



Patent Pending

USO DELL'OZONO PER LA POTABILIZZAZIONE DELL'ACQUA

INDICE

<i>1) Introduzione</i>	<i>pag. 3</i>
<i>2) Disinfezione dell'acqua</i>	<i>pag. 5</i>
<i>3) Deferizzazione e Demanganizzazione dell'acqua</i>	<i>pag. 9</i>
<i>4) Effetti nella depurazione dell'acqua trattata con Ozono</i>	<i>pag. 12</i>
<i>5) Trattamento acqua con Cloro</i>	<i>pag. 13</i>
<i>6) Valori di raffronto, vantaggi ed economicità metodo Cloro-Ozono</i>	<i>pag. 14</i>
<i>7) Definizione dell'impianto</i>	<i>pag. 16</i>

1) Introduzione

Per poter essere considerata potabile l'acqua deve corrispondere ad una serie di quesiti di carattere organolettico, chimico e batteriologico.

I requisiti di carattere organolettico, pure importanti, sono i meno impegnativi e vincolanti.

È logico comunque che un'acqua potabile dovrebbe essere fresca, limpida, inodore e possedere un gusto gradevole.

Come requisiti chimici, in parte legati anch'essi ai caratteri organolettici, l'acqua deve essere

priva di sostanze velenose (sali di metalli pesanti), non deve presentare un contenuto eccessivo di solfati, cloruri e ioni magnesio, che, in forte concentrazione impartiscono un sapore sgradevole, ma non deve neppure essere del tutto demineralizzata e deareata per non risultare insipida.

È bene poi che l'acqua potabile non sia eccessivamente dura per non originare depositi e incrostazioni nelle tubazioni e per non divenire eccessivamente torbida all'ebollizione.

Criterio fondamentale per la potabilità dell'acqua è comunque quello batteriologico: completa assenza di germi patogeni.

L'acqua potabile, deve rispettare diversi parametri chimico-microbiologico dettati dal DPR 236/88 a salvaguardia della qualità delle acque riservate al consumo umano.



Gli enti gestori di acquedotti hanno l'obbligo di garantire la qualità dell'acqua distribuita sino al punto di consegna (contatore).

L'utente ha l'obbligo di garantire una corretta manutenzione dell'impianto interno in modo che l'acqua non subisca delle alterazioni, ciò è maggiormente necessario quando l'acqua prima di essere utilizzata viene stoccata e subisce altri trattamenti (addolcitura ecc.).

In Italia ci si affida al sistema classico di disinfezione che consiste in Preossidazione, Disinfezione con NaClO o ClO₂ o Cl₂ o O₃, successiva Coagulazione, Flocculazione, e fase di Filtrazione su sabbia, ed infine Post-disinfezione con NaClO o ClO₂ o Cl₂ o O₃.

La legislazione Italiana ha adottato il limite di 30 microgr/litro per i sottoprodotti della clorazione, spingendo i gestori della rete di acquedotti ad utilizzare ossidanti

/disinfettanti quali il Biossido di Cloro e l'OZONO che limitano la formazione dei sottoprodotti nocivi derivanti dalla disinfezione.

Il DPR 236/88 ed in specifico gli art. 8 e 9 dettano le competenze delle ASL dell'ARPA e degli enti erogatori dell'acqua potabile sui controlli, le frequenze di campionamento e i metodi di analisi suddividendo la qualità dell'acqua in quattro gruppi in relazione ai seguenti parametri:

- *Parametri Organolettici*
- *Parametri chimico-fisico*
- *Sostanze indesiderabili*
- *Sostanze tossiche*

Sempre con lo stesso DPR per ciascun gruppo si stabiliscono i Valori Guida (VG) e la Concentrazione Massima Ammissibile (CMA).

Il DPR 236/88 suddivide i parametri in quattro tipologie di controllo C1 - C2 - C3 e C4, per le quali fissa frequenze minime anno, in relazione al numero di abitanti della popolazione servita, maggiore è la popolazione servita, maggiori sono i controlli anno.



2) Disinfezione dell'acqua

L'attività germicida dell'ozono si fonda sulla sua elevata capacità di ossidante diretto: grazie a questa qualità tutte le strutture macromolecolari delle cellule, microbiche e non (muffe, batteri acetici, eterolattici, lieviti apiculati etc.) vengono profondamente alterate ed inattivate. Non esiste specie microbica che resista, anche se produce spore o cisti.

