



CORSO FORMAZIONE

Formazione risorse

Revisione Aprile 2009 – Ver.1.0

MODULO 3

CORSO DI FORMAZIONE PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE

MODULO 3



CORSO FORMAZIONE

Formazione risorse

Revisione Aprile 2009 – Ver.1.0

Sommario

1 JAR TEST (accenni e prova pratica)	4
1.1 Torbidità:	6
1.2 Prove di jar-test con Sali d'alluminio:	11
1.3 Prove di jar-test con polimeri:	14
1.4 Prove di jar-test con soluzioni di polimeri e flocculanti inorganici:.....	15
1.5 Prove di jar-test con permanganato di potassio:	16
1.6 Cloro richiesta	18

1 JAR TEST (accenni e prova pratica)

La prova del JAR TEST viene eseguita nella maggior parte degli impianti di trattamento. Ha lo scopo di determinare il tipo e il giusto dosaggio del flocculante che permetterà di aumentare la resa del trattamento con conseguente abbattimento dei costi di produzione. Con questa prova infatti vengono individuati i corretti dosaggi e la sequenza con i quali i diversi reattivi devono essere aggiunti.

Queste prove devono essere eseguite con una frequenza che può essere stagionale ma anche giornaliera (dipende dalle diverse condizioni che possono influenzare la qualità dell'acqua) e comunque ogni volta che si cambiano i reagenti o le condizioni operative dell'impianto. E' anche possibile individuare soluzioni alternative al processo di trattamento al fine di migliorarlo non solo dal punto di vista qualitativo ma anche abbassando i costi a carico dell'ente gestore. Capita di frequente inoltre che ci siano degli iperdosaggi di flocculanti e/o coagulanti. Questi, oltre ai problemi che possono dare per concentrazioni residue elevate, determinano di conseguenza uno spreco di reattivi.

Molte sono le variabili da prendere in considerazione per una buona potabilizzazione:

- 1) Il pH ideale riferito ad ogni singolo flocculante;
- 2) La scelta dei polimeri per la flocculazione;
- 3) L'ottimale punto di dosaggio dei polimeri;
- 4) La giusta sequenza di immissione dei flocculanti, polimeri e, acidi o basi per la correzione del pH;
- 5) il tempo di flocculazione.

La prova del jar test nasce da una esigenza impiantistica: da una parte il fatto che nella realtà i tempi di risposta dell'impianto all'utilizzo di un flocculante rispetto ad un altro sarebbero molto lunghi e dall'altra il fatto che la prova eseguita potrebbe rendere l'acqua non conforme per l'utilizzo umano. Perciò si cerca di riprodurre un "impiantino pilota" che simuli la fase di flocculazione dell'impianto e permetta di individuare le condizioni ottimali operative. Durante la prova si lavora molto sugli rpm (numero dei giri delle pale del jar-test) e sui tempi di lavoro in quanto sono variabili dipendenti dall'impianto in questione. Se per esempio il nostro impianto non ha un miscelatore istantaneo iniziare la prova di jar test con un numero elevato di rpm produce dei risultati falsati.



La prova del jar test permette di individuare, per quell'impianto, una procedura specifica per abbattere le sospensioni colloidali e il materiale inorganico, che poi si depositano per gravità. Il successo della prova consiste nella valutazione del colore e della torbidità e inoltre nell'abbattere la durezza, il TOC (carbonio organico totale dato dalla somma di due frazioni: il carbonio organico disciolto (DOC) che rappresenta la frazione organica di carbonio che passa attraverso una membrana filtrante da $0,45\mu\text{m}$ e il POC che è il carbonio organico sospeso o particolato e rappresenta la frazione trattenuta dalla membrana).

1.1 Torbidità:

Le particelle di diametro compreso tra 1 e 10 μ m (soprattutto particelle colloidali) non si depositano con le sole forze gravitazionali. Queste sono perciò la causa primaria della torbidità dell'acqua grezza che viene quindi definita "nuvolosa". Il fattore che le rende stabili non è la massa ma le loro proprietà superficiali. Per far sì che queste particelle decantino è necessario fare in modo che si leghino fra loro formando un "fiocco" pesante che quindi più facilmente tenderà a depositarsi.

