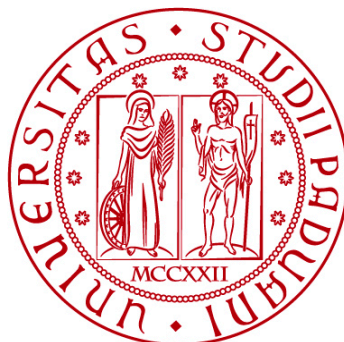


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Corso di Laurea Triennale in: Ingegneria Gestionale



TESI DI LAUREA di primo livello

**DALLA SORGENTE ALL'IMPIEGO: CICLO,
CLASSIFICAZIONE E METODI IMPIANTISTICI DI
POTABILIZZAZIONE DELL'ACQUA, BENE
UNIVERSALE IMPRESCINDIBILE ALLA VITA**

Relatore: CH.MO PROF. MIRTO MOZZON

Correlatore: DOTT. AUGUSTO TASSAN

Laureando: GIACOMO SCHIESARO

Matricola N° 1069628

ANNO ACCADEMICO 2016-2017

“L’acqua è un diritto di base per tutti gli esseri umani: senza acqua non c’è futuro. L’accesso all’acqua è un obiettivo comune. Esso è un elemento centrale nel tessuto sociale, economico e politico del paese, del continente, del mondo. L’acqua è democrazia.”
Nelson Mandela

SOMMARIO

INTRODUZIONE	7
CAPITOLO 1 Ciclo idrologico naturale, caratteristiche ed inquinamento dell'acqua	9
1.1. Il ciclo dell'acqua	9
1.2. Il pH dell'acqua ed il processo di coagulazione mediante ferro ed alluminio	11
1.3. La durezza dell'acqua	13
1.4. Proprietà particolari dell'acqua	14
1.4.1. Salinità e presenza di gas	16
1.4.2. Altre caratteristiche da considerare	17
1.5. Tipologie di acque	21
1.5.1. Acque superficiali	21
1.5.1.1. Lo stato chimico	23
1.5.1.2. Lo stato ecologico	25
1.5.2. Acque sotterranee	25
1.6. Inquinamento atmosferico	27
1.6.1. L'inquinamento delle acque meteorologiche	30
1.6.2. L'inquinamento delle acque superficiali	33
1.6.3. L'inquinamento delle acque sotterranee	34
1.6.4. L'inquinamento del suolo	38
CAPITOLO 2 Ciclo idrologico antropico, dall'approvvigionamento allo scarico	41
2.1. Approvvigionamento idrico	41
2.2. Difetti ed impurezze delle acque naturali	42
2.2.1. Batteriologia dell'acqua potabile	43
2.2.2. Parametri dell'acqua potabile	44
2.3. Meccanismi di potabilizzazione; generalità	46
2.3.1. Mescolazioni – Flocculazione	48
2.3.2. Decantazione	52
2.3.3. Filtrazione	56
2.3.3.1. Caratteristiche tecniche dei filtri	57
2.3.4. Sterilizzazione	59
2.3.5. Neutralizzazione	65
2.3.6. Addolcimento e demineralizzazione con scambiatori di ioni	67
2.3.7. Deferrizzazione – Demanganizzazione	69
2.4. Requisiti dell'acqua in relazione all'utilizzazione	71
2.5. Acque di scarico industriali e suddivisione acque bianche e nere	72
2.5.1. Sostanze biologicamente inattive	74
2.5.1.1. Acque reflue di origine domestica ed industriale	76
2.5.2. Sostanze biologicamente attive	77
2.6. Popolazione equivalente per diversi tipi di industrie	81
2.7. Coefficienti di inquinamento	83
CAPITOLO 3 Caso studio: Impianti di potabilizzazione dell'Anconella e Mantignano	85
3.1. Introduzione storica	85
3.2. Acquedotto di Firenze	87
3.3. Impianto dell'Anconella	87
3.4. Impianto di Mantignano	98

CONCLUSIONE 103
BIBLIOGRAFIA 105
SITOGRAFIA.....106

INTRODUZIONE

L'articolo 25 della "Dichiarazione universale dei diritti dell'uomo" propone l'acqua come bene primario utile al sostentamento individuale e collettivo, necessario a salvaguardare il diritto umano universale quale: "un tenore di vita sufficiente a garantire la salute e il benessere proprio dell'individuo e della sua famiglia".

L'acqua viene utilizzata per molteplici scopi, rivestendo un ruolo centrale in tutte le attività che ne fanno uso, diretto o indiretto. Negli ultimi decenni i consumi mondiali di acqua sono aumentati di quasi dieci volte: circa il 70% dell'acqua consumata sulla Terra è impiegata per l'uso agricolo, il 20% per l'industria, il 10% per gli usi domestici. In Italia il settore agricolo assorbe il 60% dell'intera domanda di acqua del Paese, seguito dal settore industriale ed energetico con il 25% e dagli usi civili per il 15%.

La distribuzione idrica sarà anticipata, dunque, da necessarie opere di captazione, approvvigionamento e conseguente valutazione dell'acqua con il fine di trattamento di quest'ultima mediante impianti aventi lo scopo di renderla utilizzabile o potabile a seconda della necessità.

Attualmente, però, l'approvvigionamento dell'acqua per usi civili, agricoli ed industriali presenta gravi carenze dovute da un lato all'accrescimento esponenziale della popolazione sul globo; dall'altro al recente fenomeno della distruzione parziale o totale delle risorse idriche dovuto agli inquinamenti di origine industriale e urbana.

Il problema dell'acqua è diventato pertanto molto acuto ed anche se vi è ancora un largo margine di utilizzazione dei deflussi, mediante ulteriori invasi, traverse ecc., c'è da tenere conto che le condizioni di raccolta e captazione più favorevoli sono già state sfruttate.

In Italia ad esempio a causa dell'aumento della popolazione, dell'estensione delle aree agricole e dell'accrescimento delle zone industriali, si è avuto un forte aumento della domanda di acqua.

Alberto Mercanti, nel suo studio riguardante il "Problema acqua" (1987, pg.11), afferma la necessità, perciò, di disporre di molti miliardi di mc. di acqua in più all'anno (oltre a conservare indenni da inquinamenti quella disponibile) e l'obbligo, pertanto, di attuare un organico programma di leggi, provvedimenti, interventi ed opere che dovrebbero esplicarsi attraverso:

- la costruzione di nuovi serbatoi per la raccolta e la conservazione delle acque superficiali;
- il riordino delle utenze irrigue esistenti;

-la non immissione nei corpi idrici di sostanze non biodegradabili e la depurazione delle altre acque;

-l'aumento dei cicli di utilizzazione della stessa acqua nella stessa fabbrica (riciclo);

-la dissalazione delle acque marine.

L'obbiettivo deve essere, dunque, nel contempo di limitare lo spreco idrico e massimizzare l'efficienza delle attività di potabilizzazione e depurazione.

Lo scopo di questa tesi sarà quello di fornire, anche dando un occhio al passato, una trattazione generale sull'acqua volta a capire in particolare la sua lavorazione e depurazione da sostanze inquinanti.

Sovente, infatti, si incorre nell'ingenuo errore di fare riferimento al "ciclo dell'acqua" solamente in funzione del suo sviluppo naturale; esiste, però, un secondo e più complicato ciclo, fatto di opere di captazione delle acque inquinate, potabilizzazione postuma all'approvvigionamento, consumo e successivo scarico dei reflui (che rientreranno nel processo), ossia il "ciclo antropico" che si basa su specifiche conoscenze impiantistiche.

Dopo aver trattato del "ciclo naturale", soffermandosi, oltre che sull'analisi della sua divisione in processo fisico e biologico, anche sulle caratteristiche chimiche e fisiche dell'acqua, sulla suddivisione dei corpi idrici fondamentali e sulle cause e tipologie di inquinamento, si passerà alla trattazione antropica, dando spazio all'azione dell'uomo che è in grado di modificare e distribuire, funzionalmente ai propri bisogni, i corpi idrici inquinati.

In una trattazione così generica dell'acqua, verrà proposto il caso studio riguardante un'analisi degli impianti dell'Anconella e Mantignano dell'acquedotto di Firenze, utile per evidenziare come ogni singola opera coinvolta nel processo di potabilizzazione svolga un ruolo specifico, individuale, essenziale e soprattutto funzionale in un impianto di potabilizzazione.

CAPITOLO 1

Ciclo idrologico naturale, caratteristiche ed inquinamento dell'acqua

1.1. Il ciclo dell'acqua

Lo studio del ciclo dell'acqua rappresenta il nucleo principale dell'idrologia che, per definizione, è la scienza che prende in esame la presenza, la qualità e gli effetti dell'acqua sulle terre emerse, utilizzando a sua volta i dati forniti dalla meteorologia e dalla climatologia.

L'acqua compie in natura un ciclo (figura 1) che interessa tutti e tre gli ambienti vitali (aria, acqua, suolo); sarà quindi opportuno prenderlo in esame allo scopo di comprendere meglio che i fenomeni di degrado non rimangono mai confinati in uno solo dei tre suddetti ambienti.

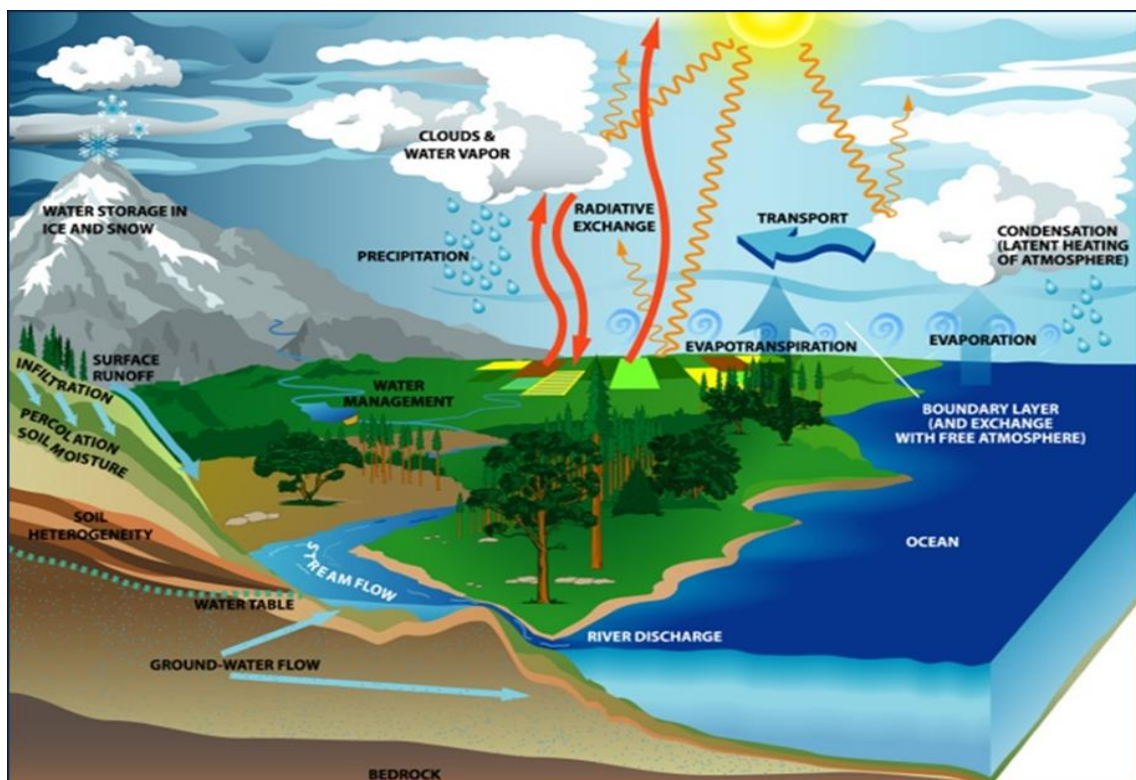


Figura 1: ciclo fisico dell'acqua.

Il ciclo fisico dell'acqua inizia con le precipitazioni liquide e solide dovute alla condensazione del vapore acqueo contenuta nell'atmosfera. Il 70% circa dell'acqua caduta viene restituita in tempi abbastanza brevi all'atmosfera, grazie a un processo

termico messo in moto dall'energia solare, che si svolge secondo due varianti. Si ha evaporazione quando le molecole dell'acqua che si trovano alla superficie del suolo o di un corpo idrico accumulano tanta energia da sfuggire alla fase liquida, ritornando in quella aerea soprastante; si ha invece evapotraspirazione quando l'acqua penetra nel terreno superficiale, è assorbita dalla vegetazione, e infine dalle piante si trasferisce all'atmosfera sotto forma di vapore.

Il 20% circa dell'acqua precipitata scorre fino in superficie, formando laghi e fiumi, mentre il rimanente 10% si infiltra nel terreno, formando le falde. Anche le acque di falda si muovono a causa della forza di gravità e prima o poi riemergono in via naturale, per mezzo delle sorgenti, ovvero ad opera dell'uomo, grazie all'escavazione di pozzi. Prima o poi anche queste 30% di acqua finisce nel mare ed evapora riunendosi al precedente 70% concludendo il ciclo.

Accanto al ciclo fisico dell'acqua è opportuno considerare anche quello biologico (figura 2), che trae pure dal sole l'energia occorrente, e coincide in parte con il ciclo del carbonio.

