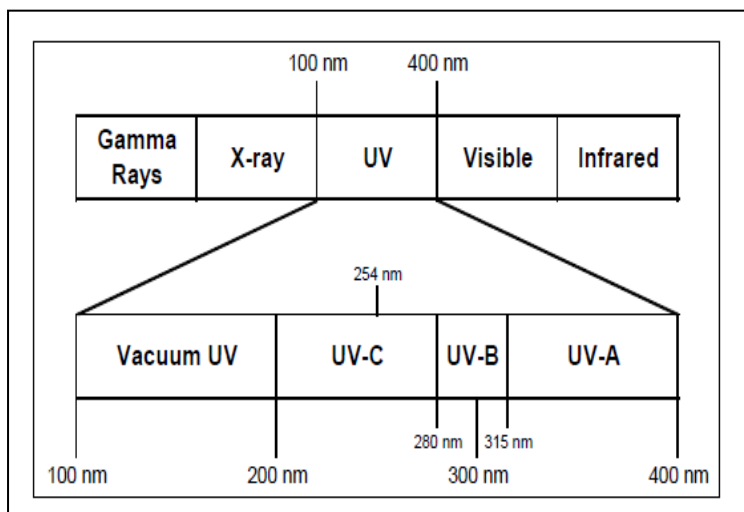
L'uso di luce UV per disinfettare l'acqua potabile richiede (1) la generazione di luce UV con le proprietà germicide volute e (2) la consegna (o trasmissione) di quella luce agli agenti patogeni. Questa sezione fornisce una descrizione di base di come la luce UV è generata e le condizioni ambientali che favoriscono la consegna agli agenti patogeni.

Natura della luce UV

La luce UV è la regione dello spettro elettromagnetico che si trova fra i raggi X e la luce visibile (figura 2.1). Lo spettro UV è diviso in quattro regioni come appare figura 2.1:

Vacuum UV (100 a 200 nm), UV-C (200 a 280 nm), Uv-B (280 a 315 nm) ed Uv-A (315 a 400 nm) (Meulemans 1986). La disinfezione UV è dovuta all'azione germicida di Uv-B e di UV-C cui risultano sensibili i microorganismi. L'azione germicida di Uv-A è piccolo rispetto agli Uv-B ed UV-C e quindi sarebbero necessari tempi molto elevati di esposizione per essere efficace come disinfettante. La luce nella gamma UV di vuoto è molto efficace nella disinfezione dei microorganismi (Munakata ed altri 1991).

Tuttavia, è poco pratico per le applicazioni di disinfezione dell'acqua perché la trasparenza dell'acqua a queste lunghezze d'onda è limitata. Per gli scopi della potabilizzazione, la lunghezza d'onda germicida pratica per luce UV varia fra 200 e 300 nm.



La capacità di assorbimento UV

(A 254) è un parametro comunemente usato nell'analisi della qualità dell'acqua e caratterizza la trasmittanza dell'acqua alle lunghezze d'onda nel campo degli ultravioletti utilizzati per la disinfezione. L'assorbanza è in questo caso un indice del contenuto della sostanza organica. Le varie procedure richiedono per l'analisi di filtrare il campione attraverso una

membrana da 0.45 μ m. prima della misurazione della capacità di assorbimento. Se la misura è effettuata secondo una versione modificata del metodo standard 5910B (APHA ed altri 1998), non è richiesta nel campione di acqua la filtrazione e la misura del pHo. Poiché la maggior parte delle particelle in acqua potabile assorbono la luce UV, è suggerito che le misure di capacità di assorbimento siano effettuate senza filtrare il campione. Di conseguenza, la misura modificata rappresenta la dispersione e un certo assorbimento dalle particelle nel campione di acqua che può interferire con la disinfezione UV.

E' quindi evidente che l'azione in impianto è praticamente inguidabile e l'efficienza del sistema è strettamente dipendente dalla qualità dei trattamenti a monte che devono essere in grado di garantire torbidità estremamente basse per migliorare l'efficienza del processo.