Le forze primarie che entrano in gioco sono due:

1) *forza repulsiva:*

$$\zeta = \frac{4 \pi q d}{D}$$

Dove:

ζ è la forza elettrostatica denominata potenziale "zeta"

q: carica per unità di superficie della particella

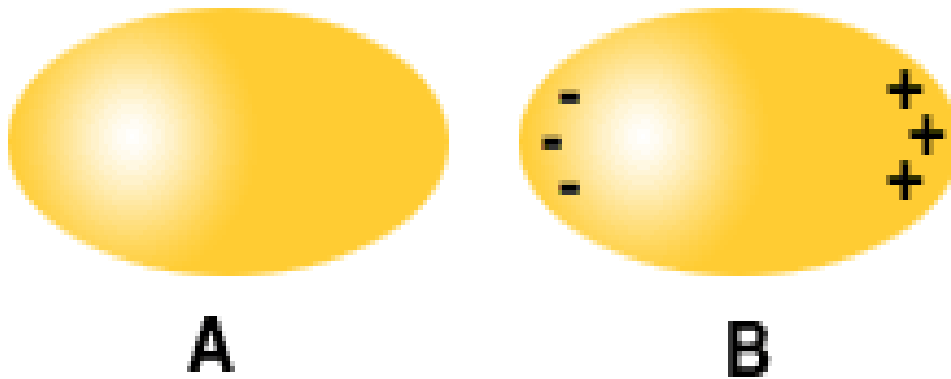
d: spessore dello strato di superficie interessato dalla carica;

D: costante dielettrica dell'acqua.

2) *forza di attrazione o di Van Der Waals :*

Anche tra molecole apolari esistono forze elettriche attrattive seppur di minore intensità, delle attrazioni dipolo-dipolo; queste prendono il nome di **forze di van der Waals** o forze di dispersione di London dal nome degli scienziati che approfondirono questo argomento.

Sostanze costituite da molecole apolari, quali il bromo (**Br₂**) e lo iodio (**I₂**), si trovano rispettivamente nello stato di aggregazione liquido e solido e ciò ci indica che anche le attrazioni tra molecole apolari possono in certi casi diventare piuttosto intense. Queste forze si spiegano ammettendo che anche le molecole che non sono dipoli permanenti possano però essere considerate dei **dipoli istantanei** in quanto durante il loro movimento continuo gli elettroni assumono delle distribuzioni, istante per istante, non simmetriche e sempre differenti rispetto ai nuclei (cioè alle cariche positive); ciò crea una separazione di cariche e quindi una polarizzazione. I dipoli istantanei possono influenzare le molecole vicine e indurre anche in queste delle polarizzazioni; differenti dipoli istantanei possono poi attirarsi fra loro.



Nella figura la molecola **A** è apolare perchè la distribuzione di carica nel tempo è simmetrica; in **B** è raffigurata la stessa molecola in un momento in cui la carica elettrica è asimmetrica e la molecola può essere considerata un dipolo istantaneo. Più le molecole sono polarizzabili (cioè maggiore è la separazione di cariche che si viene a creare) più intense sono le forze di attrazione tra i dipoli istantanei. Le molecole diventano sempre più polarizzabili all'aumentare delle dimensioni; ecco perchè **Br₂** è un liquido e **I₂**, costituito da molecole di maggiori dimensioni, è un solido.

La torbidità viene misurata attraverso un torbidimetro.

Si definisce col termine di torbidità la riduzione della trasparenza di un campione, dovuta alla presenza di sostanze in sospensione.

La torbidità rappresenta una misura aspecifica della concentrazione in peso dei solidi sospesi nel campione; non è tuttavia possibile stabilire una correlazione diretta tra queste due variabili, in quanto le proprietà ottiche di una sospensione risultano influenzate, oltre che dalla quantità, anche dalla forma, dalle dimensioni e dall'indice di rifrazione delle particelle sospese, nonché dalla lunghezza d'onda del raggio incidente.

Quando un fascio di luce attraversa una soluzione incolore che presenti in sospensione una fase finemente dispersa, si hanno i seguenti effetti:

- la luce viene assorbita, per cui l'intensità del raggio trasmesso risulta inferiore a quella del raggio incidente;
- la luce, per fenomeni di riflessione e rifrazione (effetto Tyndall), viene diffusa dalle particelle in sospensione.

Il prevalere di un effetto sull'altro dipende tra l'altro dalle dimensioni delle particelle disperse: in caso di dispersioni non molto fini prevale il fenomeno dell'assorbimento, viceversa con fasi disperse estremamente fini prevale il fenomeno della diffusione.

Coesistendo comunque entrambi i fenomeni, la torbidità può dunque essere determinata o valutando l'entità dell'assorbimento prodotto dalla fase dispersa sul fascio incidente (in tal caso la misura viene condotta nella stessa direzione del raggio incidente, utilizzando un normale spettrofotometro -metodo Torbidimetrico), oppure valutando l'entità della luce diffusa, misurata a 90° rispetto a quella incidente (metodo Nefelometrico).

	CORSO FORMAZIONE	Formazione risorse
		Revisione Aprile 2009 – Ver.2.0
		Cap. IV – Processi stabilizzazione

Lo schema riportato in Fig. 1 mostra la diversità di applicazione strumentale tra le misure torbidimetriche e quelle nefelometriche.

La misura torbidimetrica è riconducibile nell'ambito di applicazione della legge di Lambert-Beer, esistendo, almeno in un certo intervallo di concentrazione, una relazione quasi lineare tra la luce assorbita e la torbidità dovuta alla quantità di sostanza sospesa.