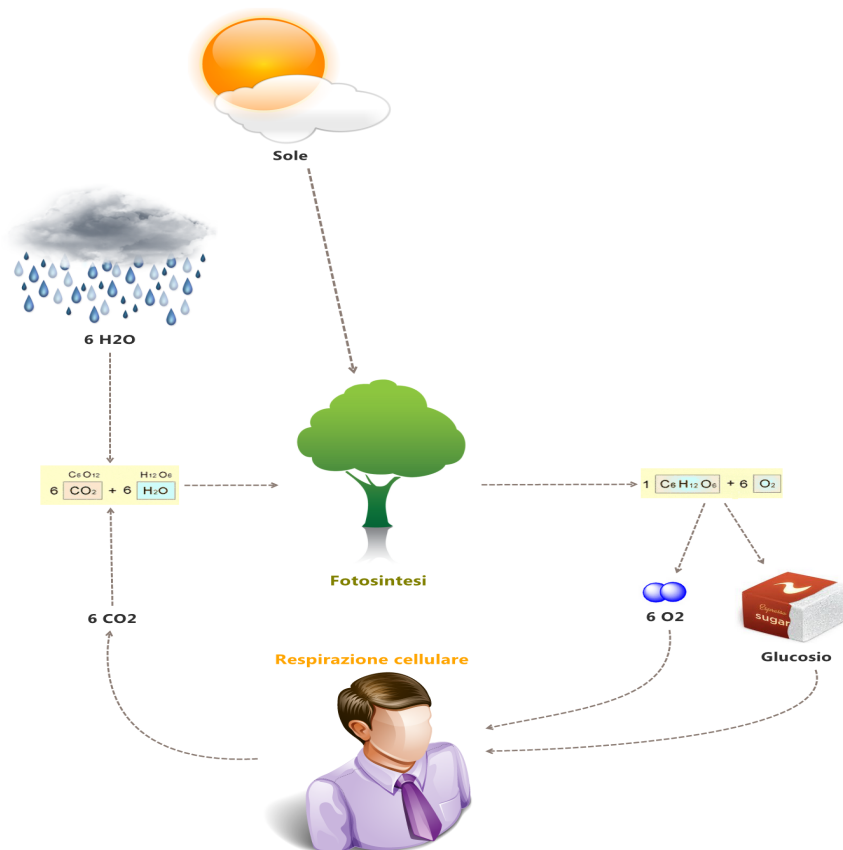


Figura 2: Ciclo biologico dell'acqua.

Le piante assorbono mediante l'apparato fogliare l'anidride carbonica, contenuta nell'aria nella misura dello 0,03% circa; esse, mediante le radici, estraggono altresì dal terreno per capillarità l'acqua e gli elementi nutritivi in essa disciolti.

Grazie alla luce solare, nelle parti verdi della pianta si forma la clorofilla, un pigmento organico contenente nella sua molecola un atomo di magnesio, corrispondente alla lunghezza d'onda di 51461 nm.

La clorofilla agisce da catalizzatore e permette la sintesi della sostanza organica che, nella sua forma più semplice, si può rappresentare così:



La reazione che si svolge da sinistra verso destra si dice fotosintesi clorofilliana, ed è endotermica; essa richiede pertanto un apporto di energia che, come si è detto, viene fornita dal sole.

Se le piante sono quindi i produttori della sostanza organica gli animali ne sono i consumatori; Il metabolismo animale consiste essenzialmente nella reazione inversa rispetto la fotosintesi; tale reazione è ovviamente esotermica e produce energia.

Le reazioni suddette non potrebbero svolgersi senza un adatto solvente e perciò sia le piante, sia gli animali devono assorbire una congrua quantità di acqua, che entra a far parte integrante del loro organismo.

Le sostanze di rifiuto prodotte da vegetali ed animali, nonché le loro spoglie, vengono accolte dalla terra. Qui i microrganismi decompositori chiudono il ciclo, attaccando e demolendo le sostanze organiche con produzione di anidride carbonica e vapore acqueo, che ritornano nell'atmosfera.

1.2. Il pH dell'acqua ed il processo di coagulazione mediante ferro ed alluminio

Nell'analisi dell'acqua un ruolo fondamentale lo gioca la funzione pH che ci permette di definire acidità o alcalinità consentendo di affermare che a 25°C la reazione dell'acqua può essere acida o basica. Un pH inferiore a 7 indica la tendenza verso l'acidità, mentre un pH maggiore di 7 indica la tendenza verso l'alcalinità. Soffermandosi, inoltre, sull'aspetto prettamente domestico acque eccessivamente aggressive, comunque, non sono consigliabili ai fini potabili.

Il suo valore ha solo, quindi, un significato tecnico, e non igienico, indicando esclusivamente l'aggressività dell'acqua.

Si evince, dunque, come la conoscenza di tale dato sia importante al fine del trattamento ed in particolare del processo di coagulazione.

Tale procedimento consiste nel trasformare le sostanze colloidali presenti nell'acqua da trattare, in composti sedimentari con sufficiente facilità.

Per questa trasformazione si impiegano degli elettroliti i cui ioni positivi neutralizzano la carica micellare negativa dei colloidi ed i reagenti comunemente usati sono dei composti di alluminio di ferro. A pagina 13 del manuale "Potabilizzazione delle acque, moderni metodi e mezzi" (1936) scritto da Sigfrido Vittorio Fago già si affermava che : "Il solfato di alluminio ed il solfato di ferro costituiscono forse il 95% dei coagulanti in uso, e di essi il solfato di alluminio rappresenta da solo circa il 75%.

Le ragioni che fino a poco tempo fa hanno favorito un così largo impiego dell'allume vanno ricercate non solo nel suo prezzo modico o nella massima facilità e semplicità d'impiego, ma soprattutto nella fortunata coincidenza con le condizioni naturali, in cui si trova la grande maggioranza delle acque superficiali utilizzate a scopo potabile, sono molto prossime alle condizioni più favorevoli perché il solfato di alluminio raggiunga il suo massimo effetto coagulante."

Il solfato di alluminio, infatti, produce un'ottima coagulazione delle acque nello stato acido più comune, mentre il solfato di ferro bivalente può servire alla coagulazione solo di acque decisamente alcaline.

D'altra parte si può dare il caso in cui sia non solo conveniente ma senza dubbio necessario ricorrere a coagulanti a base di ferro. Questo può avvenire, per esempio quando ci si trova in presenza di acque molli o contenenti manganese, quali sono molto spesso quelle dei laghi o di bacini artificiali.

Nonostante sia stato molto utilizzato, però, il solfato di alluminio denota molti difetti quali in particolare: la ristrettezza del campo d'azione con il variare del pH e l'abbondante produzione di anidride carbonica e conseguente abbassamento del pH dell'acqua trattata. Fu proprio per questa ragione che si decise di impiegare, anziché il solo solfato di alluminio, delle miscele di questo con alluminio sodico in grado di trattare acqua con grandi quantità di sali di alluminio senza pericolo che questo vi permanga all'interno.

La normativa attualmente in vigore, il Decreto Legislativo n. 31/2001 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano", colloca il pH nella categoria definita "parametri indicatori" e prevede che il suo valore sia compreso nell'intervallo $6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$.

1.3. La durezza dell'acqua

Per durezza di un'acqua si intende il suo contenuto in sali di calcio e magnesio. Si distingue la durezza temporanea, dovuta ai sali di calcio e di magnesio presenti sotto forma di bicarbonato, i quali per ebollizione si convertono in carbonati neutri insolubili; e la durezza permanente dovuta ai sali di calcio e magnesio con altri acidi (solfidrico, cloridrico, nitrico). La loro somma dà la durezza totale.

La durezza si misura in gradi.

Il grado francese equivale a 10 mg. di CaCO_3 in un litro.

Il grado tedesco si ottiene moltiplicando per 1,4 i mg. di magnesio trovati in 1 litro di acqua, aggiungendovi il numero di mg. di CaO , e dividendo questo risultato per 10.

Il grado inglese equivale a un grano di CaCO_3 per gallone, ossia 14,3 mg. di CaO per litro.

La seguente tabella proposta a pagina 39 dal manuale "Potabilizzazione delle acque, moderni metodi e mezzi", scritto da Sigfrido Vittorio Fago, già nel 1936 disponeva le relazioni tra i gradi sopra trattati:

	Grado francese	Grado tedesco	Grado inglese
Grado francese	1	0,56	0,70
Grado tedesco	1,79	1	1,25
Grado inglese	1,43	0,80	1

La durezza, per essere più esatti, l'alcalinità di alcune acque era una caratteristica qualitativamente già nota all'epoca dei romani. Sembra, anzi, che questi disponessero di un metodo, sia pure grossolano, per la sua determinazione e che ritenessero non buone le acque troppo dure e alcaline.

Attualmente si ritiene non accettabile un'acqua potabile la cui durezza superi 30-32 gradi francesi.

La questione della durezza non va considerata, però, solo nei confronti dell'acqua a scopo potabile commestibile, bensì anche dal punto di vista prevalentemente economico e nei confronti di tutti gli altri scopi a cui l'acqua distribuita da un acquedotto deve servire. Lo scopo principale, dunque, sarà quello di cercare di diminuire la durezza dell'acqua, in un acquedotto urbano non è necessario diminuire tale valore fino a limiti bassissimi, o addirittura a zero; il limite medio verso cui si dovrebbe tendere è quello di 5-10 gradi

francesi. La durezza dell'acqua si considera medio-bassa sotto i 20 °F, media intorno ai 30 °F e dura oltre i 45-50 °F. Sopra tale valore l'acqua è da considerarsi molto dura e solo raramente quella distribuita supera tali valori. L'acqua troppo dura può assumere sapore sgradevole e risultare "pesante". Comunemente il consumatore associa la durezza ad un fattore negativo considerando gli ioni calcio e magnesio come inquinanti pericolosi per la salute (paura per calcoli renali, ecc) ed in ogni caso preferisce acque più leggere (meno dure). Sarà, dunque, importante precisare che in un individuo sano acque dure non inducono calcolosi e patologie in genere. Tuttavia se il consumatore desidera acque più leggere è necessario applicare un addolcitore.

1.4. Proprietà particolari dell'acqua

Allo stato liquido l'acqua ha un volume proprio, una superficie piana, è incompressibile, ha una massa maggiore rispetto a quella dell'aria; di conseguenza la pressione che essa esercita, chiamata pressione idrostatica, è maggiore della pressione atmosferica.

Se si va ad analizzare l'acqua in tutti i suoi aspetti oltre a pH e durezza sono degne di nota anche le cosiddette proprietà particolari quali:

-Tensione superficiale. L'acqua ha una buona forza di coesione, dovuta alla struttura della sua molecola: sulle superfici a contatto con l'esterno si crea una forza chiamata tensione superficiale. La tensione superficiale dispone le molecole dell'acqua a formare una specie di pellicola piuttosto resistente, che riesce addirittura a sostenere piccoli oggetti (figura 3) ed è anche la forza che fa assumere all'acqua la caratteristica forma di goccia.



Figura 3: Insetto sostenuto a pelo d'acqua grazie alla forza di tensione superficiale.

- Capillarità. Come conseguenza della forza di coesione l'acqua ha un'altra proprietà che non tutti i liquidi possiedono: la capacità di salire i capillari (tubicini piccolissimi), questo fenomeno è chiamato capillarità e tale risalita capillare richiede del tempo (figura 4).

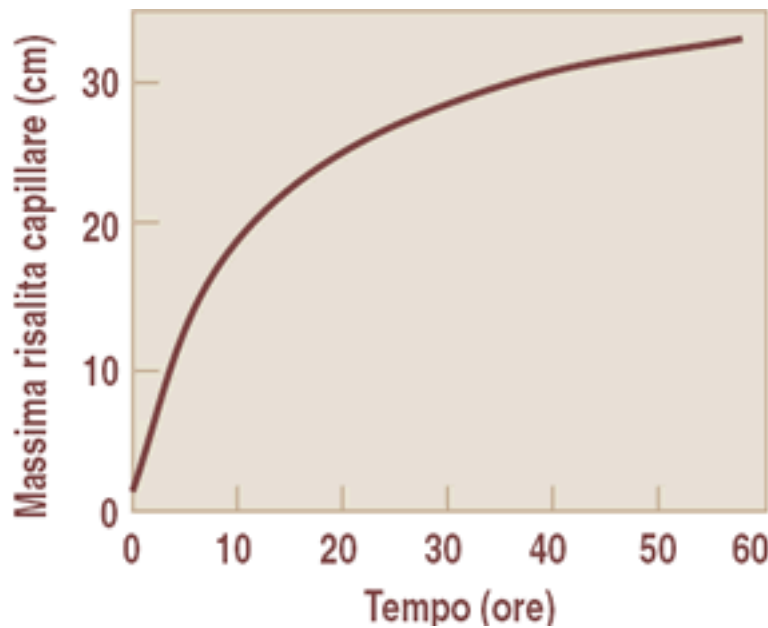


Figura 4: Cinetica della risalita capillare dell'acqua in una muratura.

Osservando la superficie libera dell'acqua dentro un capillare, si può notare che essa presenta una concavità rivolta verso l'alto, detta menisco concavo, perché la superficie a contatto con il capillare aderisce fortemente alla sua parete. Altri liquidi, come il mercurio, si comportano diversamente: la superficie libera presenta un menisco convesso, con la concavità rivolta verso il basso.

Per effetto della capillarità l'acqua si distribuisce nel suolo, attraverso i microscopici spazi tra un granello di terriccio e l'altro.

- Calore specifico. L'acqua ha un elevato calore specifico (figura 5) molto maggiore di quello della gran parte delle altre sostanze, cioè richiede molto calore per riscaldarsi e impiega molto tempo a perdere il calore accumulato e raffreddarsi.

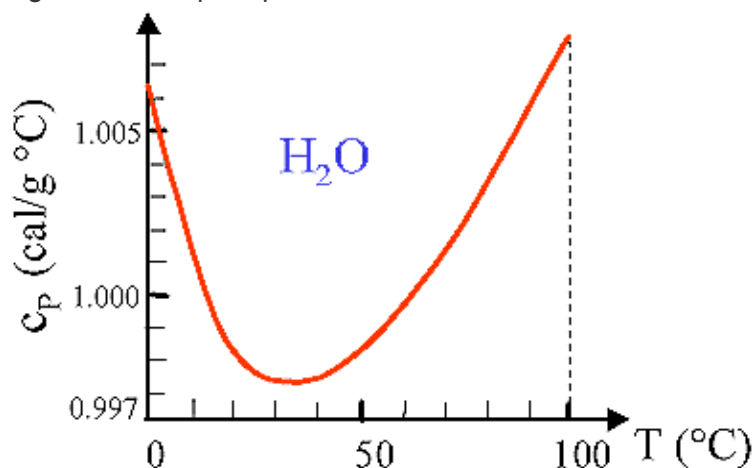


Figura 3: Calore specifico dell'acqua riportato in funzione a 0°C - 100°C di temperatura.

Per questa sua caratteristica, nelle zone costiere o vicino a laghi di grande estensione la temperatura è mite.