Nell'impiego degli UV nella disinfezione è importante la geometria dei reattori per garantire ottimale irradiazione dell'acqua ed ottimizzare l'impiego dell'energia, che costituisce il costo di esercizio del sistema

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

Per comparare questo sistema di disinfezione a quelli chimici, dal punto di vista concettuale, si riporta un diagramma che evidenzia come anche in questo caso possano essere applicati gli stessi concetti di abbattimento percentuale della carica batterica (log).

In questo caso non si considera ovviamente una concentrazione residua, ma deve essere stimata l'energia convertita in radiazione, e da qui la dose applicata.

La figura seguente illustra in modo schematico un tipico sistema UV che comprende anche un misuratore di trasmittanza ed un sensore di intensità per verificare l'efficienza delle lampade.

Pur nella semplicità, è evidente anche in questo caso la presenza di misure da fare, differenti da quelle chimiche, essenziali per avere la garanzia di funzionamento del sistema.

Le modalità di installazione possono essere in tubo (reattore chiuso), o in canale, utilizzato spesso per le acque reflue.

È essenziale in tutti i sistemi provvedere con regolarità alla pulizia dei tubi di quarzo, anche se i nuovi sistemi possono avere apparati di pulizia automatici.

Ricordando quanto già visto nei precedenti moduli, l'inserimento degli UV in impianto può essere fatto secondo il seguente schema: Ossia subito dopo la filtrazione e prima della disinfezione di copertura.

1.8 Norme relative alla concentrazione di disinfettante (Cloro residuo)

Il cloro che si usa come agente per la potabilizzazione conferisce un sapore particolare all'acqua. La concentrazione tollerata di cloro residuo dipende dai paesi e dalle abitudini dei consumatori e può essere molto diversa da paese a paese. In Europa, il livello di cloro residuo tollerato è molto basso; nell'ordine di 0.1 mg/litro.

Negli Stati Uniti e in America in generale, dove il sapore di cloro è sinonimo di garanzia di qualità dell'acqua consumata, il valore che può essere tollerato è 10 volte superiore (1 mg/litro).

Per l'Organizzazione Mondiale della Sanità, una concentrazione di 0.5 mg/litro di cloro residuo nell'acqua, dopo un tempo di contatto di 30 minuti, garantisce una disinfezione soddisfacente. D'altra parte, sempre l'O.M.S., precisa che non si è osservato nessun effetto negativo per la salute nei casi in cui la concentrazione di cloro residuo sia stato di 5 mg/litro. Questa concentrazione deve essere considerata come valore massimo che non deve essere raggiunta in nessun caso.

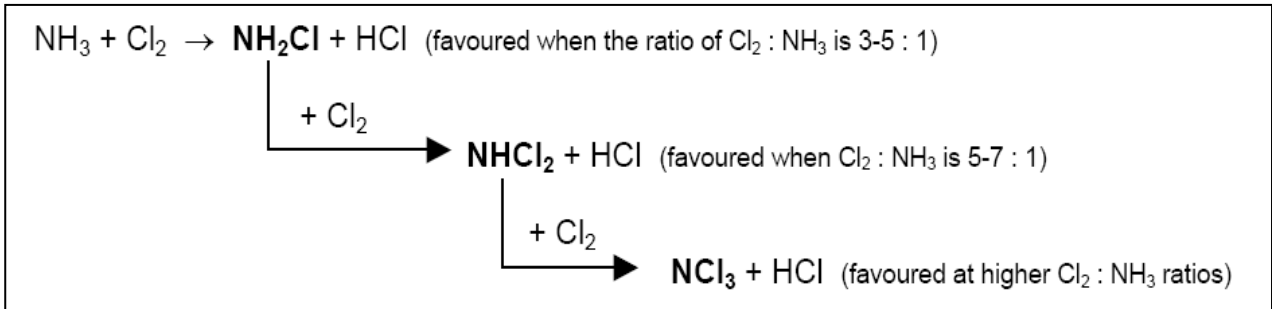
Un altro problema che potrebbe manifestarsi è quello della ipotetica reazione che si potrebbe creare in rete se abbiamo ammoniaca. L'impiego del cloro sotto forma di ipoclorito potrebbe infatti reagire con l'ammoniaca andando a formare la clorammina.