I metodi sono applicabili alle acque potabili, superficiali e di scarico. L'intervallo di misura è correlato a diverse variabili, quali: lo strumento utilizzato (spettrofotometro o nefelometro), la lunghezza del cammino ottico delle celle portacampione, la sospensione di riferimento utilizzata (silice o formazina), cioè l'unità di misura utilizzata per l'espressione del valore di torbidità. Con un normale spettrofotometro, utilizzando una cella da 50 mm, l'intervallo di misura va da 1 a 100 mg/L SiO₂ e da 0,4 a 40 unità di formazina (NTU, FTU, JTU, JCU).

Il nefelometro viene sempre tarato in unità di formazina e le case costruttrici danno più intervalli di applicabilità (es. 0-2 NTU; 0-20 NTU; 0-200 NTU).

La presenza nel campione in esame di *particelle sospese di più grosse dimensioni* può causare improvvisi aumenti nella lettura della torbidità, a causa della loro continua fluttuazione dentro e fuori il raggio di luce incidente. Per compensare tali deviazioni può essere determinato il valore medio oppure, in presenza di rare particelle anomale, disaggregare i relativi picchi di lettura.

La *presenza di bolle d'aria*, sia in sospensione che aderenti alle pareti della cella, causa errori in eccesso, specialmente ai più bassi valori di torbidità. Tale interferenza può essere eliminata degasando il campione sotto leggero vuoto (metodo che presenta le minori possibilità di alterazione del campione), oppure ricorrendo ad altri metodi (degasamento con bagno ad ultrasuoni a bassa energia, debole riscaldamento, ecc.).

Altra interferenza è causata dalla *colorazione del campione*, dovuta a sostanze disciolte che assorbono la luce.

Frequenti **cause di errore** sono la non perfetta pulizia della cella di misura (presenza di polvere, impronte digitali, graffiature, ecc.) o imperfezioni del vetro. Un leggero strato di olio di silicone applicato e strofinato sulla superficie esterna in modo da ottenere un film uniforme evita il depositarsi di polvere e minimizza gli effetti delle graffiature o altre piccole imperfezioni del vetro.

Costituiscono causa di errore anche le vibrazioni che disturbano visibilmente la superficie libera del campione. In ambiente umido o quando si effettuano misurazioni con campioni troppo freddi si può verificare un appannamento della parete esterna della cella, con conseguente falso incremento della torbidità.

Figura 1: a) schema di torbidimetro; b) schema di nefelometro.

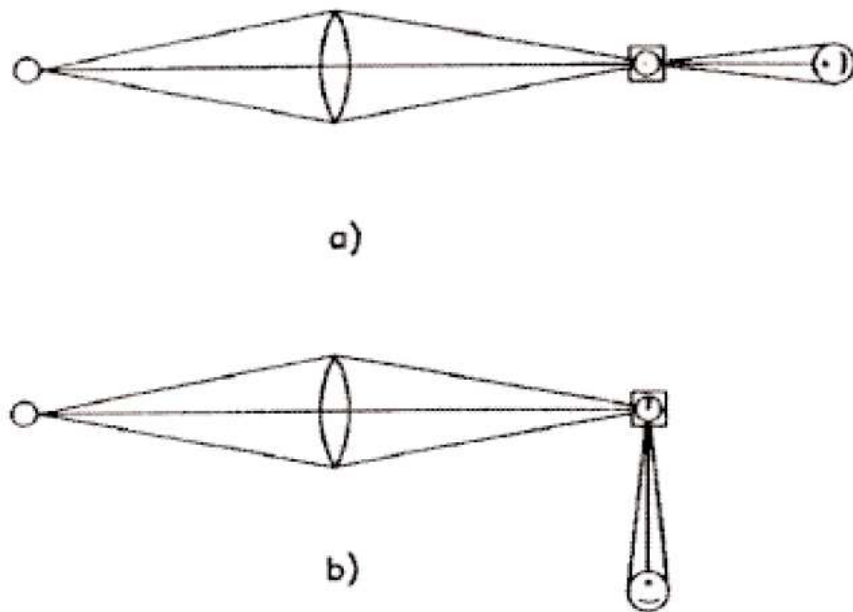


Figura 1: a) schema di torbidimetro; b) schema di nefelometro.

Per abbattere la torbidità dobbiamo cercare di ridurre le forze repulsive a favore di quelle di attrazione. Ed è esattamente quello che succede per esempio quando introduciamo nell'acqua l'alluminio sotto forma di solfato o di PAC. In questo modo infatti le particelle formano dei fiocchi più grandi che più velocemente decanteranno in un chiarificatore.