Mentre l'acqua si riscalda lentamente e altrettanto lentamente si raffredda, il suolo, al contrario, si riscalda in fretta e perde velocemente calore.

Degna di nota è, inoltre, la caratteristica propria dell'acqua quale un aumento in volume nel passaggio dallo stato liquido a solido.

1.4.1. Salinità e presenza di gas

L'acqua dei mari e degli oceani contiene delle sostanze disciolte che la rendono salata e quindi non potabile. La salinità è il numero di grammi di sale presente in 1 kg di acqua di mare: se 1 l di acqua marina contiene in media 35 g di sale, la salinità dell'acqua è pari al 35%.

I mari e gli oceani freddi sono molto meno salati di quelli caldi, dove i sali sono più concentrati a causa della maggiore evaporazione.

Il composto più abbondante è il cloruro di sodio, che dà all'acqua marina il tipico sapore salato, ma si trovano anche cloruro e solfato di magnesio.

Si trovano anche sali di potassio e di calcio, oltre ad altri composti di fosforo e azoto (figura 6) che, pur essendo presenti in quantità minime, svolgono un ruolo fondamentale nel mantenere le condizioni chimiche necessarie alla vita nel mare.

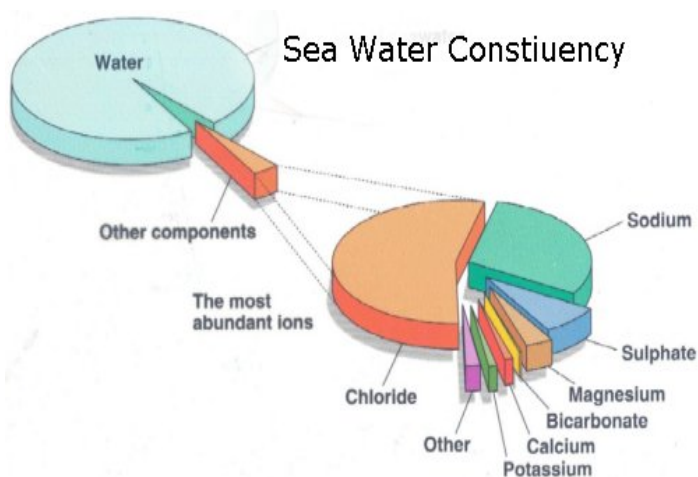


Figura 4: Componenti presenti nell'acqua marina salata.

L'origine dei sali presenti nell'acqua di mare è legata all'azione delle acque superficiali sulle rocce continentali.

L'acqua di mare contiene disciolti anche gas, come l'ossigeno e l'anidride carbonica.

La quantità di gas disciolti dipende da diversi fattori, uno dei quali è la temperatura che tanto è più bassa quanto è maggiore la quantità di questi gas.

Assieme alla temperatura la salinità è un fattore che altera la densità dell'acqua che aumenta all'aumentare della quantità dei gas disciolti ed al diminuire della temperatura.

1.4.2. Altre caratteristiche da considerare

Le acque che scorrono nel terreno sciolgono molte sostanze in esso contenute, modificando a volte la composizione e la conformazione delle rocce. Si trasformano così in acque minerali, che contengono in soluzione sali, diversi a seconda della composizione chimica del suolo da cui provengono.

Analizzando l'acqua in tutti i suoi aspetti non ci si può soffermare solo sulle caratteristiche prima elencate, bisogna tener presente anche altri tenori fondamentali quali:

-Residuo fisso. Esso esprime la quantità di sali e di tutte le sostanze che vengono disciolte all'interno dell'acqua ossia il livello di mineralizzazione della stessa.

Per sali si intendo, come già affermato precedentemente: sodio, potassio, calcio, magnesio, cloruri, solfati e bicarbonati e tutti quegli elementi necessari alla potabilità che fungono da supporto al corpo umano ed al suo sostentamento.

La presenza di sali deve, però, essere contenuta (figura 7) altrimenti le acque risulterebbero troppo dure e potrebbero variare molti dei principali caratteri organolettici quali l'odore ed il sapore stesso fino a risultare addirittura dannose per la salute.

Parametro	Limite massimo ammissibile
Antimonio	0,0050 mg/L
Arsenico	0,010 mg/L calcolato come As totale
Bario	1,0 mg/L
Boro	5,0 mg/L
Cadmio	0,003 mg/L
Cianuro	0,010 mg/L
Cromo	0,050 mg/L
Fluoruri	5,0 mg/L (1,5 mg/L per acque destinate all'infanzia)
Manganese	0,50 mg/L
Mercurio	0,0010 mg/L
Nichel	0,020 mg/L
Nitrati	45 mg/L (10 mg/L per acque destinate all'infanzia)
Nitriti	0,02 mg/L
Piombo	0,010 mg/L
Rame	1,0 mg/L
Selenio	0,010 mg/L

Figura 5: Limite massimo ammissibile di sostanze contenute nell'acqua

L'utilizzo del residuo fisso è utile anche per un confronto tra acque di rubinetto e bottiglia, si ottengono:

Acque	Residuo fisso (composizione salina)
Minimamente mineralizzate	50 mg/l
Oligominerali	500 mg/l

Mediamente mineralizzate	Tra 500 e 1500 mg/l
Ricche di sali	1500 mg/l

Nel caso in cui elevati valori di residuo fisso alterino in maniera negativa le caratteristiche organolettiche dell'acqua si può procedere, così come si è soliti approcciarsi alla variazione di durezza, ad una trasformazione dell'acqua alterandone ed aumentandone la durezza su di un ampio spettro di ioni e sali.

-Sabbia e sassolini. Tali materiali sono più che altro inerti e vengono trasportati dell'acqua stessa da monte a valle ossia dall'acquedotto fino ai rubinetti domestici (figura 8).



Figura 6: Rompigetto intasato a causa di incrostazioni causate da calcare.

Si possono presentare, anche, come incrostazioni di calcare presenti in tubature in grado di trasportare acque con elevata durezza.

Un apporto troppo elevato di durezza comporta un passaggio da bicarbonato di calcio, sottoposto a riscaldamento, a carbonato di calcio che crea le comunemente dette "incrostazioni". Queste precipitazioni sono sovente presenti all'interno dei miscelatori soggetti a passaggio alternato di acqua calda e fredda. Si è riscontrato che tali difetti sono spesso dovuti ad un'errata manutenzione e pulizia di cisterne, tubature in cui l'acqua viene decantata, retine, boiler (figura 9) e frangigetto collocati all'estremità del rubinetto stesso.



Figura 7: Boiler intasato da calcare.

Il trattamento consigliato per far fronte a tale tipo di problema è quello della filtrazione, processo che verrà trattato in seguito all'interno di questa tesi.

-Cloro. Tale elemento viene spesso aggiunto per far fronte ad una probabile quanto imminente contaminazione batterica all'interno degli acquedotti. Esso si presenta sotto forma di ipoclorito (figura 10)

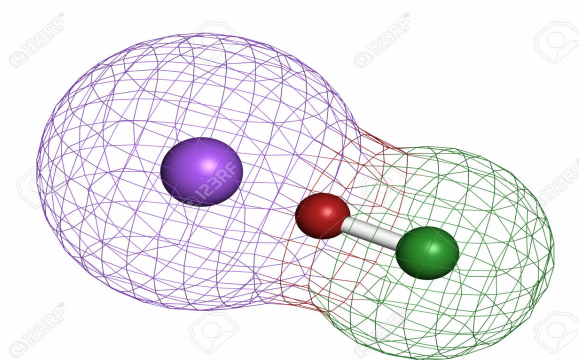


Figura 8: Ipoclorito con atomi rappresentati come sfere (verde=cloro; rosso=ossigeno; viola=sodio).

ma al fine di ottenere un'azione disinfestante si deve sempre utilizzarne un quantitativo inferiore al valore più basso di utilizzazione previsto per legge. Il cloro è, infatti, la principale causa del gusto poco gradevole dell'acqua. Un particolare caso è quello relativo alle acque di falda che risultano già di per sé microbiologicamente pure e per la cui trattazione, dunque, sarà necessario soltanto una quantità molto bassa di cloro.

-Metalli. Assieme alla "sabbia ed ai sassolini" sopra trattati nell'acqua possono essere presenti anche contaminanti metallici che vanno ad alterare la trasparenza ossia la caratteristica idrica più evidente. Bisogna tener presente che non si deve frettolosamente qualificare un'acqua come inquinata, la non trasparenza che risalta all'occhio a prima vista, infatti, può essere dovuta al non utilizzo per un lungo periodo di tempo di rubinetti o caldaie; la soluzione a questo apparente inquinamento può essere quella di lasciar

scorrere l'acqua fino a che i metalli accumulati durante il non utilizzo non vengo espulsi. Se tale prima verifica non porta ad alcuna soluzione in termini di trasparenza e l'acqua rimane torbida vi sono reali problemi di contaminazione.

Colorazione	Sostanza/Metallo inquinante
Rossastro	Ferro e manganese
Bluastra	Rame

Nel caso in cui anche dopo un'azione di prima depurazione ad opera di un idraulico non si ottengano risultati, a seguito di un consulto con l'ente di gestione dell'acqua per escludere eventuali contaminazioni sulla rete pubblica, sarà necessario adottare misure più drastiche od addirittura sostituire le tubazioni della rete interessata. Un metodo alternativo è quello di disporre appositi sistemi domestici specializzati alla depurazione, come filtrazioni mirate o sistemi a osmosi inversa.

-Contaminanti azotati. Talvolta può capitare che analizzando l'acqua che sgorga da un rubinetto domestico si rintracci la presenza di soluti volatili quali ad esempio i solventi organici nocivi alla salute individuale. Il trattamento di depurazione deve essere fatto il prima possibile e non può basarsi su di una semplice filtrazione ma deve essere molto più drastico, si può far uso di decantazione o di sistemi ad osmosi inversa (figura 11).

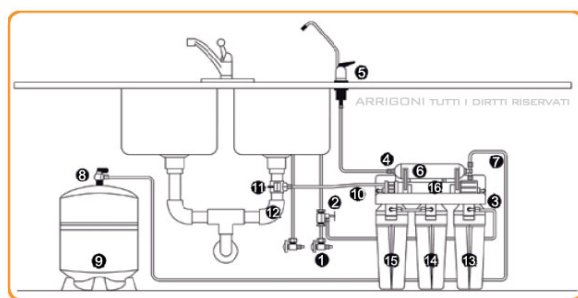


Figura 11: Depuratore da sottolavello ad osmosi inversa.

1	Tubazione acqua fredda	9	Accumulatore pressurizzato
2	Valvola connessione	10	Tubo connessione scarico
3	Entrata acqua di rete	11	Raccorderia scarico
4	Uscita acqua trattata	12	Scarico
5	Rubinetto	13	Prefiltro sedimenti
6	Postfiltro carbone	14	Prefiltro carbone attivo granulare
7	Tubo connessione accumulo	15	Prefiltro carbone attivo block
8	Valvola accumulo	16	Membrana osmosi

1.5. Tipologie di acque

L'acqua è la risorsa necessaria alla vita e la sua provenienza può essere varia; è possibile, infatti, distinguere tre principali gruppi in cui essa può essere suddivisa. Si annoverano:

-Acque superficiali. Tali acque si presentano all'interno di fiumi, torrenti, laghi; esse sono le cosiddette acque "continentali" che sulla superficie delle terre emerse sono in movimento e quindi scorrono, oppure risultano "calme" e dunque ferme. Esse ricoprono per la precisione il 73% della superficie globale.

-Acque meteorologiche. Tali acque passano a diretto contatto con l'atmosfera, tale tipo di relazione atmosferica fa sì che nelle acque meteorologiche si presentino i più bassi contenuti salini e disciolti od in sospensione vi sono solo le sostanze implicate direttamente nel passaggio. Questi corpi idrici sono: la neve, la pioggia, la grandine.

-Acque sotterranee. Sono le acque costituenti le falde idriche rintracciabili al di sotto della superficie terrestre.

1.5.1. Acque superficiali

Tutte le acque interne ad eccezione delle acque "acque sotterranee" fanno parte delle "acque superficiali". Esse annoverano le acque di torrenti, fiumi, ruscelli e canali, delle acque di transizione, e delle acque marine costiere collocate dentro la linea di base che funge da confine.

A seconda del contenuto salino si possono suddividere le acque come :

Tipologia di acqua	Contenuto salino	Influenza da
Dolci	Basso	Fiumi e laghi che conferendo un basso apporto di sali le rendono adatte all'uso potabile
Transizione	Medio	Foci fluviali e stagni a ridosso della linea costiera che conferiscono un parziale apporto di sali a causa dell'influenza da parte di flussi di acqua dolce ma anche delle acque marine

Marine	Elevato	Corsi d'acqua che sfociano nel mare, queste acque si trovano in corrispondenza dell'inizio della zona di foce e dunque nella regione più lontana da quest'ultima; l'elevato apporto salino è dovuto essenzialmente alle basse maree
--------	---------	---

Il sito dell'A.R.P.A Campania (www.arpacampania.it) afferma che :“Vanno censiti, secondo le modalità che saranno stabiliti, stabilite nel decreto di cui all'articolo 3 comma 7, tutti i corsi d'acqua naturali aventi un bacino idrografico superiore a 10 km.”

I corsi d'acqua posso essere recapitati direttamente in mare e dunque si definiscono di primo ordine ed il loro bacino imbrifero si estende per almeno 200 km².

I corsi d'acqua che, invece, presentano un bacino imbrifero con una superficie al minimo di 400 km² si definiscono di secondo ordine.

Un'eccezione va fatta nei confronti dei corsi d'acqua con portata nulla per almeno 120 giorni all'anno che non posso essere considerati come corsi d'acqua significativi.

Si distinguono:

-Laghi. Tra queste tipologie di corsi d'acqua presentanti acque superficiali si classificano:

Tipologia di la lago	Caratteristica fondamentale
Naturali aperti	Con emissario
Naturali chiusi	Senza emissario
Naturali ampliati e regolati	Sottoposti all'azione di opere di regolamentazione idraulica

Un lago è formato da acqua che si raccoglie in depressioni del terreno e può avere diversa origine.