Questa non viene utilizzata nella pratica di processo a causa dell'elevato CxT necessario, mentre è ottima come disinfettante di copertura grazie alla bassa reattività ed all'elevata persistenza.

Le diverse forme che si possono avere sono:

1. monocloramina NH₂Cl
2. dicloramine NHCl₂
3. tricloramine NCl₃

Le diverse forme dipendono dal rapporto stechiometrico col quale avviene la reazione.

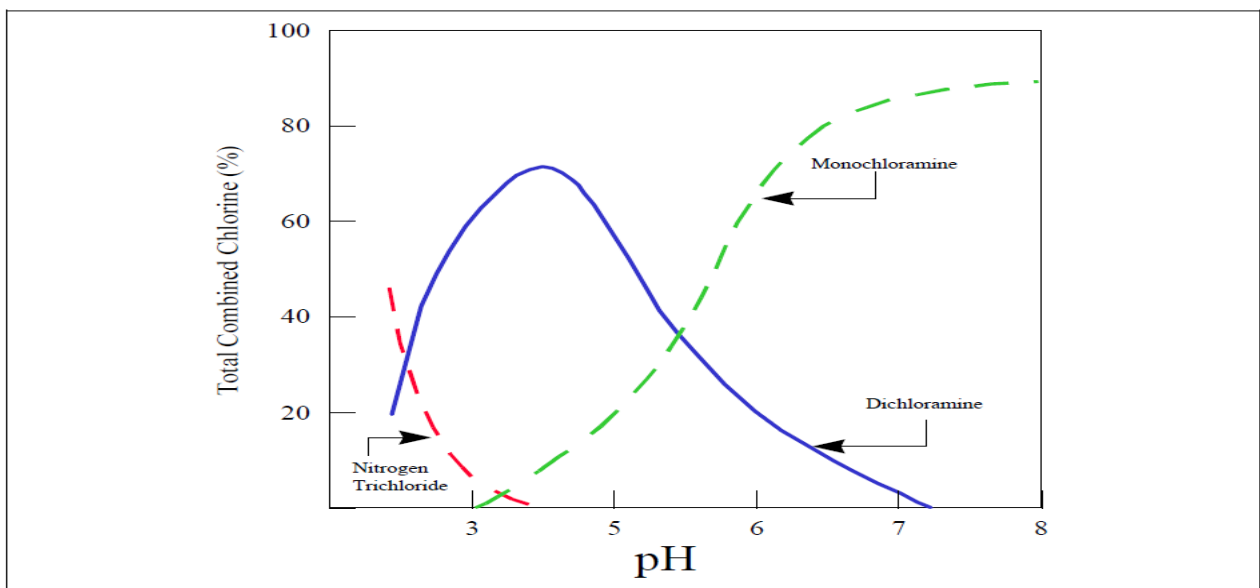


La tabella sottostante riporta i prodotti della reazione in funzione del rapporto in peso tra cloro e ammoniaca .

Tabella 1:RAPPORTI Cl₂/NH₃ PER LA FORMAZIONE DEI PRODOTTI

Reaction	mg Cl ₂ /mg NH ₃
Monochloramine (NH ₂ Cl)	4.2
Dichloramine (NHCl ₂)	8.4
Nitrogen Trichloride (NCl ₃)	12.5
Nitrogen (N ₂)	6.3
Nitrate (NO ₃)	16.7
Free residual reaction	9

Source: AWWA and ASCE, 1990.



Source: Palin, 1950.

Mentre il grafico sopra illustra l'incidenza del pH nella formazione delle diverse specie di clorammina.