Alcuni tipi di flocculanti utilizzati sono:

- 1) cloruro ferrico/ferroso
- 2) solfato ferroso
- 3) sali di alluminio

I flocculanti a base di alluminio agiscono bene nel range compreso tra pH 5.0 e 7.5

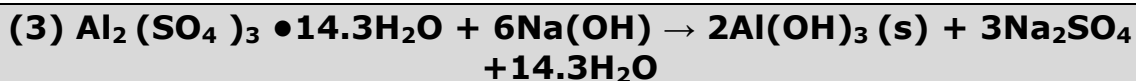
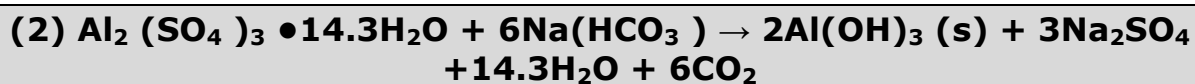
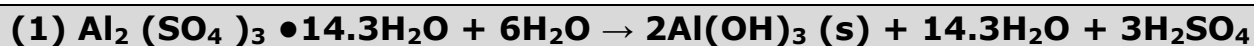
Il cloruro ferrico a pH più bassi di 4.5

Il solfato ferroso per pH compresi tra 4.5 e 9.5.

Nel caso dei **sali d'alluminio** si formano nella flocculazione i complessi positivi degli idrossidi di alluminio. Questi spostano la carica negativa delle particelle colloidali. A questo punto tali particelle risultano polari e per effetto delle forze di Van Der Waals si formano i fiocchi. L'effetto continua fino a quando abbiamo lo ione Al^{3+} che formando un complesso $Al(OH)_3$ precipita. Un eccesso di flocculante produrrà esattamente l'effetto contrario perché manderà di nuovo in soluzione il precipitato.

La chiave finale per ottenere un buon fiocco è l'energia che viene trasmessa durante la rotazione delle pale (rpm). Ovviamente anche qui non si può eccedere perché in tal caso si avrebbe il disfacimento del fiocco che comporta l'aumento del tempo di sedimentazione all'interno del sedimentatore.

Le reazioni che entrano in gioco sono (tenendo conto che si utilizza Solfato di Alluminio grado tecnico e quindi con un contenuto variabile di acqua di cristallizzazione):



1.2 Prove di jar-test con Sali d'alluminio:

L'apparecchiatura occorrente per una prova di jar test è:

- 1) apparecchio di jar test
- 2) 6 becher da 1500/1000 ml
- 3) pH-metro
- 4) pipette
- 5) conduttimetro
- 6) torbidimetro

Procedura:

- 1) preparare una soluzione 10 g/l di sale d'alluminio
- 2) preparare una soluzione tampone 0.1 N di soda
- 3) riempire i becher con un litro di acqua grezza
- 4) misurare temperatura e conducibilità
- 5) misurare il pH iniziale
- 6) aggiungere il sale d'alluminio e l'eventuale correttore di pH
- 7) impostare una miscelazione rapida per un minuto a 100 rpm
- 8) impostare una miscelazione lenta per 15 minuti a 20 rpm
- 9) bloccare la miscelazione e osservare la formazione e decantazione dei fiocchi. Lasciare sedimentare per 30 minuti
- 10) misurare la torbidità finale prelevando il campione a qualche cm dalla superficie evitando di toccare i fiocchi.
- 11) Misurare il pH finale



Risulta di fondamentale importanza l'osservazione del fiocco (forma e dimensione)

	CORSO FORMAZIONE	Formazione risorse
		Revisione Aprile 2009 – Ver.2.0
		Cap. IV – Processi stabilizzazione

Ossia dopo 10 minuti si guarda se il fiocco:

- è presente;
- è appena visibile, piccoli punti;
- è piccolo o di media dimensione;
- è di grandi dimensioni;
- è molto grande;

Ancora, i fiocchi in superficie possono essere

- Alcuni
- Pochi
- Molti
-

Le informazioni da registrare sono quelle riportate nella seguente tabella:

PROVA DI JAR-TEST

Data _____

Temperatura dell'acqua da trattare _____ °C

	Beker					
	1	2	3	4	5	6
Torbidità grezza (NTU)						
pH grezza						
Dosaggio flocculante inorganico (mg/l)						
Dosaggio flocculante organico (mg/l)						
Torbidità decantata (NTU)						
pH decantata						

Osservazioni del fiocco dopo 10 minuti dal termine dell'agitazione						
	1	2	3	4	5	6
assente						
presente						
è appena visibile, piccoli punti						
è piccolo o di media dimensione						
è di grandi dimensioni						
è molto grande						
Presenza di fiocchi in superficie						
	1	2	3	4	5	6
Alcuni						
Pochi						
Molti						

Note:

.....

.....

Operatore

1.3 Prove di jar-test con polimeri:

Preparazione dei polimeri per la prova del Jar-test

Affinché la prova dia dei risultati positivi gioca un ruolo fondamentale la preparazione dei polimeri. La tecnica di diluizione "MAKE DOWN" è particolarmente critica poiché coinvolge molecole in emulsione prima dell'attivazione del polimero.