Ad esempio possiamo ricordare:

Tipo di lago	Caratteristiche
Laghi glaciali	Occupano conche un tempo occupate dai ghiacciai. Sono alimentati da sorgenti sotterranee o da un corso d'acqua, detto immissario.

Laghi vulcanici	Occupano i crateri di vulcani spenti in cui si è andata raccogliendo nel tempo l'acqua piovana.

-Acque marino costiere. Esse possono essere definite tali se e soltanto se sono comprese alla distanza di 3.000 m dalla costa.

-Acque di transizione. Tra di esse, considerate come corsi d'acqua superficiali, vi sono le zone di delta ed estuario; più significative al fine dell'analisi risultano essere: le acque delle lagune, dei laghi salmastri e degli stagni costieri.

-Corpi idrici superficiali. Ad esclusione di tutti quei canali la cui costruzione viene fatta in funzione dell'allontanamento delle acque reflue e soggette ad inquinamento industriale, tra di esse si possono trovare tutti i laghi e serbatoi la cui esistenza è dovuta ad opere di costruzione successive mediante manufatti di sbarramento (dighe) e canali artificiali. Il manuale "Classificazione delle acque" stabilisce ai sensi degli articoli 4 e 5, i criteri per individuare i corpi idrici significativi e per stabilire lo stato di qualità ambientale di ciascuno di essi affermando che : ".Sono considerati significativi tutti i canali artificiali che restituiscano almeno in parte le proprie acque in corpi idrici naturali superficiali e aventi portata di esercizio di almeno 3 m /s e i serbatoi o i laghi artificiali il cui bacino di alimentazione sia interessato da attività antropiche che ne possano compromettere la qualità e aventi superficie dello specchio liquido almeno pari a 1 km o con volume di invaso almeno pari a 5 milioni di m. Tale superficie è riferita al periodo di massimo invaso."

1.5.1.1.Lo stato chimico

Lo stato chimico dei corpi idrici funge da monito per valutare il grado di presenza di sostanze chimicamente pericolose.

Ai fini di valutare lo stato chimico si pongono i dati rilevati dalle autorità competenti in relazione con alle criticità presenti sul territorio.

L'Unione Europea ha fornito delle linee guida che consentono di rapportarsi con più facilità ad un'analisi chimica non ancora completa ma comunque specifica sui tre livelli trofici, ridotti con opportuni fattori di sicurezza; i dati si metteranno in relazione alle LD50 (figura 1) o EC50 (figura 2), risultanti da test tossicologici.

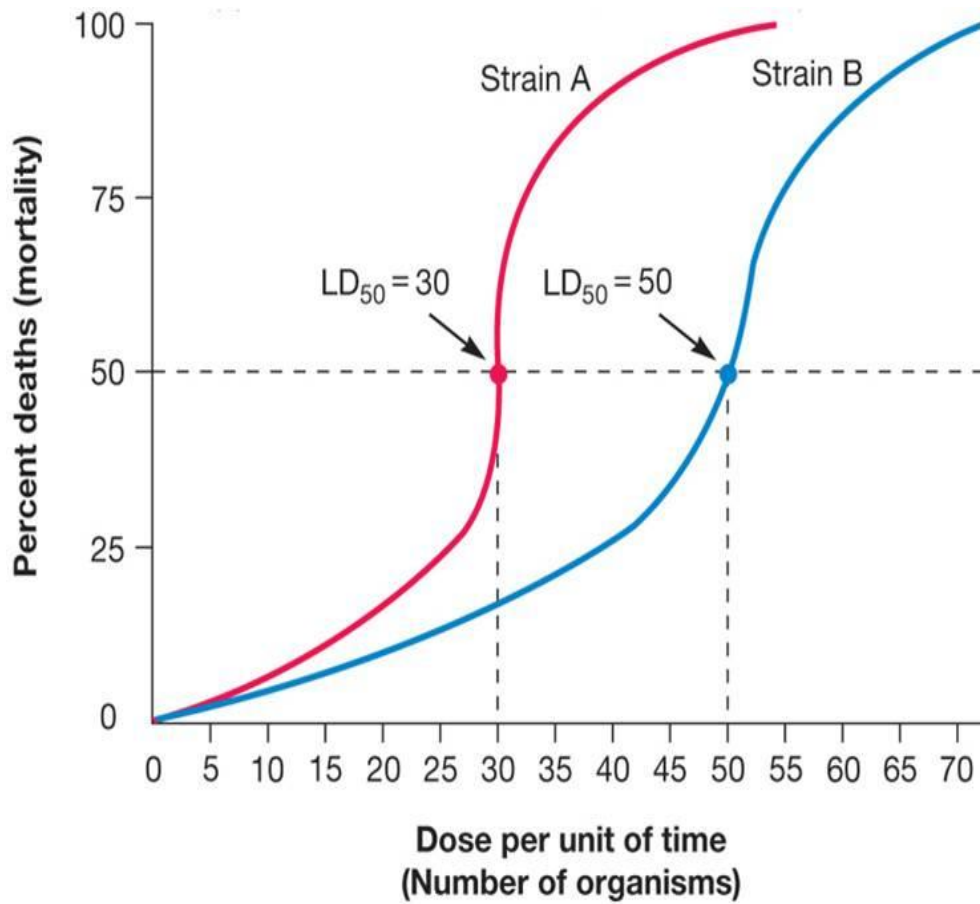


Figura 1: Esempio di grafico LD₅₀ che indica la percentuale di mortalità in funzione ad un determinato valore di dose letale nell'acqua.

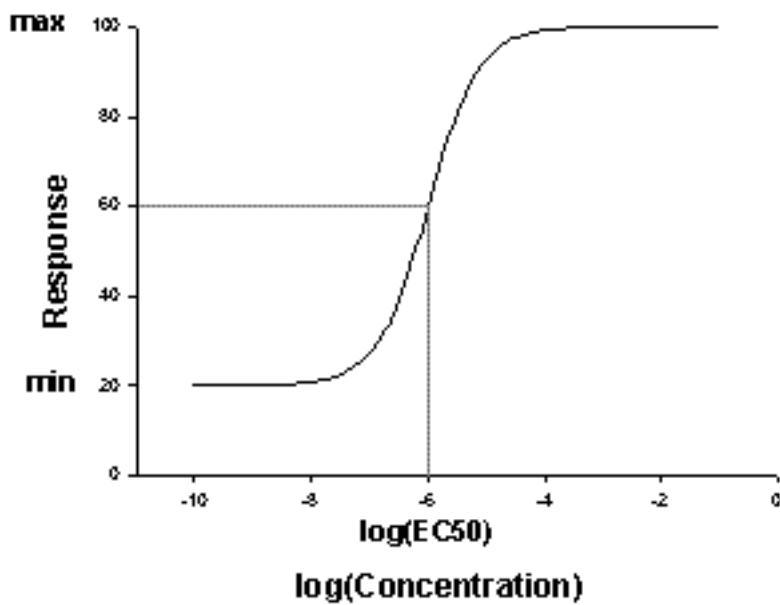


Figura 2: Esempio di grafico logaritmico EC₅₀ che rappresenta la risposta dell'organismo dopo un determinato arco di tempo quando viene a contatto con una sostanza tossica.

Tale tipo di valutazione non sarà, però, completa se non risulteranno delineati i possibili effetti dei contaminanti chimici pericolosi sui sedimenti e sulla popolazione.

1.5.1.2. Lo stato ecologico

Il bilancio di ossigeno e lo stato trofico, funzionali alla definizione dei parametri chimici e fisici relativi ad un determinato corpo idrico, sono necessari per una tabulazione completa degli elementi chimici che definiscono lo stato ecologico. Quest'ultimo in relazione ai corpi idrici superficiali è la valutazione della complessità degli ecosistemi acquatici, della natura chimica e fisica delle acque dei sedimenti e delle peculiarità proprie di ogni flusso idrico.

Per un'analisi completa dovranno essere utilizzati:

- appositi indicatori biologici;
- l'indice biotico esteso (I.B.E) (figura 3);

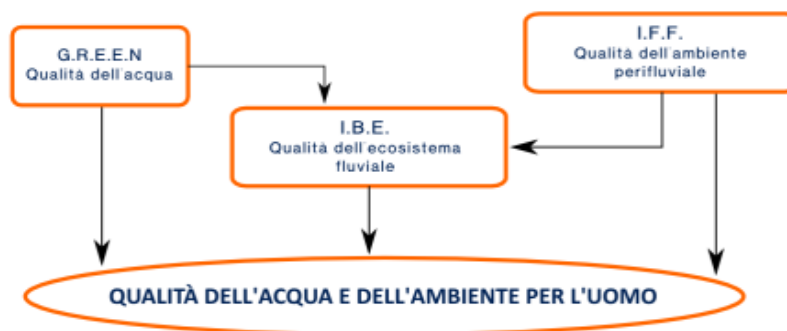


Figura 3: Schema di valutazione della qualità acquatica ed ambientale per l'uomo fornita dall'indice I.B.E.

-metodi di valutazione della qualità fatti in relazione ai soli corpi idrici soggetti al decreto ministeriale dell'ANPA (acque marine costiere, acque di transizione, acque di laghi).

1.5.2. Acque sotterranee

Tutte le acque collocate al di sotto della superficie terrestre vengono catalogate come acque sotterranee. La presenza di questi corpi idrici è riscontrabile ad esempio nei pori tra le particelle sedimentarie e nelle fenditure delle rocce compatte, esse, se ad elevata profondità, inoltre, per migliaia di anni possono mantenere il loro stato indisturbato da effetti antropici.

Tuttavia, la maggior parte delle acque superficiali si trovano a profondità molto minori di quelle appena considerate ed entrano, quindi, direttamente a far parte del ciclo idrogeologico.

Rapportandoli alle acque superficiali dei continenti si stima che la loro presenza sia di gran lunga superiore a quella di queste ultime, per la precisione 20 volte

maggiore, occupando lo 0,35% dell'acqua totale della terra.

A livello di utilizzo per l'uomo e dunque in funzione alla qualità dell'apporto idrico alla popolazione le acque sotterranee risultano essere la fondamentale riserva di acqua potabile globale in quanto meno ricca di sostanze inquinanti e nocive, fonte di sostentamento resa raggiungibile in superficie mediante l'azione di pozzi od il contatto con le sorgenti.

Lo strato roccioso influenza in maniera significativa la velocità di movimento dell'acqua freatica e strati acquiferi grazie alla loro permeabilità saturata riescono a trattenere acqua; essi sono formati da sabbia, ghiaie, calcari e basalti.

Esistono, inoltre, altri strati quali quelli impermeabili che per la loro formazione rocciosa ed argillosa friabile riescono a trattenere le acque freatiche.

Ultimo strato da considerare è la lente d'acqua compreso tra la zona di saturazione ed aereazione.

Le acque sotterranee sono poste al di sotto della superficie rocciosa inferiormente al livello di saturazione permanente. Fra di esse si annoverano le falde freatiche e quelle profonde.

Per approfondire tale tesi ed in particolare lo studio delle acque sotterranee si può concludere e sintetizzare affermando che una parte dell'acqua che penetra nel terreno viene trattenuta in una zona abbastanza vicina alla superficie, dalla quale può evaporare direttamente oppure essere utilizzata dalle piante, che la assorbono attraverso le radici. L'acqua che non viene trattenuta si infiltra in profondità nel terreno e può raccogliersi sopra uno strato impermeabile, formando una falda acquifera. Alcune falde riemergono sotto forma di sorgenti, altri si raccolgono in corsi d'acqua sotterranei, a volte molto profondi, che trasformano il sottosuolo dando origine alle grotte.

Esistono due tipi di falde acquifere: la falda freatica e la falda artesianiana (figura 4).

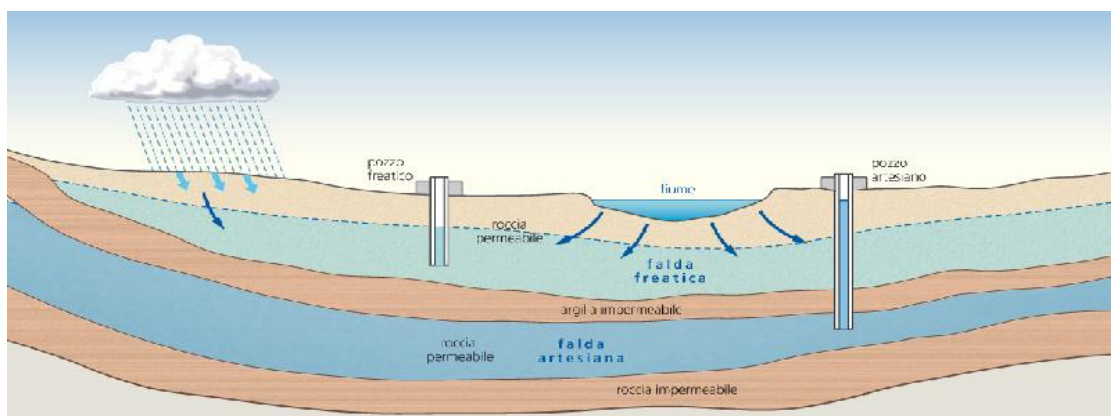
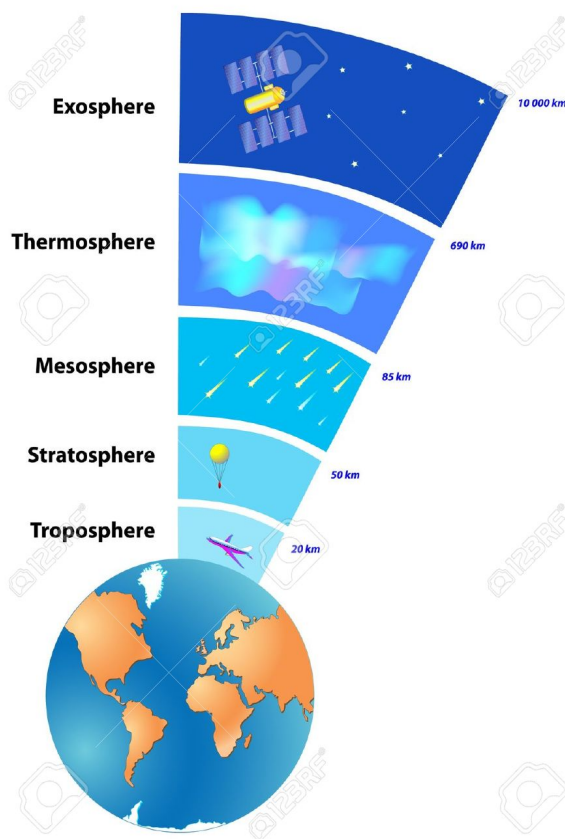


Figura 4: Rappresentazione schematica della collocazione di falda freatica ed artesianiana nel sottosuolo.