In ogni caso l'azione germicida è rapida, completa e senza residui secondari apprezzabili.

La concentrazione di OZONO utile ai fini della potabilizzazione delle acque deve essere ovviamente proporzionale alla contaminazione.

L'azione germicida dell'ozono non appare influenzata da variazioni del pH, della temperatura (in alcune acque questa risulta essere piuttosto bassa), così come non è influenzata (se non in scarsa misura) dalla contemporanea presenza di sostanze organiche.

L'azione disinfettante dell'ozono non si limita ai batteri ed alle loro spore ed ai virus, ne sono investiti anche altri organismi.

Grazie al suo potente effetto ossidante si possono rompere anche complicate molecole.

E' di enorme importanza la sua capacità di reagire con composti che non si possono disgregare con agenti biologici, o altrimenti integrare nel processo biologico per produrre sostanze disponibili per ulteriori trasformazioni, per esempio "i batteri".

Per i motivi sopra esposti, è importantissima l'azione disinfettante dell'ozono.

Essendo quest'ultimo un fortissimo ossidante (secondo solamente al fluoro), si possono abbattere composti aromatici altamente velenosi o etero aromatici, vengono distrutti e possono essere così rimossi. Con irradiazioni simultanee di raggi ultravioletti, è persino possibile assoggettare il perchlorated biphenylis, il noto successore del DDT.

E' nota la possibilità del lavaggio delle condutture con acqua ozonizzata evitando l'uso di sostanze che aggiungono componenti inquinanti chimici velenosi che sono pure sotto accusa di cancerogenicità. Questa soluzione, se è comunque possibile in casi di acque lasciate defluire in pozzi perdenti in quanto il terreno farebbe da filtro all'effetto di queste sostanze chimiche, non è possibile quando gli scarichi sono convogliati in acque di superficie per il notevole ed immediato danno che procurerebbe alla flora ed alla fauna locale.

E' importantissimo far

presente che il lavaggio delle condutture con ozono oltre che assicurare la più assoluta disinfezione di queste, ne assicura una perfetta assenza di odori o sostanze residue.

L'OZONO, contrariamente al



cloro o ai vari cloroderivati, ha azione non solo sui batteri ma anche sui virus e le spore.

Nella sua azione sterilizzante l'OZONO agisce direttamente sui batteri inducendo sulla massa delle proteine batteriche un processo di ossidazione catalitica, diversamente dal cloro che agirebbe attraverso un avvelenamento enzimatico specifico dei centri vitali, processo che necessita di un maggior intervallo di tempo per la diffusione all'interno del citoplasma.

Circa l'azione virulicida è interessante tenere presente che con un tasso residuo di ozono di 0,3 ppm e con un tempo di

contatto di 4 minuti, la percentuale di inattivazione è superiore al 99,99 % dei virus presenti originariamente nel refluo.

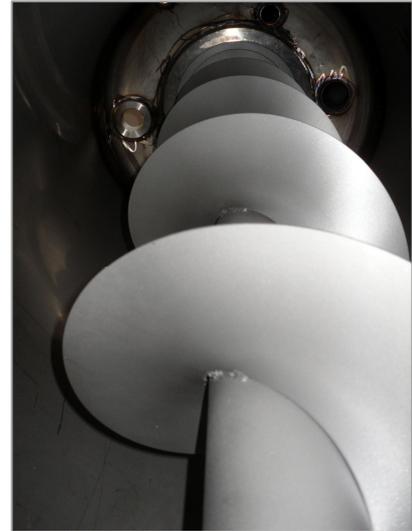
All'opposto del cloro, l'OZONO non trova limiti alla propria azione, né per torbidità, né per pH e non dà luogo a prodotti addizionali o di sostituzione negativi.

Sviluppa ossigeno molecolare mentre procede alla eliminazione delle macromolecole organiche in soluzione che produrrebbero nell'acqua sapori o odori sgradevoli.

L'OZONO anche se dosato in eccesso, dopo circa 20 minuti di contatto si trasforma totalmente in ossigeno, senza alcun pericolo o senza azioni negative, anzi con arricchimento di ossigeno in acqua.

Il trattamento dei reflui industriali con ozono ha avuto un enorme sviluppo in Europa solo negli ultimi 15 anni nonostante si conoscessero le proprietà chimico – fisiche dell'ozono sui reflui industriali fin dai primi anni 70.