Apparecchiatura richiesta:

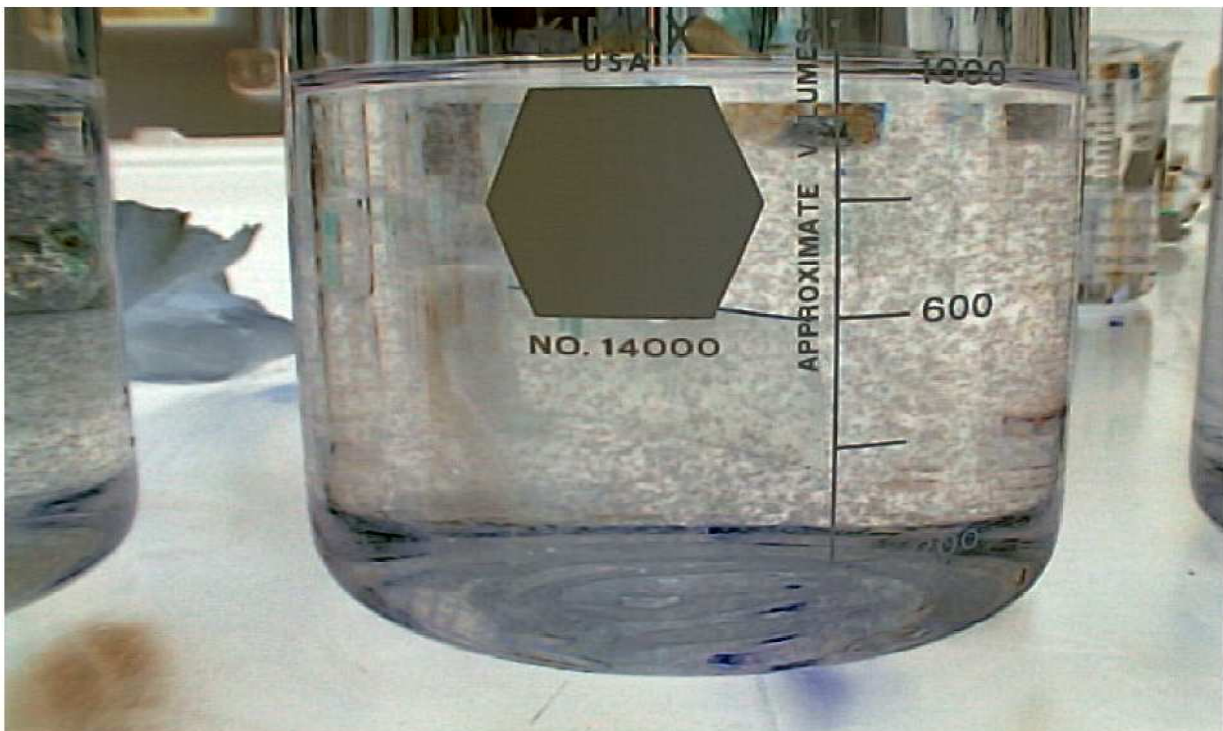
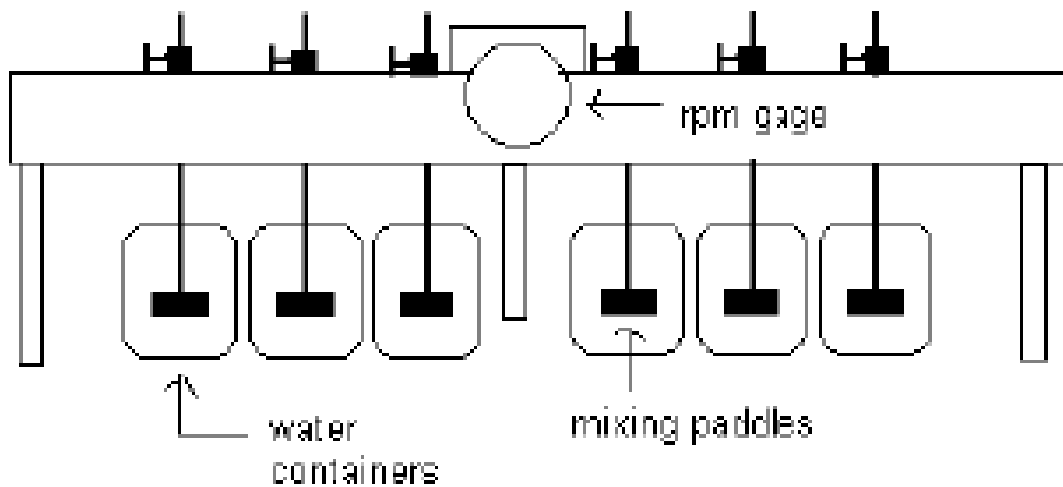
- 1) bottiglie da 250 ml con tappo
- 2) jar test
- 3) siringhe da 5 e 10 cc
- 4) becher da 250 e 500 ml
- 5) acqua grezza
- 6) cilindro graduato da 100 ml