-La falda freatica è delimitata da uno strato di roccia impermeabile solo nella parte inferiore. Per attingere l'acqua occorre scavare pozzi profondi fino ad una decina di metri sotto terra poiché l'acqua non emerge spontaneamente.

- La falda artesianiana è delimitata da strati di roccia impermeabili sia nella parte superiore sia in quella inferiore. Per raggiungere una falda artesianiana occorre un pozzo più profondo rispetto al caso della falda freatica ma, in questo caso, dato che l'acqua è compresa tra due strati impermeabili, ha una pressione sufficiente e zampilla da sola in superficie: si parla di pozzo artesianiano.

1.6. Inquinamento atmosferico



Per atmosfera (figura 1) si intende l'involucro di materia allo stato gassoso che avvolge il pianeta e si estende fino all'inizio dello spazio interplanetario (ossia verso 1000 km dall'altezza del suolo). In pratica, quando si parla di atmosfera si intende fare riferimento alla troposfera, che giunge fino a 20 km circa dal suolo. Pur essendo un miscuglio e non un composto, l'aria ha una composizione quantitativa quasi costante.

Figura 1: Stratificazione atmosferica al di sopra del globo terrestre.

Componenti gassosi	Percentuale in volume
Azoto, N ₂	78,09
Ossigeno, O ₂	20,94
Argo, A	0,93

Anidride carbonica, CO ₂	0,03
Altri componenti (neon, elio, metano, cripto, idrogeno, xeno, ozono, ecc.)	0,01

Il componente più variabile è il vapore d'acqua, che può variare dall'1 al 3% circa in volume. Tuttavia l'aria non è mai del tutto pura perché fenomeni quali l'attività vulcanica, l'incendio spontaneo dei boschi, processi fermentativi, sismi possono immettere nell'atmosfera gas estranei o polveri che ne alterano la trasparenza. Le principali fonti di contaminazione dell'atmosfera sono invece di origine antropica; esse sono rappresentate dai trasporti, dal riscaldamento e dalle centrali termoelettriche, dalle industrie e dagli inceneritori di rifiuti.

Gli inquinanti fondamentali, che da soli sono responsabili di oltre il 90% della contaminazione globale dell'atmosfera, sono i seguenti:

-Ossido di carbonio, CO (figura 2): si forma principalmente quando i combustibili a base di carbonio bruciano in assenza di adeguate quantità di aria. Se invece la combustione si svolge in buone condizioni di aerazione, prevale la formazione di anidride carbonica.

Gran parte dell'ossido di carbonio è prodotto dagli autoveicoli, ma anche la combustione del carbone può provocare, in avverse condizioni atmosferiche, concentrazioni pericolose di questo gas nell'aria.

L'ossido di carbonio si combina con l'emoglobina nel sangue, impedendo quest'ultimo di trasportare l'ossigeno necessario alla vita.



Figura 2: Configurazione atomica dell'ossido di carbonio.

-Ossidi di azoto, NO_x (figura 3): la formazione di una miscela di ossidi di azoto avviene principalmente durante le combustioni ad alta temperatura; le fonti più importanti sono le centrali a carbone e gli autoveicoli. Sembra accertato che il biossido di azoto, NO_2 , assorba le radiazioni solari nell'ultravioletto, generando ossigeno atomico, il quale reagisce con l'ossigeno atmosferico con

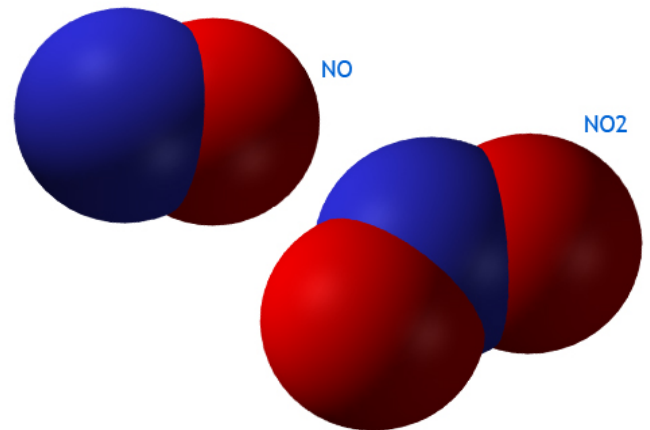


Figura 3: Configurazione atomica di monossido e biossido di azoto.

formazione di ozono, O_3 . Ha così origine una reazione a catena, i cui prodotti principali sono il perossilcitrato, PAN, e la formaldeide.

-Idrocarburi: Nell'atmosfera inquinata si ritrovano oltre 50 tipi diversi di idrocarburi, provenienti principalmente dagli scarichi degli autoveicoli. Essi reagiscono con gli ossidi di azoto, incrementando la formazione di smog fotochimico. Il benzopirene (figura 4), un idrocarburo che può trovarsi nell'aria inquinata, è noto per le sue proprietà cancerogene.

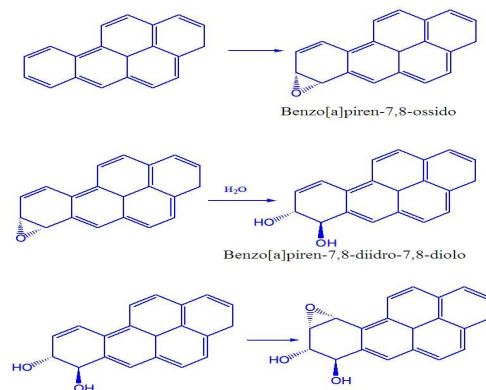


Figura 4: Formula di struttura del benzopirene.

-Ossidi di zolfo, SO_2 e SO_3 (figura 5 e 6): quando si bruciano combustibili contenenti zolfo, questo si ossida formando principalmente anidridi solforosa e solforica. La fonte principale di tali composti, per quanto riguarda l'immissione nell'atmosfera, è rappresentata dai combustibili fossili creati per riscaldamento e produzione di energia. Anche molte industrie sono responsabili per questo tipo di inquinamento.

Gli ossidi di zolfo provocano gravi danni alla vegetazione e concentrazioni di 0,5 ppm. Per quanto riguarda l'uomo, soggetti giovani sani sopportano valori di 3 ppm, mentre persone anziane affette da malattie cardiovascolari e dell'apparato respiratorio accusano forti disturbi con sole 0,2 ppm.

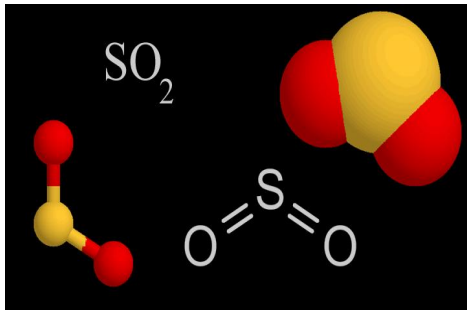


Figura 5: Configurazione atomica del biossido di zolfo.

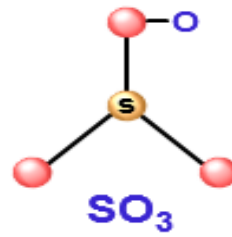


Figura 6: configurazione atomica del triossido di zolfo.

-Particelle sospese: si indicano con questo termine, derivato dall'americano, quelli che altrimenti si dovrebbero chiamare fumi e nebbie inquinanti, emessi soprattutto dagli impianti di riscaldamento e da talune industrie. Le particelle penetrano nell'apparato respiratorio e, a seconda del grado di tossicità delle sostanze che le costituiscono, possono provocare danni più o meno gravi ad organi o apparati.

-Altri inquinanti: oltre ai cinque tipi più comuni di inquinanti, ve ne sono molti altri, che incidono in minor grado sul fenomeno globale della contaminazione atmosferica, sotto l'aspetto quantitativo, ma non per questo si devono sottovalutare.

Si tratta di sostanze emesse dagli autoveicoli e soprattutto dalle industrie. Sono sostanze più o meno nocive e di difficile controllo; sempre con riferimento all'industria, non vanno dimenticati i casi di inquinamento atmosferico provocati da incidenti, il più delle volte evitabili con opportune misure di prevenzione.

1.6.1.L'inquinamento delle acque meteorologiche

Non si deve confondere l'inquinamento atmosferico con l'inquinamento delle acque di origine meteorica. È vero che il secondo fenomeno trae origine dal primo, ma è pure vero che molte delle conseguenze dannose della contaminazione dell'aria non hanno nulla a che fare con l'acqua piovana.

Il più semplice modello dell'acqua di pioggia è rappresentato dall'acqua pura satura dei gas dell'atmosfera.

Nelle regioni densamente popolate e con elevato indice di industrializzazione gli ossidi di zolfo di azoto presenti nell'atmosfera inquinata, sciogliendosi nell'acqua piovana si idratano, formando acido solforico e nitrico, e provocando un sensibile abbassamento del pH (figura 7).

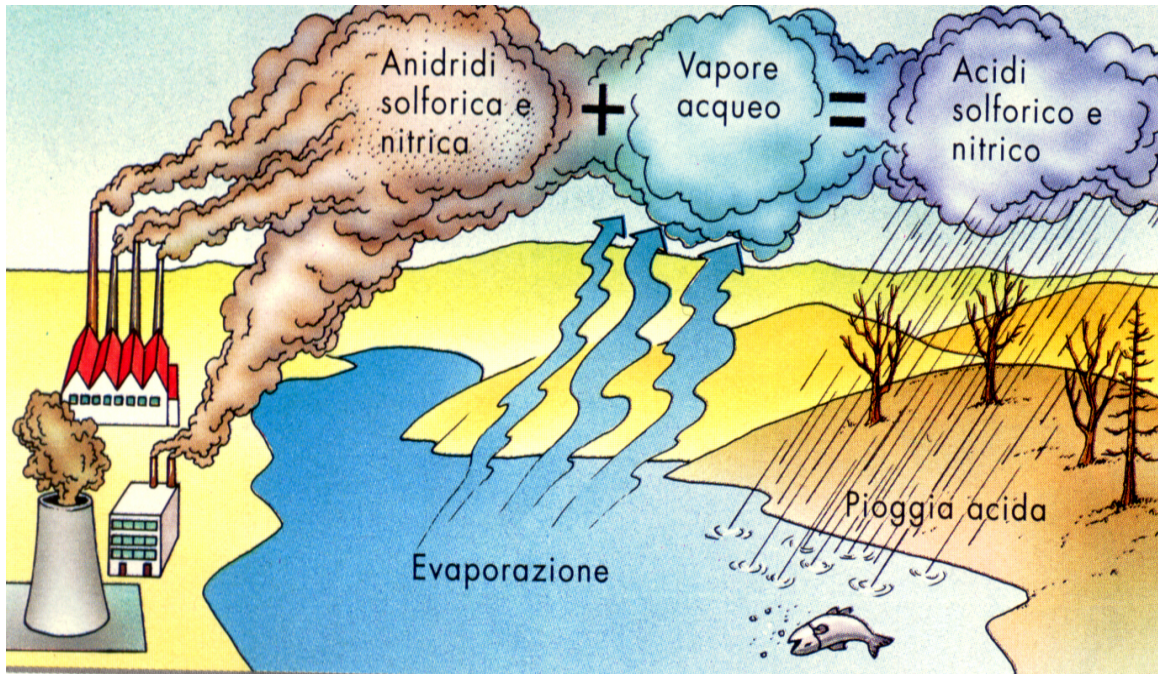


Figura 7: Formazione delle piogge acide.

Le conseguenze dell'acidità delle precipitazioni sono esaminate dettagliatamente in uno studio di Adriano Rossi e G. Bianucci; esse si possono così sintetizzare:

-Danni alla vegetazione (figura 8): sia per aggressione diretta alle foglie, sia mediante modificazione della composizione chimica e conseguente compromissione di importanti processi microbici, come l'azotofissazione.



Figura 8: Danni alla vegetazione provocati da piogge acide.

-Danni agli ecosistemi idrici: particolarmente a quelli lacustri, ove il ricambio delle acque è più lento che nei fiumi. Se il bacino è formato da rocce silicee l'abbassamento, sia pur modesto, del pH può provocare alterazioni del metabolismo e della riproduzione della fauna e solubilizzazione degli ioni Al^{+++} , fortemente tossici per il fitoplancton.



Figura 9: Lago ricoperto da sostanza melmosa creatasi a seguito di inquinamento microbiologico.

-Danni ai monumenti ed al costruito: a causa dell'attacco acido su marmi, travertini, arenarie, nonché sui materiali metallici, soprattutto quelli ferrosi.



Figura 10: Foto scattata nel 1908 e successivamente nel 1968. Si può notare come l'effetto delle piogge acide abbia notevolmente intaccato e danneggiato questa statua realizzata in Westphalia (Ger).

-Danni alla salute: qualora le acque acide, infiltrandosi nel sottosuolo, mobilitino quantità apprezzabili di metalli tossici contenuti nel terreno in forma normalmente insolubile, immettendoli nelle falde acquifere, utilizzate per approvvigionamento di acqua potabile. Un altro pericolo è rappresentato dalle nebbie le quali vengono ispirate e giungono a contatto con i tessuti dell'apparato respiratorio.

1.6.2.L'inquinamento delle acque superficiali

Il meccanismo dell'inquinamento delle acque naturali è estremamente complesso, tuttavia i più diversi casi di contaminazione si possono sempre ricondurre a tre schemi fondamentali: la mancanza di ossigeno, la presenza di sostanze tossiche, le variazioni della temperatura del corpo d'acqua ricevente.

Quando si scaricano in un corpo d'acqua liquami contenenti sostanze organiche, queste vengono aggredite da microrganismi di differenti specie, i quali li trasformano in sostanze a struttura via via più semplice.