L'introduzione nella filiera produttiva prima del cloro o dell'ammoniaca non è molto importante se vengono rispettate le indicazioni. Però normalmente si preferisce aggiungere prima il cloro perché viene utilizzato come disinfettante primario e dopo non più di 10 o 30 minuti, l'ammoniaca per contenere un'ulteriore formazione di DPBs. L'ammontare di ammoniaca richiesta per la formazione della cloroammina dipende dai seguenti fattori:

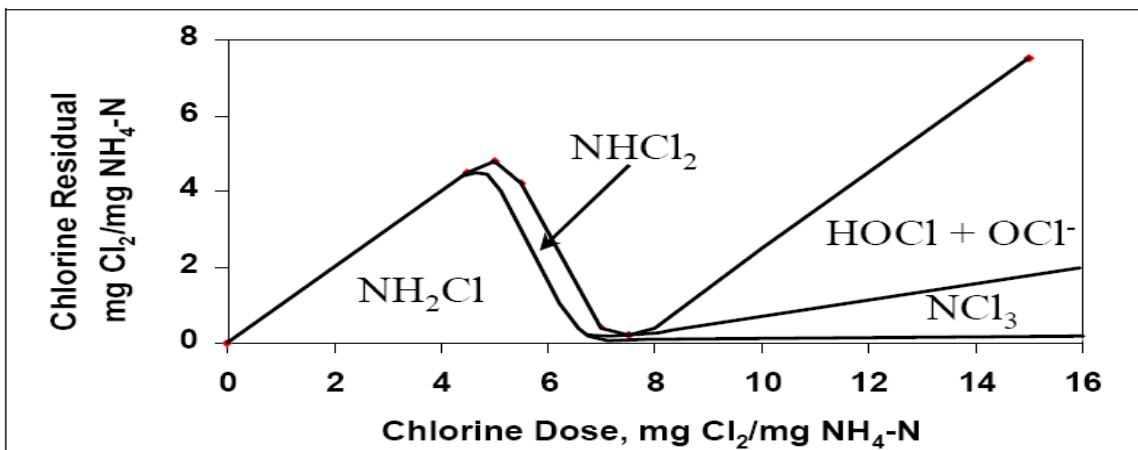


Figure 6-1. Theoretical Breakpoint Curve

- Azoto organico nell'acqua;
- Residuo di ammoniaca e cloroammina richiesto nel sistema di distribuzione.

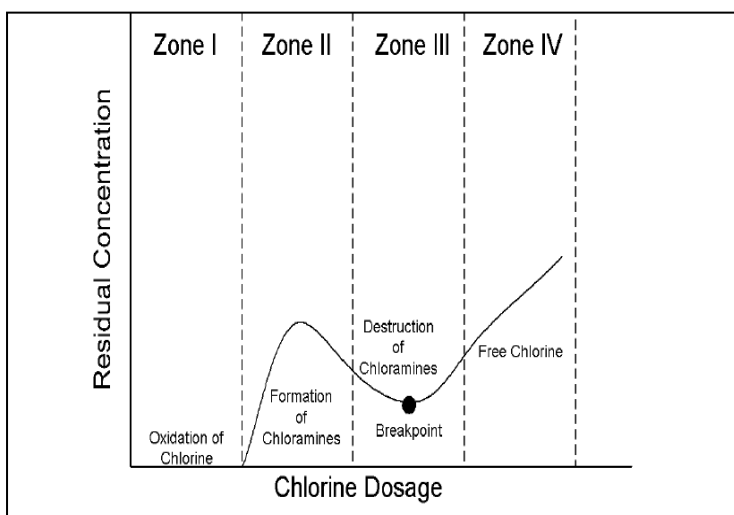
Se c'è azoto organico nell'acqua grezza, l'ammontare di ammoniaca supplementare richiesta dovrebbe essere determinata attentamente sottraendo l'ammoniaca di fondo dalla quantità desiderata.

CURVA TEORICA DI BREK-POINT

Il grafico mostra l'andamento della concentrazione residua del cloro in funzione del suo dosaggio. Nella zona I abbiamo che tutto il cloro è ridotto a cloruri da composti riducenti che reagiscono immediatamente con il Cloro.