Procedura:

- 1) aggiungere 198 ml di acqua grezza nei becher
- 2) iniziare a mescolare;
- 3) iniettare 2 ml di polimero nel vortice
- 4) mescolare per 20 secondi
- 5) far trascorrere almeno 20 minuti
- 6) preparare soluzioni allo 0.1 %
- 7) aggiungere 180 ml di acqua in una bottiglia da 250 ml
- 8) aggiungere 20 ml della soluzione all'1%
- 9) agitare in modo vigoroso per almeno un minuto.

1.4 Prove di jar-test con soluzioni di polimeri e flocculanti inorganici:

- aggiungere 198 ml di acqua ad una bottiglia da 250 ml
- per mezzo di una siringa aggiungere 2 ml di prodotto alla bottiglia
- agitare vigorosamente per almeno 1 minuto
- preparare soluzioni allo 0.1 %
- aggiungere 180 ml ad una bottiglia da 250 ml
- aggiungere 20 ml di soluzione al 1%
- agitare vigorosamente per almeno un minuto.



1.5 Prove di jar-test con permanganato di potassio:

Il permanganato di potassio è stato usato per anni per il trattamento dell'acqua potabile ma anche per il trattamento delle acque reflue. Il $KMnO_4$ è un ossidante energetico utilizzato per abbattere i residui organici sia naturali che di natura antropica. E' inoltre impiegato per ossidare il ferro, il manganese, i composti dei solfuri che in genere conferiscono odore sgradevole, e tutti quei composti originati dalle alghe microscopiche che si sviluppano sulle acque superficiali in funzione del periodo dell'anno, della temperatura e della composizione chimica (stato eutrofico dell'acqua).

Il permanganato deve essere usato con molta attenzione in quanto una volta aggiunto all'acqua le conferisce un colore viola intenso. Durante la reazione di ossidazione lo ione permanganato è ridotto e si ha un viraggio di colore dal viola al giallo o al colore marrone. Il prodotto finale è il biossido di manganese (MnO_2) insolubile che può essere rimosso tramite sedimentazione e filtrazione. E' necessario che tutto il permanganato dosato sia convertito in biossido di manganese prima della fase di filtrazione altrimenti avremo dei problemi sulla rete di distribuzione dovuti al colore e alla concentrazione di manganese. L'utente finale cioè troverà l'acqua colorata e si potrebbero formare dei depositi lungo la rete di distribuzione.

Preparazione della soluzione madre A: pesare 5 grammi di permanganato e scioglierli in 500 ml di acqua distillata.

Preparazione della soluzione diluita B: prelevare 4 ml della soluzione A e diluire a 100 ml con acqua distillata. Ogni 5 ml di questa soluzione aggiunti a 2000 ml di acqua grezza fanno sì che la concentrazione finale di permanganato sia di 1 mg/l.

Esempio di jar test:

Introdurre in sei becher 2000 ml di acqua grezza. Dosare in ogni becher flocculanti e/o polimeri in quantità tali da riprodurre esattamente le condizioni dell'impianto. Correggere se necessario il pH ma non aggiungere cloro.

Partendo dal primo becher aggiungere nell'ordine:

Becher	ml di $KMnO_4$	mg/l $KMnO_4$
1	0,50	0,10
2	0,75	0,15
3	1,00	0,20
4	1,25	0,25
5	1,50	0,30
6	1,75	0,35

Agitare per simulare la turbolenza ed osservare le variazioni di colore.

Poiché il ferro ed il manganese cominciano ad ossidarsi il campione inizierà a virare imbrunendosi ed evidenziando la presenza di ossidi di ferro e di manganese. I campioni che mantengono un colore marrone o giallo indicano che il processo di ossidazione è incompleto e che richiederà un'integrazione del dosaggio di KMnO_4 . Il dosaggio ottimale è quello del primo becher dove rimane la colorazione rosa per almeno 10 minuti, ossia se nell'esperimento effettuato abbiamo questa situazione:

Becher	ml di KMnO_4	mg/l di KMnO_4	colore
1	0,50	0,10	no rosa
2	0,75	0,15	no rosa
3	1,00	0,20	no rosa
4	1,25	0,25	no rosa
5	1,50	0,30	rosa
6	1,75	0,35	rosa

si sceglierà il dosaggio del becher numero 5 corrispondente a 0.30 mg/l di permanganato. Se con questo primo ciclo non si osserva nessuna colorazione rosa allora dobbiamo aumentare i dosaggi partendo dal primo becher.