Se però l'inquinamento è di un'entità tale da consumare tutto l'ossigeno presente nell'acqua, e quello assorbito dall'atmosfera per effetto dei movimenti della massa liquida, intervengono i batteri anaerobi, i quali, per ossidare ad anidride carbonica il carbonio della sostanza organica utilizzano l'ossigeno contenuto nei nitrati, nei solfati e nei fosfati. Questi donatori di ossigeno vengono così ridotti con sviluppo di sostanze maleodoranti e nocive. A causa della scarsità di ossigeno disponibile, l'energia sviluppata è circa 30 volte minore che nei processi aerobi, e ben poco di essa può essere riutilizzata nell'anabolismo.

Va anche aggiunto che, quando l'ossigeno di nitrati, solfati e fosfati è esaurito, i batteri anaerobi combinano direttamente l'eccesso di carbonio con l'idrogeno, con produzione

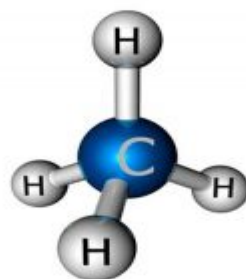


Figura 11: Configurazione atomica del metano.

di metano (figura 11) .

Quando ciò accade, si instaura una condizione di anaerobiosi permanente, il corpo d'acqua soggiace ad un inquinamento stabile.

Le sostanze tossiche o comunque nocive, provenienti soprattutto dagli scarichi delle industrie, esercitano la loro azione sui micro e macrorganismi vegetali ed animali viventi nelle acque, in casi più gravi, sul bestiame che va ad abbeverarsi e persino sull'uomo. Esempi di sostanze tossiche propriamente dette sono gli acidi e gli alcali forti, il cloro libero, l'ammoniaca, l'idrogeno

solforato ed i sali di molti metalli pesanti.

Tra le cause di nocività si deve annoverare anche il versamento dei reflui di varia origine, contenenti microrganismi patogeni, capaci di provocare malattie degli uomini e del bestiame da allevamento.

Gli scarichi di acque di raffreddamento industriali e quelli delle centrali termoelettriche



Figura 12: Scarico di acque reflue industriali direttamente in un corso d'acqua

(figura 12) danno luogo ad un grave fenomeno, ordinariamente sottovalutato, che si può senz'altro definire inquinamento termico. L. Klein pone in rilievo che i fiumi non affetti da questo tipo di contaminazione hanno una temperatura leggermente inferiore a quella media mensile dell'aria,

mentre quelli che ricevono sensibili quantità di scarichi caldi hanno sovente una temperatura alquanto superiore a quella dell'ambiente esterno.

Se l'aumento di temperatura si verifica in un corso d'acqua già contaminato da sostanze organiche, non solo si avrà la scomparsa dell'ossigeno disciolto, a causa della diminuita solubilità di questo gas al crescere della temperatura, ma le reazioni biochimiche che avvengono con consumo di ossigeno saranno notevolmente accelerate.

Il corpo d'acqua non ha alcuna possibilità di difesa attiva, non può porre se non una difesa passiva, consistente nel potere di diluizione del liquame contaminante.

Si deve tener presente che l'inquinamento assume aspetti e gravità ben differenti a seconda che il corpo d'acqua ricevente sia costituito da un fiume o un canale, dal un lago oppure dal mare.

1.6.3.L'inquinamento delle acque sotterranee

Indubbiamente le acque sotterranee, rispetto a quelle che scorrono in superficie, godono di una certa protezione da parte del terreno soprastante, che agisce come un filtro naturale.

Questa considerazione non giustifica tuttavia il criterio alquanto semplicistico, adottato in Italia nel secondo dopoguerra, secondo il quale gli strati argillosi impermeabili assicureranno sempre e comunque la salvaguardia delle falde dette artesiane, ossia delle falde sottostanti a questi strati.

Proprio in ossequio a tale errato principio, durante il periodo di ricostruzione edilizia e

industriale seguito al secondo conflitto mondiale, le autorità responsabili della sanità pubblica tolleravano tacitamente chi reflui domestici e, soprattutto, quelli emessi dalle unità produttive, venissero smaltiti entro fosse o pozzi perdenti praticati nel terreno.

Sempre in base a tale principio, si spandevano sui campi senza alcuna regola, scoli provenienti da aziende agro-zootecniche, sostanze fertilizzanti, insetticidi, diserbanti e altri additivi, in quantità spesso superiori al bisogno e senza accertare l'eventuale nocività degli additivi suddetti, si arrivava, così, ad una vera e propria forma di inquinamento su larga scala.

L'inquinamento delle acque sotterranee (figura 13) è estremamente grave, sia perché esse rappresentano la principale fonte di approvvigionamento idrico per usi civili, sia perché risanare una falda inquinata è compito molto difficile e costoso. Molte sostanze, qualora pervengano nelle reti di distribuzione dell'acqua potabile, possono esercitare azione tossica anche a concentrazioni minime, dell'ordine del microgrammi e perfino del nanogrammo per litro.

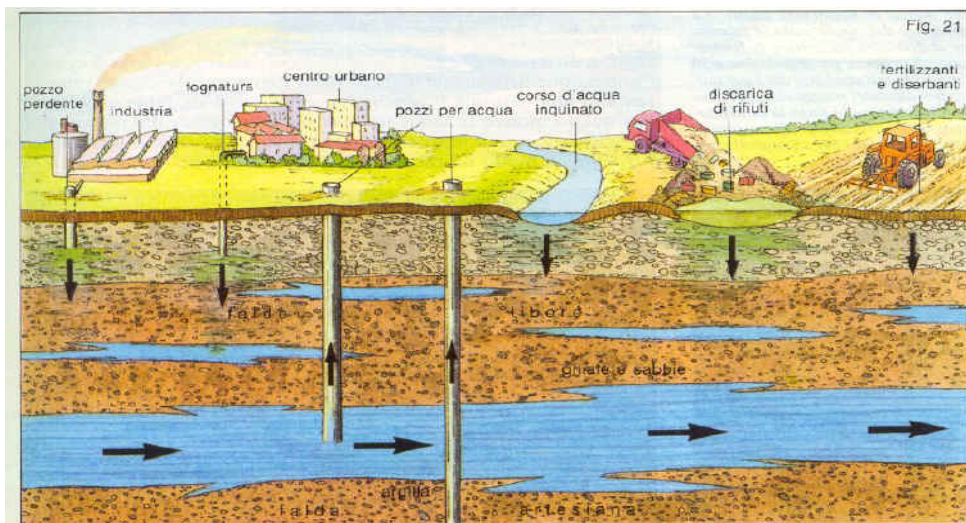


Figura 13: Inquinamento alle acque sotterranee dovuto a scarichi industriali, domestici ed agricoli.

Possiamo annoverare tra le sostanze inquinanti:

-solventi clorurati (figura 14), tra i quali la trielina, il percloroetilene e il tetracloruro di carbonio, impiegati come sgrassanti, e il cloroformio, utilizzato nell'industria farmaceutica, che possiede attività cancerogena accertata, sia per gli animali che per l'uomo;

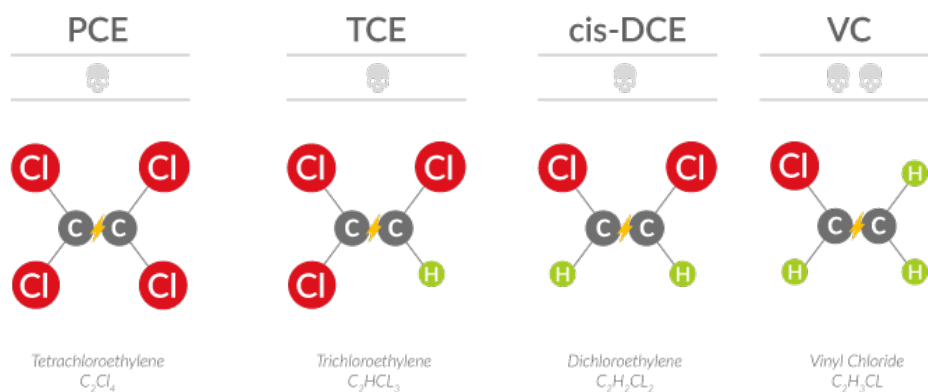


Figura 14: Esempi di configurazione atomica dei solventi clorurati.

-i pesticidi come il DDT, l'eptacloro, il toxafene, l'atrazina, e numerosi altri (figura 15);

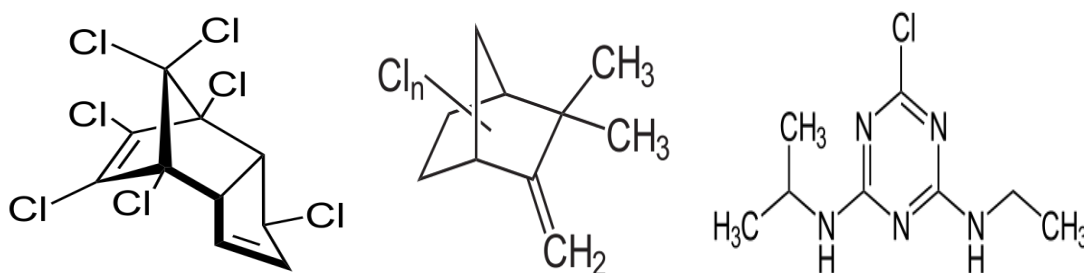


Figura 15: Formula di struttura dell'eptacloro, toxafene ed atrazina.

-prodotti organici, come il benzene, sospetto di attività cancerogena, teratogena (tossicità per l'embrione) e mutagena (alterazioni genetiche); il benzopirene, sicuro cancerogeno per gli animali, i policlorobifenili (PCB), fortemente epatotossici; il pentaclorofenolo (figura 16), sicuramente teratogeno e probabilmente cancerogeno e così via;

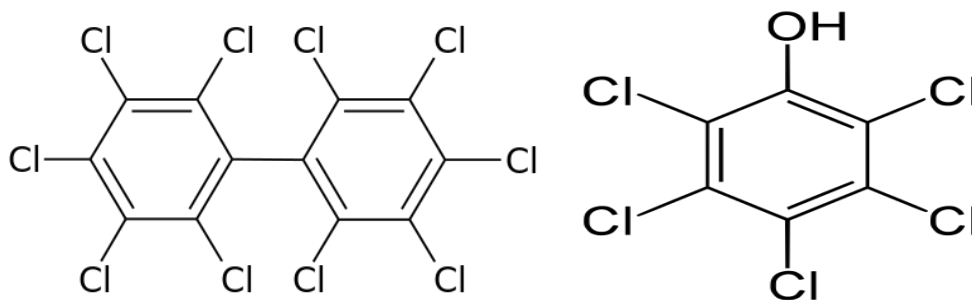


Figura 16: Formula di struttura dei policlorobifenili e pentaclorofenolo.

-composti di metalli, come il cadmio, che produce ipertensione arteriosa; il cromo, tossico per il rene; il mercurio, che provoca una grave affezione del sistema nervoso centrale, noto come morbo di Minamata; il piombo nocivo per il rene, il sistema nervoso centrale e periferico e il sistema emopoietico (figura 17).

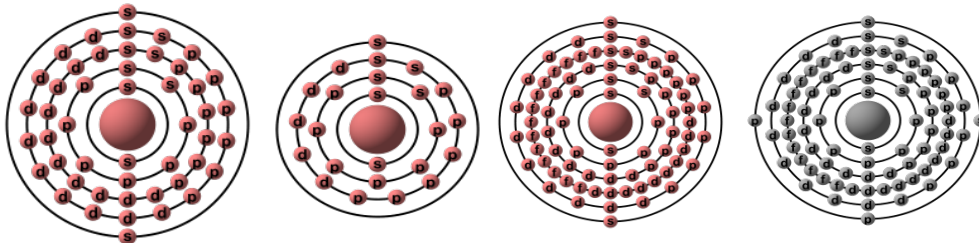
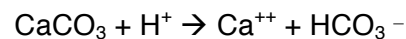


Figura 17: Configurazione elettronica di cadmio, cromo, mercurio e piombo.

In una memoria presentata al convegno sul tema “Acque per uso potabile”, organizzato a Milano nel 1987 dal Gruppo scientifico italiano studi e ricerche, si è richiamato l’attenzione sulla possibilità, finora alquanto trascurata, che le piogge acide siano causa di inquinamento delle falde acquifere.

L’acqua piovana naturale è leggermente acida (pH 7,5) a causa dell’anidride carbonica dell’atmosfera, che essa discioglie durante la caduta. Questa pur moderata concentrazione di ioni H^+ è la causa della dissoluzione dei calcari e delle dolomie, che conferisce durezza all’acqua:



e provoca altresì il noto fenomeno della caolinizzazione dei feldspati, da cui traggono origine delle argille.

Adriano Rossi che da molto tempo ha indagato a fondo sul fenomeno dell’inquinamento delle precipitazioni, suggerisce che l’effetto acidità potrebbe essere assai più forte di quanto appaia a prima vista; infatti una notevole aliquota dell’acqua precipitata torna a evaporare immediatamente e ciò fa abbassare ulteriormente il pH dell’acqua che effettivamente si infiltra nel terreno. Egli segnala, inoltre, anche la possibilità che, laddove i terreni non contengano sensibili quantità di calcare, l’acido attacchi, oltre ai feldspati, anche la caolinite con liberazione di ioni Al^{+++} , altamente citotossici; e ritiene che non siano da sottovalutare gli effetti nocivi dell’acido nitrico (figura 18) contenuto nell’acqua piovana, il quale fa aumentare la concentrazione di ioni nitrato e di altri prodotti di trasformazione nelle acque di falda.

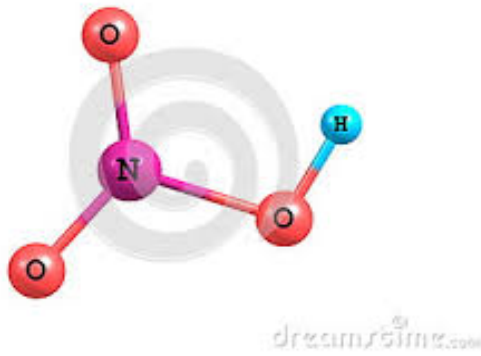


Figura 18: Configurazione atomica dell'acido nitrico.