Nella zona II abbiamo la formazione delle clorammine.

Nella zona III abbiamo la distruzione della clorammina sino al punto di breakpoint. Da qui in poi e nella zona IV abbiamo che tutto il cloro aggiunto lo ritroviamo sotto forma di cloro libero. Da queste considerazioni si evince l'importanza del giusto dosaggio del



	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

rapporto cloro/ammoniaca come evidenziato anche dal grafico sottostante.

1.9 Aspetti sanitari

Prima del suo impiego come disinfettante la clorammina è stata testata in laboratorio con i topi come cavie. Sono state fatte diverse settimane di studi, utilizzando diversi dosaggi, si è notato che la presenza della clorammina nell'acqua potabile può dare problemi di tossicità agli organi da un calo ponderale. Analoghi esperimenti sono stati condotti sugli uomini. A 5 gruppi di 10 persone ciascuno è stata somministrata una dose crescente di clorammina da 0.0001, 0.01, 0.11, 0.26, 0.34 mg/kg di peso corporeo al giorno. Dopo 16 giorni sono state fatte loro le analisi del sangue e delle urine e i risultati non hanno messo in evidenza nessun segnale negativo. In una seconda fase si è passati ad un dosaggio di 0.4 mg/kg di peso corporeo al giorno. Anche in questo caso nessun effetto avverso sul fisico. Ad un gruppo di 48 persone è stata fatta bere acqua che conteneva monochlorammina ad una concentrazione da 0.2 a 15 mg/l per quattro settimane. In questo caso invece si è osservato che nelle condizioni di massimo dosaggio ci sono delle variazioni su determinate proteine del sangue per cui gli esperimenti hanno suggerito che un dosaggio, su uomini sani, inferiore o uguale a 3.0 mg/l di monochlorammina corrispondenti a 4 mg/l come Cl₂ non incide su lipidi, tiroide e metabolismo. Altri studi comunque dovranno essere portati avanti per approfondire le conoscenze in materia. L'IARC agenzia internazionale della ricerca contro il cancro non valuta la clorammina contenuta nell'acqua potabile come un potenziale cancerogeno. Anemie emolitiche acute, metaemoglobinemia e emolisi sono stati evidenziati in pazienti dializzati che hanno utilizzato acqua disinfettata con clorammina per la dialisi. Questi problemi possono sorgere per concentrazioni comprese tra 0.1 e 0.25-0.30 mg/l. Ospedali e centri di dialisi devono perciò essere informati se l'acquedotto utilizza questo disinfettante perché dovranno effettuare sull'acqua un trattamento particolare per la rimozione della clorammina (con l'uso di carboni attivi per un tempo di contatto che va dai 5 a 10 minuti, e poi l'assorbimento di ammoniaca residua con minerali tipo zeolite). Nel processo di dialisi infatti l'acqua è a contatto con il sangue attraverso una membrana permeabile e non tutti i dispositivi sanitari di questo tipo in uso, rimuovono la clorammina. L'uso di agenti riducenti come tiosolfato di sodio o acido ascorbico possono rimuoverla. Invece l'aerazione e la bollitura sono tecniche inutili. Non esiste alcun problema, per questi pazienti, se l'acqua è ingerita.

1.10 Odore e sapore

Generalmente le monochlorammine sono ossidanti più deboli del cloro libero perciò reagiscono più blandamente con la sostanza organica e conseguentemente non sviluppano odori e sapori indesiderati. Problemi per sapore e odore sono riferiti comunque se il rapporto mono e diclorammina eccede il 20% di quello della monochlorammina. La clorammina a concentrazioni elevate produce

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

un odore pungente. La triclorammina è la più irritante, ha un odore sgradevole a concentrazioni molto basse come 0.02 mg/l. insieme alla diclorammina è la responsabile del tipico odore di piscina coperta.