Per capire se abbiamo determinato il giusto dosaggio possiamo fare un'ulteriore verifica: aggiungiamo 1.25 ml della soluzione B a 1000 ml dell'acqua trattata. Se il campione vira al colore marrone abbiamo ancora ferro o manganese in soluzione. Se il campione è rosa allora significa che l'ossidazione è completa.

Il permanganato di potassio è utilizzato come ossidante nel trattamento di pre-ossidazione, non solo per ferro e manganese, in modo tale che il disinfettante vero e proprio sia aggiunto dopo la filtrazione.

Il dosaggio di KMnO_4 per la rimozione del manganese e del ferro può anche essere determinato analiticamente con la seguente formula:

$$\text{Dose } \text{KMnO}_4, \text{ mg/l} = 0.6(\text{Ferro, mg/l}) + 2.0(\text{Manganese, mg/l})$$

Se per esempio avessimo una acqua con 0.4 mg/l di ferro e 1.2 mg/l di manganese dovremo dosare al minimo 2.64 mg/l di KMnO_4 . In effetti questo calcolo presuppone che non ci siano altri residui ossidabili nell'acqua non trattata. Di conseguenza la dose reale può essere più alta. Per questo motivo viene effettuata la prova di jar-test per determinare quello che è il giusto dosaggio.

1.6 Cloro richiesta

Procedura:

- 1) introdurre in 10 bottiglie un volume di acqua grezza pari a 500 ml. Bisogna essere sicuri che la bottiglia sia perfettamente pulita in modo tale da non sfalsare il risultato.
- 2) aggiungere in ogni bottiglia una certa quantità di cloro crescente; per esempio con concentrazioni che vanno da 0, 0.1, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.8, 2.4, 3.0, 3.6 mg/l. Miscelare. Mettere le soluzioni al buio e dopo 15 minuti misurare la concentrazione di cloro libero e cloro totale.
- 3) alla conclusione dell'esperimento si rilevano tutte le concentrazioni residue.

	Volume campione	Tempo	Cloro libero	Cloro totale
Bottiglia 1				
Bottiglia 2				
Bottiglia 3				
Bottiglia 4				
.....				

Gli ossidanti, che possono essere anche disinfettanti, sono utilizzati anche per:

a) minimizzare i sottoprodotti di disinfezione;

parecchi ossidanti forti, come il permanganato di potassio e l'ozono – quest'ultimo pure disinfettante, possono essere usati per controllare i precursori dei sottoprodotti. L'uso dell'ozono è ancora in fase di studio e gli effetti dipendono dal quantitativo di dosaggio, pH, alcalinità e natura del materiale organico. I pH bassi in quest'ultimo caso sono da preferire ai pH alti.

b) prevenire lo sviluppo di alghe nei filtri;

la preossidazione è spesso usata per minimizzare i problemi operativi connessi con lo sviluppo biologico all'interno dell'impianto di trattamento. La preossidazione infatti evita la formazione di melma sui filtri, sui tubi, sui serbatoio d'accumulo e riduce i

potenziali rischi di odore e gusto associati alla formazione di questi composti. In effetti bisogna effettuare un dosaggio che garantisca un piccolo residuo di cloro, funzione del tempo di contatto, sino ai filtri per evitare la formazione su questi di alghe e batteri.

c) ossidazione di ferro e manganese;

Ferro e manganese sono più problematici in acque sotterranee piuttosto che su acque superficiali fresche. Abbiamo visto, esaminando le caratteristiche delle acque, che negli invasi si possono presentare problemi stagionali che causano improvvisi aumenti della concentrazione di Ferro e Manganese. Anche se sono dei composti non pericolosi per la salute umana questi residui possono causare problemi ai diversi macchinari e conferire all'acqua un sapore sgradevole. Lo scopo è ossidarli in modo tale che formino un precipitato che viene rimosso successivamente nella fase di sedimentazione e filtrazione (che quindi migliorano la loro efficacia). Quasi tutti gli ossidanti comuni tranne le clorammine convertiranno il ferro da ferroso (2+) a ferrico (3+) e analogamente il manganese da (2+) a (4+). Si formeranno dei precipitati la cui composizione chimica dipende dalla natura dell'acqua, dalla temperatura e dal pH.

La tabella seguente riporta le dosi di ossidante necessarie per la rimozione di ferro e manganese. Le reazioni di ossidazione dei metalli sono molto veloci (qualche secondo) mentre le reazioni di formazione dei sottoproti sono più lente (qualche ora).

Questo significa che l'eccesso di cloro residuo (se basso!) non avrà modo di concorrere alla formazione di sottoprodotti perché verrà rimosso naturalmente con l'evaporazione.