1.6.4.L'inquinamento del suolo

Il suolo ha una composizione media quale: 45% di sostanze minerali, 5% di sostanze organiche, 25% di acqua, 25% di aria (figura 19):

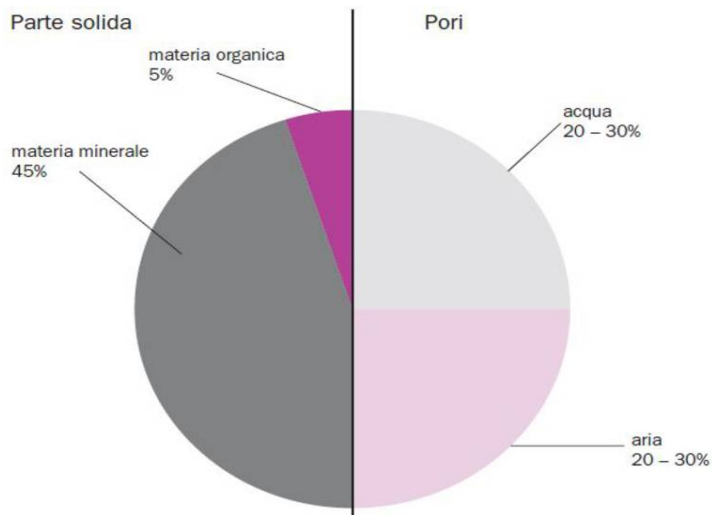


Figura 19: Composizione del suolo.

presenta costituenti minerali tra i quali prevalgono il quarzo, la calcite, il gesso, le argille e i fosfati, tra i numerosi costituenti organici, sono caratteristici gli acidi umici, sostanze complesse che rappresentano il prodotto finale della demolizione dei residui vegetali, effettuata dagli organismi del suolo (figura 19).

L'acqua circolante nel suolo consiste in una soluzione salina a composizione e concentrazione variabili; essa è la fonte della maggior parte delle sostanze nutritive occorrenti alle piante. La frazione gassosa ha una composizione qualitativa simile a quella dell'atmosfera esterna, ma è sovente satura di vapore acqueo e inoltre ha un contenuto molto più elevato di anidride carbonica (0,3—0,1% contro 0,03%). Ciò rappresenta soprattutto il risultato della demolizione della sostanza organica da parte dei microrganismi decompositori che vivono nel terreno.

La trasformazione dell'uomo da cacciatore a pastore e quindi ad agricoltore ha comportato fin dall'antichità una crescente pressione antropica sugli ambienti spontanei, che ha prodotto come conseguenza una progressiva diminuzione della diversità sistemica (in parole più semplici la scomparsa di numerose specie a beneficio di poche

altre che hanno avuto la meglio). Ciò ha innescato una sorta di catena di eventi sfavorevoli che hanno condotto, all'alterazione e sovente alla distruzione di numerose comunità, soprattutto di tipo forestale, con un corteggio di fenomeni di degradazione ambientale, quali inaridimento, erosione, trasformazioni varie, ecc.

In epoca recente il disturbo ambientale è divenuto sempre più importante per l'espandersi delle aree abitate dall'uomo. A ciò si è aggiunto l'inquinamento diretto, oppure tramite l'aria e l'acqua, inteso come introduzione di sostanze del tutto estranee agli ambienti spontanei, ovvero non usuali a quelle concentrazioni.

Per valutare meglio questi concetti, occorre considerare che nel suolo si svolgono molte reazioni chimiche importanti, sia agli effetti della genesi del suolo medesimo, sia agli effetti biologici; se tali reazioni vengono disturbate per apporti esterni, anche il suolo e le sue funzioni ne riporteranno grave nocumento.

Per esempio, la reazione di caolinizzazione dei feldspati conduce alla formazione delle argille che sono rocce determinanti per la chimica fisica del suolo. In particolare, la capacità delle argille (figura 20) di assorbire grandi volumi d'acqua e quella di scambiare ioni essenziali per la fertilità del terreno, possono essere sfavorevolmente influenzate dalla presenza di sostanze estranee.

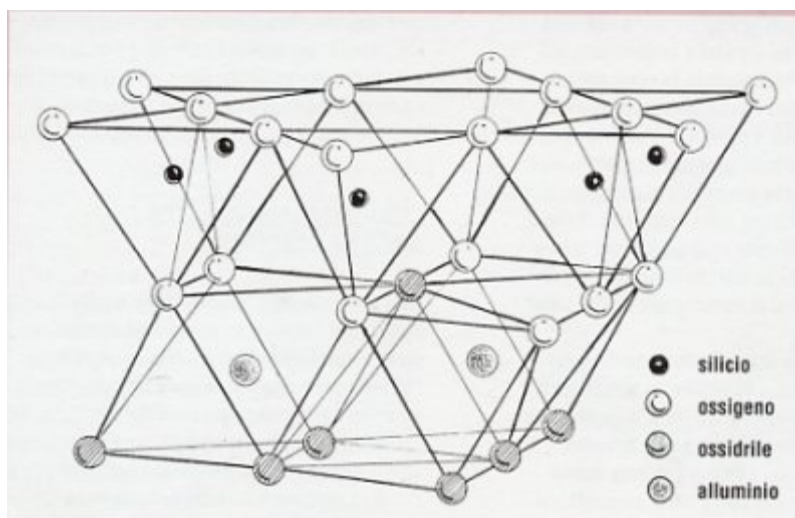


Figura 20: Struttura delle argille ordinata a strati composti da filosilicati di alluminio.

Lo stesso può dirsi delle reazioni di ossidoriduzione, sovente sostenute dall'intervento di microrganismi quali ad esempio batteri solfatoriduttori (figura 21) che riducono i solfati a solfuri, e l'ossigeno reso disponibile va ad ossidare le sostanze organiche.

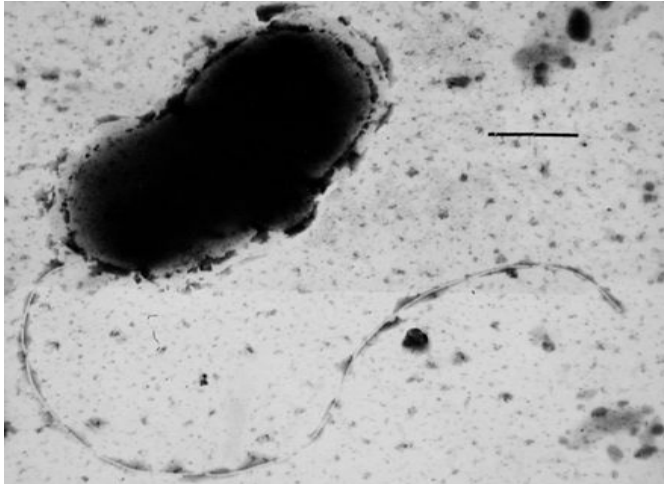
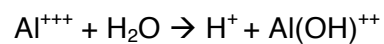


Figura 21: Esempio di batterio solfatoriduttore che riesce a compiere la respirazione anaerobica riducendo i composti ossidati dello zolfo ad H₂S.

Vi è una stretta relazione tra l'acidità del terreno e la sua fertilità, collegata a sua volta con il rifornimento di elementi nutritivi delle piante. Si instaurano così delicati equilibri, come quello tra gli ioni H⁺ e Al⁺⁺⁺ assorbiti sulla superficie delle particelle di argilla, secondo la reazione:



È evidente come tale equilibrio, e altri simili come quello del ferro e di altri metalli, possano subire veri e propri dissesti a causa dell'alterazione del pH del liquido circolanti.

CAPITOLO 2

Ciclo idrologico antropico, dall'approvvigionamento allo scarico

2.1. Approvvigionamento idrico

Per acqua potabile si intende quella risorsa naturale fondamentale per il sostentamento e la vita sulla terra; un bene destinato al consumo che svolge un ruolo primario nella gran parte delle attività umane.

L'approvvigionamento idrico del nostro paese si è avvalso, fino ad ora, delle numerose sorgenti e falde profonde di cui è particolarmente ricco. Perlopiù, inoltre, le sorgenti e falde profonde finora utilizzate si sono rivelate con caratteristiche chimiche e fisiche che permettono la loro immissione al consumo senza alcuna correzione.

Nell'ultimo ventennio del '900, però, il crescente sviluppo della popolazione, le migliorate condizioni economiche, i progressi nel campo sociale ed igienico, lo sviluppo di nuovi centri abitati ed il sorgere di numerosi centri industriali turistici, hanno determinato una sempre maggiore richiesta di acqua, sia ai fini industriali, che potabili, richiesta a cui la passata favorevole situazione idrica del sottosuolo italiano non può più far fronte.

Si è fatta allora ricorso allo sfruttamento di acque superficiali con particolari tecniche di trattamento, la cui realizzazione ha dato spesso origine ad imponenti e brillanti opere di ingegneria.

All'estero la necessità di approvvigionamento di acqua mediante tecniche speciali di trattamento, fu sentita molto prima che da noi, per una maggiore scarsità di adeguate risorse idriche del sottosuolo, per il più precoce sviluppo dell'industria, con il conseguente fenomeno dell'urbanesimo.

Storicamente le prime tecniche depurative sorsero negli Stati Uniti e Inghilterra. Il concetto della necessità di depurare le acque per renderle potabili, risale al 1834, anno in cui si identificò l'acqua come veicolo di infezione in occasione di un'epidemia di colera. Bisogna risalire, però, al 1852 per trovare in Inghilterra la prima legge che prescrive l'obbligo del trattamento delle acque a scopo potabile, mentre si arriva al 1885 per trovare il primo impianto realmente efficiente di filtrazione rapida.

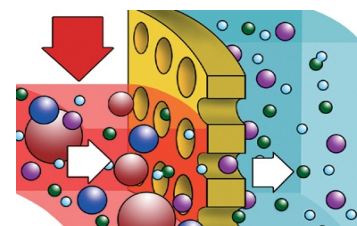


Figura 1: Processo di desalinizzazione.

Recentemente, la desalinizzazione delle acque di mare e salmastre (figura 1) ha dato prove più che valide di essere un sistema di approvvigionamento idrico di “un futuro che è già cominciato”. (figura 2)



Figura 2: Impianto di desalinizzazione funzionante ad osmosi inversa.

2.2. Difetti ed impurezze delle acque naturali

Saranno innanzi tutto da prendersi in considerazione i difetti dal punto di vista della potabilità di un'acqua, dipendendo la stima di un'analisi, dall'uso a cui quest'acqua è destinata.

Dal punto di vista della potabilità, si possono distinguere difetti ed impurezze di carattere organolettico, come il colore, la torbidità, l'odore, il sapore; impurezze difetti di natura chimica, come la durezza, l'aggressività, la resistività, la quantità globali solfati, cloruri, la presenza di ferro, di acido carbonico libero, di sodio, di manganese; difetti di carattere batteriologico come la presenza di germi anche non patogeni, ma che rivelano possibilità di inquinamento.

Tutte le possibili impurezze sono caratteristiche di ciascuna acqua e variano nella loro percentuale in modo molto vario.

Agli scopi del probabile uso potabile di un'acqua e ai fini della progettazione di un impianto di trattamento, si dovrà quindi sempre preporre un'analisi completa.

In generale, si può fermare che la potabilità di un'acqua comunque è determinata esclusivamente dall'esame batteriologico.

2.2.1. Batteriologia dell'acqua potabile

La batteriologia di un'acqua, destinata ai fini potabili, si basa sulla ricerca dei germi del gruppo colibacillo (*Bacterium coli* comune), di germi di qualche altro gruppo sul tipo sporulato, di germi patogeni e saprofiti. La presenza del *Bacterium coli* non è pericolosa di per sé stessa, ma è indice di contaminazione di materie fecali o di altro tipo.

L'analisi batteriologica, per questa ragione, va ripetuta periodicamente nelle varie stagioni, al variare delle condizioni meteorologiche, ed i risultati vanno comparati. Per un'analisi rilevata sospetta, al confronto, le indagini di probabile inquinamento vanno estese a tutto il bacino idrologico alimentatore della falda. Un esame batteriologico, più che esprimere una tolleranza quantitativa deve avere significato qualitativo; dirà cioè con il rilievo del colibacillo (sempre o quasi sempre presente in un'acqua stimata potabile, ma contenuto entro i limiti stabiliti), se l'acqua è soggetta ad inquinarsi, e con la presenza di altre varietà di germi, se l'acqua è effettivamente inquinata. Un'analisi batteriologica comporta:

- la manutenzione totale dei germi con l'indicazione dei mezzi di coltura impiegati per la loro individuazione e la temperatura di incubazione usata;
- la ricerca e la numerazione dei coliformi, di *Escherichiacoli*, *Streptococcus foecalis*, *Clostridium perfringens* (figura3), *Bacterium coli*, ecc. ecc.;

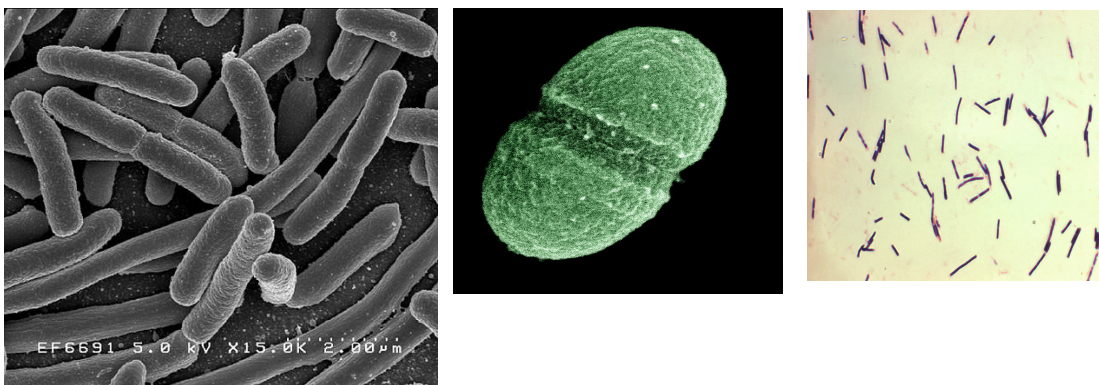


Figura 9: Rilevamento a microscopio di batteri quali: escherichiacoli, streptococcus foecalis e clostridium perfringens.