Dal 1987 ad oggi, sono stati realizzati in 18 paesi Europei oltre 1500 impianti di ozonizzazione per la depurazione di scarichi industriali.



È noto, in generale, che l'uso dell'ozono è vantaggioso per i seguenti motivi:

- (a) Forte potere ossidante che consente una reattività con numerosi composti organici.
- (b) Assenza di prodotti secondari.
- (c) Nessuna variazione di pH del refluo.
- (d) Possibilità di riutilizzo dell'acqua in virtù della completa rimozione delle sostanze contaminanti
- (e) Miglioramento delle proprietà organolettiche dell'acqua in quanto si apporta dell'ossigeno.

Le maggiori applicazioni dell'ozonizzazione sono mirate a trattamenti di disinfezione, micro-flocculazione per la rimozione di solidi sospesi, ossidazione di composti organici deodorizzazione e trattamento dei fanghi.

L'ossigeno che si presenta nella forma allotropica O_3 è termodinamicamente instabile infatti, ($\Delta G_f^\circ = 163 \text{ KJ}$).

Questa forma allotropica dell'ossigeno è meglio nota con il nome di “**ozono**”.

Questo è un gas di un penetrante odore caratteristico e di colore blu intenso,

Liquefa a $-119 \text{ }^\circ\text{C}$ formando un liquido fortemente colorato di blu.

Congela a $-192 \text{ }^\circ\text{C}$ dando un solido colorato di viola.

Ha temperatura critica $t_{cr.} = -12.15 \text{ }^\circ\text{C}$ mentre,

la solubilità dell'OZONO in acqua, è 12 volte maggiore di quella dell'ossigeno.

Dopo il fluoro, l'OZONO è il più forte ossidante



È questa la caratteristica che lo rende estremamente *reattivo*.

Di norma l'OZONO, ossidando, dà luogo (per i 2/3) alla formazione di ossigeno molecolare, come se ogni molecola di O_3 fosse portatrice di un atomo di ossigeno atomico e di una molecola O_2 .



3) Deferizzazione e Demanganizzazione delle acque

In questo impiego le qualità di ossidante dell'OZONO sono preziose.

Infatti, quando un'acqua contiene ferro o manganese, l'unico metodo per eliminare questi metalli che la rendono non potabile e difficilmente utilizzabile anche per usi tecnologici, consiste nell'ossidazione degli stessi seguita da una filtrazione, in genere su letto catalitico-filtrante, per l'eliminazione degli idrati metallici che dall'ossidazione si formano.

L'impiego dell'OZONO in questi casi può sostituire, con minor costo di esercizio, la Clorazione al "break-point" che molto spesso viene usata quando vi sia una contemporanea presenza di: ferro o manganese e sostanze organiche in notevoli quantità.

L'ossidazione del manganese, sempre problematica con i sistemi classici, nel caso dell'impiego di OZONO risulta essere rapida ed affidabile.

In particolare, questa prerogativa è preziosa nel caso di presenza contemporanea di ferro e

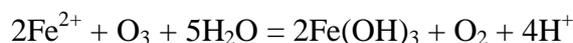
manganese, caso questo tra i più delicati nel campo del trattamento delle acque.

Infine, le acque contenenti ferro presentano parecchie volte contemporaneamente ferro-batteri la cui eliminazione è sempre problematica.

Esperienze condotte con l'OZONO anche dalla scrivente, hanno sempre dato risultati estremamente validi anche dove altri sistemi non erano riusciti a risolvere il problema.

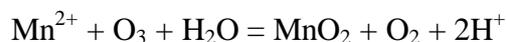
• **FERRO MANGANESE**

La reazione di ossidazione é:



sono necessari per questa reazione circa 0,43 g. di ozono per grammo di Fe^{2+} .

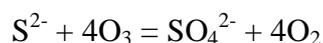
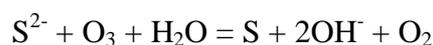
Per il manganese, sono necessari invece 0,87 g. di O_3 per ossidare 1 grammo di manganese secondo la reazione:



• **IONI SOLFURO**

Sono necessari per l'ossidazione 6 g. di ozono per grammo di S^{2-} .

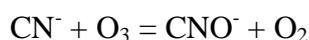
Le reazioni di ossidazione si possono così riassumere:



• **IONI CIANURO**

Si riduce notevolmente la loro pericolosità mediante l'ossidazione che avviene con un apporto di 1,8 g. di ozono per grammo di CN^- .