L'inalazione delle diverse forme dalla clorammina da luogo a bruciore agli occhi, tosse, dispnea nausea e vomito. Nelle mucose, esse si decompongono ad ammoniaca (NH₃) ed acido ipocloroso (HOCl) che può dissociare poi ad acido cloridrico (HCl) ed ossigeno nascente (O). Effetti corrosivi da ammoniaca ed acido cloridrico si segnalano anche a danno del tratto respiratorio. Si segnalano anche una acidosi metabolica è rarissimi casi di avvelenamento.

1.11 Influenza di pH e temperatura

Simile alla maggior parte dei disinfettanti l'efficienza del potere battericida della clorammina aumenta con l'aumentare della temperatura. Inoltre l'efficienza cala per pH alti e temperature basse. Per esempio, l'inattivazione di E.coli è approssimativamente 60 volte più lenta a pH 9.5 e temperature di 2 e 6 °C che a pH 7 e temperature tra 20 e 25 °C (al di et di Wolfe., 1984).

1.12 Efficienza della disinfezione

La monoclorammina può essere usata come disinfettante di copertura in acque potabili e ha il vantaggio di creare meno sottoprodotti dell'uso del cloro stesso e di persistere per un periodo più lungo rispetto al cloro. Inghilterra, Stati Uniti e Canada hanno usato la monoclorammina come disinfettante per decenni ed hanno dimostrato con modelli di studio che la clorammina è efficace contro i batteri contenuti nel biofilm. Sono però disinfettanti deboli per inattivare virus e protozoi. Di conseguenza è estremamente difficile soddisfare il SWTR il criterio di CT per la disinfezione primaria di Giardia e virus. Questo fa sì che venga utilizzata nella disinfezione secondaria contro la crescita microbica. Per questo motivo, in sistemi che usano monoclorammina, come disinfettante di copertura, in preossidazione è usato il cloro a concentrazioni tali da debellare microrganismi e virus (pratica ancora in uso in numerosi impianti degli Stati Uniti). L'ammoniaca è aggiunta poi in un altro punto dell'impianto e si ha la formazione della clorammina in situ.

1.13 La sicurezza dell'installazione.

Per lavorare in sicurezza si dovrebbe evitare e prevenire la formazione di sostanze gassose azotate e la vaporizzazione dell'ammoniaca. Perciò quando si sta predisponendo la realizzazione dell'impianto il serbatoio dell'ammoniaca e quello del cloro vanno sistemati in luoghi diversi e lontani fra loro.

Se i serbatoi si trovano in locali chiusi deve essere predisposta, in base alle leggi vigenti nel Paese, un ottimo sistema di aerazione. Lo stoccaggio deve essere effettuato in ambienti freschi, i serbatoi devono essere protetti dalla luce del sole per evitare aumenti di temperatura e pressione.. In climi più caldi, un serbatoio all'aperto dovrebbe essere dipinto di bianco. In climi

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

più freddi, il serbatoio dovrebbe essere coibentato per prevenire effetti indesiderati. Nella figura sottostante è mostrato un sistema di distribuzione dell'ammoniaca. Sebbene l'ammoniaca anidra sia un gas a temperature e pressione ambiente viene immagazzinato in recipienti e può essere trasportato come un liquido in pressione. In questa fase l'ammoniaca è estremamente solubile in acqua. La figura seguente illustra lo schema tipico di un impianto per il dosaggio di ammoniaca in soluzione acquosa.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		DISINFEZIONE

1 Sommario

1	La disinfezione.....	2
1.1	Disinfezione e sottoprodotti	5
1.2	Reattivi per la disinfezione	9
1.3	Utilizzo del Valore CxT per il dimensionamento della disinfezione	10
1.4	Cloro gas e ipoclorito di sodio.....	11
1.5	Biossido di cloro	12
1.6	L'ozono	14
1.7	I raggi ultravioletti.....	16
1.8	Norme relative alla concentrazione di disinfettante (Cloro residuo).....	18
1.9	Aspetti sanitari	21
1.10	Odore e sapore	21
1.11	Influenza di pH e temperatura.....	22
1.12	Efficienza della disinfezione.....	22
1.13	La sicurezza dell'installazione.	22