Ossidante	Mg/mg Ferro (2+)	Mg/mg Manganese (2+)
Cloro, Cl ₂	0,62	0,77
Biossido di cloro, ClO ₂	1,21	2,45
Ozono, O ₃	0,43	0,88
Ossigeno, O ₂	0,14	0,29
Permanganato di potassio, KMnO ₄	0,94	1,92

d) rimozione di odori e sapori;

Questi hanno origine dalla decomposizione della vegetazione e da microrganismi. Concorrono anche residui antropici, industriali e l'agricoltura. La causa di tutto è la formazione dell'idrogeno solforato ma sono anche gli stessi disinfettanti che conferiscono all'acqua un sapore sgradevole. Poiché molti di questi residui sono resistenti, in questi casi, si utilizza ozono associato al perossido d'idrogeno o ozono associato ai raggi UV.

e) rimozione di colore

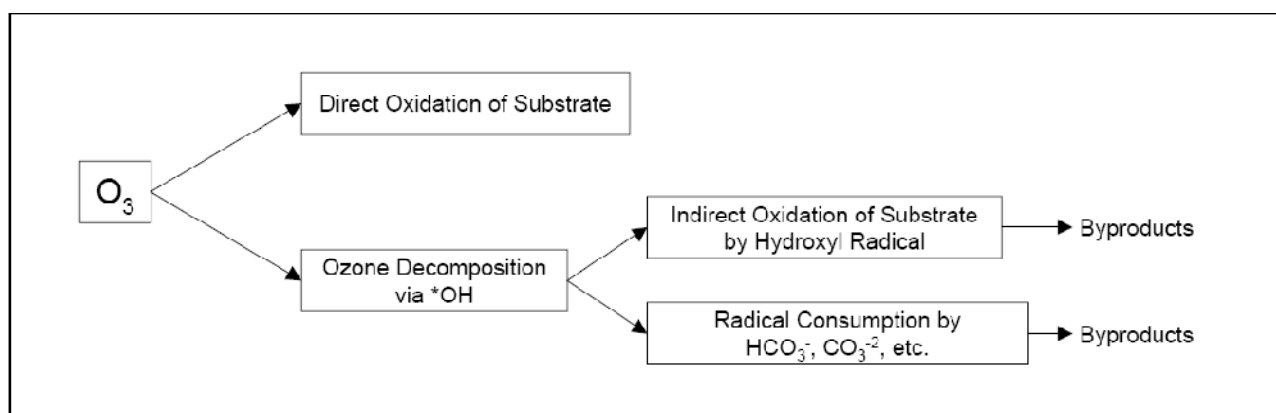
Il colore è causato dai residui umici i quali hanno un alto potenziale di formazione di sottoprodotti. Il colore è eliminato grazie all'azione dei preossidanti ed alla coagulazione a pH bassi.

La cinetica e i dosaggi vengono sperimentati con delle prove pratiche.

Principali pre-ossidanti utilizzati:

1) OZONO:

ossida ferro e manganese. Le forme ossidate precipiteranno come idrossido. Il dosaggio richiesto per l'ossidazione è di 0.43 mg/mg di ferro e di 0.88 mg/mg di manganese



2) BLOSSIDO.

Utilizzato dall'inizio del 20° secolo il biossido di cloro è considerato il disinfettante più energico. Ci permette di:

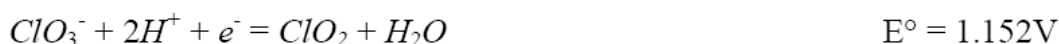
- controllare ferro e manganese;
- controllare l'idrogeno solforato e i residui fenolici;
- controllare odori e sapori;

E' un residuo neutro del cloro allo stato di ossidazione +4. E' una molecola molto piccola, altamente energetica. Ad alte concentrazioni reagisce violentemente con gli agenti riduttori. E' stabile in soluzioni diluite all'interno di contenitori scuri e senza la luce

diretta del sole. Funziona trasferendo l'unico elettrone che si ritrova e riducendosi a ione clorito.



Other important half reactions are:



Il 70% del biossido è trasformato in clorito, il restante 30% in clorato e cloruri

3) PERMANGANATO DI POTASSIO:

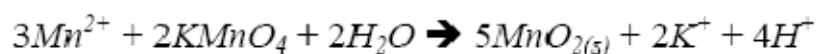
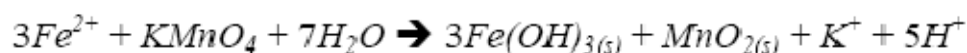
utilizzato per abbattere sapori, odore, colore, ferro e manganese. Può anche essere impiegato secondariamente per il controllo della formazione dei THMt e di altri sottoprodotti. Il permanganato di potassio (Mn^{+7}) è ridotto a biossido di manganese (Mn^{+4}) che precipita.



Under alkaline conditions, the half-reaction is (CRC, 1990):



Le reazioni classiche dell'ossidazione di ferro e manganese sono:



Il tempo di queste reazioni è di circa 5-10 minuti purchè il pH si aggiri intorno a 7.