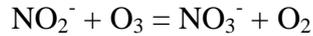
La reazione di ossidazione segue lo schema:



- **IONI NITRITO**

Sono necessari per ossidare 1 g. di NO_2^- 1,04 g. di ozono.

La reazione di ossidazione è:



La presenza delle sostanze appena elencate influenza tantissimo la dose assorbita nel trattamento tanto da condizionare fortemente il dosaggio in funzione della qualità del refluo da trattare.

Con i composti organici l'OZONO rappresenta forte reattività anche con quelli molto stabili, quali acidi umici e fulvici responsabili della formazione di composti organo alogenati, ma anche di molecole più stabili quali fenoli, benzene pesticidi (atrazina), ma l'OZONO esplica anche una attività di riduzione della frazione organica (COD) allo scarico.

Generalmente, la reattività dell'OZONO è nei confronti di quei composti organici contenenti anche doppi legami, in questo caso le molecole vengono spezzate formando molecole più semplici e più biodegradabili.

Si evidenzia inoltre una notevole attività di rimozione dei tensioattivi, molecole organiche, che possono provenire sia da scarichi di natura civile che industriali (soprattutto dalle operazioni di lavaggio dell'industria tessile) ma anche delle sostanze che producono spiacevoli colorazioni all'acqua in uscita.



4) Effetti nella depurazione dell'acqua con trattamento 'OZONO

Gli effetti dell'ozono nel trattamento delle acque, sono:

- Disinfezione batterica
- Disinfezione virale
- Disinfezione micotica
- Eliminazione delle alghe
- Ossidazione di ferro e manganese
- Ossidazione di organici (fenoli, detergenti, pesticidi)
- Ossidazione di inorganici (cianici ,solfidi, nitriti)
- Eliminazione della torpidità e dei solidi sospesi
- Eliminazione dell' odore e del sapore
- Rottura dei tensioattivi

Tabella dei risultati di disinfezione dell'acqua con Ozono:

TEMPI DI CONTATTO IN MINUTI

Specie microbica	Tasso di microrganismi x 1 ml	Concentrazione di O3 mg/l	1	3	5	10
Escherichia Coli	700.000.000	0,24	0	0	0	0
	2.600.000.000	0,30	2000	2000	0	0
Salmonella Typhy	1.600.000.000	0,46	0	0	0	0
	2.750.000.000	0,78	10	0	0	0
Shigella Dissenteryae	180.000.000	0,54	0	0	0	0
	2.750.000.000	0,72	2000	700	500	400
Brucella abortus	38.500.000	0,72	0	0	0	0
Staphylococcus Pyogenes Aureus	130.000.000	0,24	10	0	0	0
	4.000.000.000	0,18	40	30	20	0
Vibrio cholerae	9.000.000	0,24	0	0	0	0
	2.750.000.000	0,84	350	120	95	15

5) Trattamento acqua con Cloro

Oggi il Cloro è sotto accusa per svariati motivi:

- è poco attivo come disinfettante (non esercita alcuna azione contro i virus e limitata verso alcune specie microbi che es. Gram+ come stafilococchi, micrococchi e bacilli sporigeni come i micobatteri);
- è poco attivo verso i miceti e verso i protozoi ed i micofiti come le alghe;
- risulta nocivo per la flora e per la fauna delle acque superficiali che ricevono affluenti trattati con cloro;
- forma composti cancerogeni a lunga vita con le molecole organiche disciolte in acqua;
- possiede tempi di azione relativamente lenti (circa 30 minuti);
- necessita per risultare efficace, di essere applicato su acque limpide e chiarificate poiché il materiale organico ne riduce le proprietà antibatteriche;

- presenta limiti d'uso relativi alle temperature ed al pH, in quanto le basse temperature ed il pH elevato possono annullare l'azione disinfettante;
- causa sgradevoli sapori per la formazione di clorofenoli;
- dà origine a fastidiosi odori per le sue caratteristiche organolettiche;
- ha inoltre un'azione irritante sulle mucose e sulle congiuntive.

6) Valori di raffronto, vantaggi ed economicità
per il trattamento acqua con metodo Cloro-Ozono

Azione	Cloro	Ozono
Odore	Sgradevole	Nessuno
Sapore	Sgradevole	Nessuno
Colore	Tendente al giallo	Incolore
Potere ossidante	Buono	Eccellente (inferiore solo al Fluoro)
Attività antivirale	Nessuna	Elevata
Attività antibatterica	Molto variabile (per ogni specie)	Spettro di attività molto ampio
Attività distruttiva sugli elmiti	Lieve	Elevata
Attività distruttiva su alghe e protozoi	Lieve	Elevata
Attività distruttiva su miceti	Lieve	Elevata
Attività distruttiva su spore e cisti	Lieve	Elevata
Attività distruttiva su microcontaminatori	da Nessuna a Lieve	Elevata
Attività su molecole organiche sgradevoli (odore e sapore)	Nessuna	Elevata
Meccanismo di reazione	Ossidazione indiretta con produzione di clorammine, clorofenoli	Ossidazione diretta con ossigenazione dell'acqua

Va detto che, l'utilizzo del cloro per la disinfezione delle acque necessita di uno stato manutentivo costante, controllo del Ph, della torpidità, aggiunte periodiche del disinfettante, approvvigionamento e scorte del materiale, etc.



Tutto ciò ha un costo, e non poco in termine di costo per l'acquisto del prodotto cloro.

In contrapposizione al cloro abbiamo l'Ozono, i cui costi si riducono all'acquisto ed installazione della macchina, i consumi di corrente e nulla più.

Una volta stabilito il corretto apporto di ozono con gli appropriati controlli iniziali, non sono più necessari ulteriori verifiche .

In conclusione i vantaggi e l'economicità prodotti dall'uso dell'ozono nel trattamento delle acque sono:

- disinfezione ad amplissimo spettro di azione
- efficace in tempi brevissimi
- efficace a basse concentrazioni
- evita ogni problema di gusto e di odori sgradevoli
- rende l'acqua incolore e cristallina
- non irrita le mucose e le congiuntive
- non forma composti nocivi nell'aria e nell'ambiente
- evita problemi di approvvigionamento e scorte
- bassi costi di esercizio

Per questi motivi si afferma che:

**“L'OZONIZZAZIONE E' IL METODO MIGLIORE PER LA DISINFEZIONE BATTERICA E
BONIFICA DELLE ACQUE”**

7) Definizione dell'impianto

L'impianto oggetto del progetto è stato sviluppato tenendo presente una serie di condizioni di salute dell'acqua di acquedotti.

La capacità di trattamento dell'acqua sarà calcolata sulla reale richiesta dell'utente ne periodo di massimo prelievo, la cui pressione è tra i 4 –5 Bar.

L'impianto è composto da un essiccatore aria, da un gruppo ozonizzatore, trasformatori di corrente, catalizzatore dell'ozono non utilizzato, impianto di compressione e rimando, contenitori di raccolta; impianto elettrico di gestione per il controllo automatico a distanza dei valori di produzione dell'OZONO, e del buon funzionamento di tutto il sistema .

L'impianto è completato da rilevatori di OZONO sia per quanto riguarda la percentuale di OZONO residuo presente nell'acqua in prelievo sia per il controllo dell'OZONO in aria (ambiente).

In opzione l'impianto può essere gestito da un PC programmato, collegato in rete con una sala operativa che può controllare costantemente i valori dell'acqua, ciò per la massima sicurezza dell'utilizzo.

Il sistema prevede anche il blocco dell'impianto in caso di anomalia di funzionamento con avviso via rete al sistema di controllo.

Il verificarsi del blocco, permetterà comunque l'utilizzo dell'acqua in quanto l'impianto è protetto da un sistema di deviazione in automatico.

Tutto l'impianto è costruito in materiale acciaio inox 316 (alimentare).

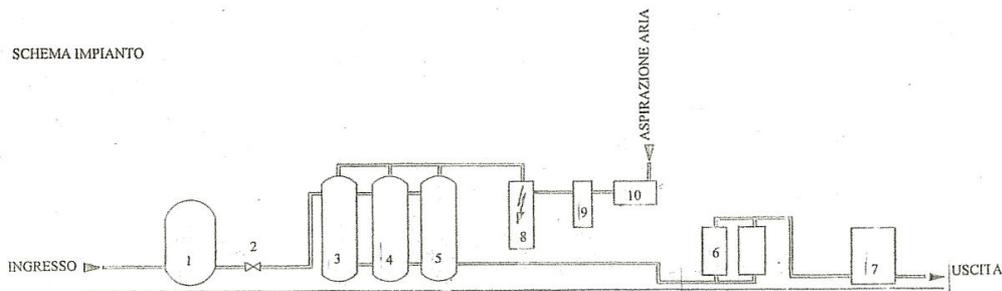
Segnalatori visivi ed acustici, secondo la normativa sono posti in concomitanza del vano tecnologico ove viene installato l'impianto.

Le misure di ingombro per un impianto che può erogare in continuo 200 lt./min.

di acqua trattata sono:

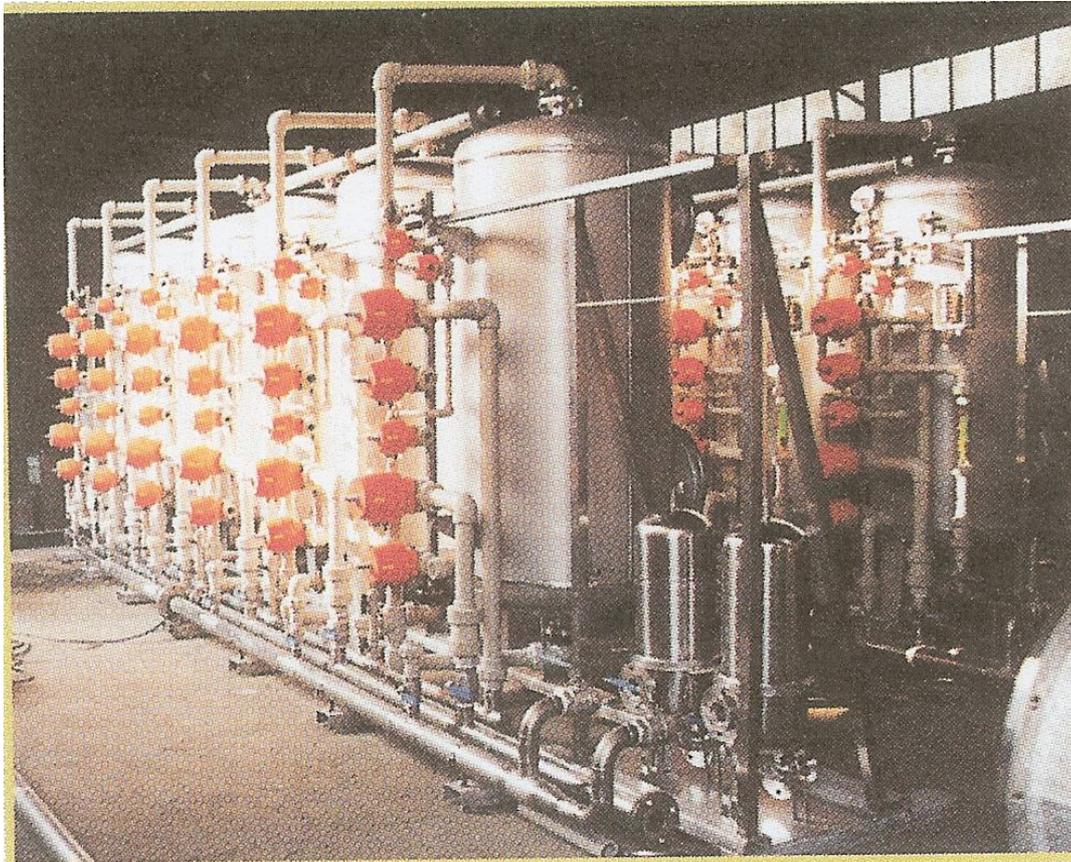
- Lungh. 4mt. – Profondità 1mt. – Altezza 2,5mt.
- Il peso a vuoto è di circa 630 kg
- Il volume di acqua stoccata è di 3,0 m³
- Assorbimento impianto 4,45 amp.
- Tensione 220/230 volt. – 50 Hz.

SCHEMA IMPIANTO



LEGENDA

1	Filtro ingresso
2	Valvola intercettazione
3	Serbatoio stoccaggio nr 1
4	Serbatoio stoccaggio nr 2
5	Serbatoio stoccaggio nr 3
6	Pompa ricircolo
7	Filtro deozonizzatore
8	Generatore Ozono
9	Filtro aria
10	Compressore aria



(Impianto 12.000 litri/minuto acqua trattata)