- la ricerca e la numerazione dello *Streptococcus foecalis* ed indicazione della tecnica di identificazione;
- la ricerca e la numerazione del *Clostridium perfringens*;

-la ricerca dei batteriofagi coli e della dissenteria.

L'analisi sarà effettuata rilevando il numero totale dei germi rispetto ad 1 cm³ d'acqua, ammettendo la potabilità qualora non si riscontrano più di un centinaio di germi e questi siano di poche specie e non patogeni.

La presenza del batterio coli, è un indice di inquinabilità dell'acqua.

Un'acqua può ritenersi inquinata qualora si riscontrino il batterio coli in 100 cc. di acqua, mentre può ritenersi potabile, se si riscontrano in quantità superiori a 100 cc., tenuto conto, naturalmente, delle altre condizioni verificatisi. A questo scopo è utile distinguere per i vari batteri:

-la sensibilità che risulta tanto più grande quanto più il germe è abbondante nelle feci e nelle acque luride;

- la resistenza: indice della sopravvivenza maggiore o minore del germe nei mezzi esteriori;

-la specificità che indica l'origine strettamente fecale del germe.

Così la presenza di Escherichia coli è un indice molto sensibile, assai specifico, e poco resistente. È un buon indice di contaminazione fecale e recente. Si ritiene non potabile l'acqua in cui si riscontri un individuo in 50 mc. di acqua. Per considerarla di origine fecale, devono essere reperiti con Escherichia coli, Enterococchi, Clostridium coli in altri termini specifici.

Da sola può essere considerata come proveniente da nidi di batteri insediati in giunti di condotta, pareti di serbatoio eccetera. È quindi un indizio poco specifico, sensibile e molto resistente in acqua.

L'enterococco è poco sensibile, poco specifico e di media resistenza. La sua coesistenza con altre specie è indizio di sicura origine fecale.

Il clostridium perfringens è poco sensibile, assai specifico e molto resistente. È un buon sintomo di contaminazione antica od intermittente.

I batteriofagi fecali hanno buona sensibilità, sono assai specifici e con resistenza dipendente dalla composizione chimica dell'acqua. La loro presenza con altri germi, è indizio sicuro di contaminazione fecale, mentre soli, sono da sospettarsi di probabile origine fecale.

2.2.2. Parametri dell'acqua potabile

L'acqua potabile può essere ben descritta mediante l'utilizzo di parametri intrinseci, la cui analisi facilita la consapevolezza del consumatore e la capacità di valutazione dello stesso.

Tali parametri vengono proposti e valutati nel decreto legislativo n.31 del 21 Febbraio 2001 che è stato redatto, come si evince al suo interno, con la finalità di disciplinare la qualità delle acque destinate al consumo umano al fine di proteggere la salute umana dagli effetti negativi derivanti dalla contaminazione delle acque, garantendone la salubrità e la pulizia. All'interno del "Manuale acqua pulita", pubblicato online dall'Università di Milano Bicocca durante gli studi per la creazione di Immedia-Test (kit fai da te che permette di valutare la qualità dell'acqua che fuoriesce dal rubinetto in modo semplice e veloce), tali parametri vengono riportati nella seguente tabella; per ognuno di essi vengono riportati i valori di parametro stabiliti per legge, il significato e gli effetti sulla salute e sull'ambiente.

ALLEGATO I

Parametro	Limite di legge D.Lgs.n.31/2001	Caratteristiche	Effetti sulla salute	Effetti sull'ambiente
pH	Compreso tra 6,5 e 9,5 unità di pH.	È la misura della quantità di ioni idrogeno (H ⁺).	L'ingestione o il contatto con soluzioni molto acide o basiche possono provocare irritazioni. Questo avviene raramente per le acque a meno che non vi siano gravi contaminazioni.	Acque troppo acide o basiche possono reagire con le tubazioni e provocare il rilascio di metalli. pH troppo acido o troppo basico alterano in modo drastico gli ecosistemi.
Durezza	Valore consigliato tra 15 e 50 °F.	Indica l'abbondanza di ioni calcio (Ca ²⁺) e magnesio (Mg ²⁺) nell'acqua.	Le acque più dure sono indicate nella stagione estiva e durante lo svolgimento di pratiche sportive. Acque troppo dolci (<15°F) non soddisfano i fabbisogni metabolici dell'organismo ed è quindi necessario fare uso di integratori salini. Non c'è corrispondenza tra acqua dura e calcoli renali.	Valori della durezza superiori a 30°F possono provocare incrostazioni di calcare nelle tubature e negli impianti di riscaldamento ed influire in modo negativo nei processi di lavaggio. Acque troppo dolci (inferiori a 10°F) possono diventare corrosive per le tubature metalliche.
Nitrati e nitriti	I nitrati non devono superare i 50 mg/L. I nitriti non devono superare gli 0,50 mg/L.	I nitrati (NO ₃) e i nitriti (NO ₂) sono composti inorganici che contengono azoto e ossigeno. Possono essere presenti naturalmente o derivare da contaminazioni di falda da scarichi civili o agricoli.	I nitriti, se in concentrazioni elevate, sono nocivi perché ossidano l'emoglobina presente nei globuli rossi rendendola incapace di trasportare l'ossigeno. I soggetti più sensibili all'inquinamento da nitriti sono i bambini e le donne in gravidanza.	Quantità eccessive di nitrati e nitriti rilasciati nell'ambiente possono causare fenomeni di eutrofizzazione. Un'eccessiva fertilizzazione agricola può condurre a inquinamenti della falda da nitrati e nitriti.
Cloruri	I cloruri in acqua non devono superare i 250 mg/L.	Sono composti inorganici contenenti cloro. Il principale cloruro è il sale da cucina (cloruro di sodio) ma ne esistono anche altri come il cloruro di alluminio, di calcio e di potassio.	Elevate concentrazioni di cloruri conferiscono all'acqua odore e sapore sgradevoli, ma in genere non sono tossiche per l'uomo. Acque ricche di cloruri facilitano la secrezione di succhi gastrici e quindi la digestione. Se si superano i limiti di legge possono presentarsi problemi cardiaci.	Un'acqua ricca di cloruri e caratterizzata da un pH acido può causare la corrosione delle strutture metalliche dei sistemi di riscaldamento e delle tubature riducendone la durata. In aree costiere possono avvenire fenomeni di inquinamento della falda da acqua di mare.
Solfati	I solfati in acqua non devono superare i 250 mg/L.	I solfati (SO ₄) sono composti contenenti zolfo e sono normalmente presenti nell'acqua in seguito al passaggio attraverso le rocce. Contaminazioni da scarti industriali possono percolare nelle falde.	Queste sostanze possono avere effetti benefici a livello gastro-intestinale in quanto determinano effetti antispastici ed antinfiammatori. Un'elevata assunzione di solfati, però, può causare, in individui non abituati, fenomeni temporanei di lieve disidratazione e, in casi estremi, effetti lassativi.	Elevati livelli di solfati possono essere corrosivi per le tubature idrauliche di rame. I solfati presenti nell'acqua provengono soprattutto da inquinamenti dovuti all'agricoltura, dove sono utilizzati come fertilizzanti, e dalle piogge acide che possono contaminare le falde.
Cromo	Non deve superare i 50 µg/L.	Il cromo è un metallo pesante molto reattivo, presente nell'acqua sia naturalmente sia in seguito a contaminazioni delle falde legate ad attività industriali come le produzioni di acciaio inox, vernici e tinture.	Le tubazioni e i rubinetti in acciaio inox possono rilasciare cromo in acqua ma generalmente in concentrazioni trascurabili. L'assunzione di quantità elevate di cromo, molto al di sopra dei limiti fissati dalla legge, può indurre problemi cardiaci, alla pelle e alle vie respiratorie.	Il cromo che si trova nell'aria, in seguito a processi naturali o ad attività umane, si deposita nel terreno e può entrare nell'acqua. Può avere azione genotossica e mutagenica pertanto agisce direttamente sul DNA degli organismi viventi indipendentemente dalla specie.
Piombo	Non deve superare i 25µg/L (abbassato a 10 µg/L dal 2013).	Il piombo è un metallo molto solubile e quindi facilmente assorbibile. Le falde possono essere contaminate da piombo in seguito a combustione di benzine o di carbone.	L'esposizione a dosi elevate e continue può causare danni ai reni e al sistema nervoso. Effetti acuti dell'avvelenamento da piombo sono: torpore, irritabilità, mal di testa, mal di stomaco e crampi (saturismo).	Il piombo presente nelle acque provoca alterazioni degli ecosistemi in quanto è tossico per tutti gli organismi viventi. Se si utilizza acqua contaminata da piombo per l'irrigazione si possono verificare effetti negativi sulla crescita delle piante in quanto questo metallo altera la fotosintesi e lo sviluppo. Tubazioni molto vecchie in piombo possono rilasciare il metallo nell'acqua.
Nichel	Non deve superare i 20 µg/L.	È un metallo bianco argenteo, presente naturalmente nell'acqua in seguito al suo passaggio nelle rocce. Può avere anche una derivazione antropica soprattutto da scarichi di aziende che lo lavorano.	È essenziale per gli organismi ma se assunto in dosi elevate (oltre i 600 mg/giorno) può risultare tossico e provocare problemi respiratori, cardiaci oltre ad aumentare la probabilità di sviluppo di cancro ai polmoni, al sistema respiratorio superiore e alla prostata. Può anche causare allergie alla pelle.	Il nichel è uno dei metalli più comuni nell'ambiente ed è essenziale anche per la crescita e sviluppo degli organismi viventi a partire dalle piante. Solo contaminazioni consistenti di nichel nelle acque possono evidenziare alterazioni importanti dell'ambiente e dell'ecosistema.
Arsenico	Non deve superare i 10 µg/L.	L'arsenico puro non è velenoso, ma lo sono tutti i suoi composti che trovano impiego come pesticidi, erbicidi ed insetticidi che possono contaminare le falde.	I principali effetti da arsenico, molto al di sopra dei limiti di legge, sono: mal di stomaco, nausea, vomito, diarrea, irritazione della pelle e dei polmoni. Dosi molto elevate di arsenico possono essere causa dello sviluppo di cancro alla pelle, ai polmoni, al fegato.	Generalmente non è un elemento facilmente biodegradabile e risulta molto persistente nell'ambiente.

Parametro	Limite di legge D.Lgs.n.31/2001	Caratteristiche	Effetti sulla salute	Effetti sull'ambiente
Rame	Non deve superare i 1000 µg/L.	È un metallo duttile che può derivare dalle rocce oppure da inquinamento agricolo. In caso di tubature domestiche in rame è importante eseguire controlli periodici soprattutto in stabili vecchi..	Il rame è un elemento essenziale per la salute umana e in soggetti sani provoca raramente problemi. L'ingestione accidentale di grandi dosi di rame può provocare mal di testa, nausea, vomito e diarrea fino ad arrivare a casi estremi di danni ai reni e al fegato	Il rame nel suolo difficilmente finisce nell'acqua freatica anche se un eccessivo uso di fertilizzanti contenenti rame possono causare inquinamento delle acque. Invece il rame contenuto nelle acque superficiali può compiere anche grandi distanze e quindi contaminare ambienti lontani dalla fonte dell'inquinamento.
Zinco	La legge italiana non fissa valori soglia in quanto la presenza di questo metallo non rappresenta una minaccia per la salute dell'uomo. Solo in tracce può derivare dalle rocce.	È un metallo bianco-blauastro presente nell'acqua potabile prevalentemente in seguito a scarichi industriali o combustione di carbone o di rifiuti.	Lo zinco è un oligoelemento presente in tracce nel corpo umano. La carenza di zinco può provocare alterazione dei sensi (gusto), riduzione delle difese immunitarie, perdita dei capelli e rallentamento nello sviluppo in particolare nei bambini. L'eccesso, invece, può provocare nausea, vomito e febbre oltre che, in casi estremi, danni al pancreas, problemi respiratori e arteriosclerosi.	Nelle piante lo zinco ha un ruolo fondamentale in quanto si trova nella clorofilla e negli ormoni che regolano la crescita. Un eccesso di zinco, dovuto all'utilizzo oltre misura di concimi a base di tale metallo, non viene tollerato da tutte le piante che avvizziscono e vanno incontro a morte; la carenza di zinco rallenta lo sviluppo della pianta.
Alluminio	Non deve superare i 200 µg/L.	È un metallo che si trova nell'acqua a causa della lisciviazione del suolo e delle rocce che attraversa. Può essere aggiunto all'acqua attraverso la coagulazione ovvero il trattamento per rimuovere le particelle sottili ed i batteri.	Solo l'1% dell'alluminio presente nell'acqua potabile può essere utilizzato dal metabolismo, di questo una parte viene accumulata nelle ossa, nel fegato e nei tessuti neuronali. Il restante quantitativo di alluminio viene filtrato dai reni ed eliminato con le urine. I principali sintomi da avvelenamento di alluminio assunto attraverso il cibo o acqua contaminata sono vesciche in bocca, irritazione cutanea, mal di gola, stanchezza e diarrea.	L'alluminio è presente naturalmente nel terreno ma viene rilasciato anche da attività antropiche come industrie che lo lavorano per fare ad esempio latine, finestre, porte, elettrodomestici, attrezzi da cucina. L'alluminio è un elemento persistente nell'ambiente e la sua rimozione richiede attività mirate per la bonifica.
Ferro	Non deve superare i 200 µg/L.	È un metallo di colore grigio-argento che si trova in tracce nell'acqua da processi naturali come l'erosione delle rocce o da attività antropiche come scarti industriali.	È un elemento essenziale per il metabolismo umano perché costituente fondamentale dell'emoglobina, per il trasporto dell'ossigeno nel sangue. In caso di somministrazioni elevate di ferro possono verificarsi problemi come emicrania, difficoltà nella respirazione, stanchezza e perdita di peso.	Sebbene il ferro sia un elemento fondamentale per tutti gli esseri viventi perché partecipa ai processi respiratori e fotosintetici (è la componente principale della clorofilla), quantità eccessive di tale metallo determinano un effetto tossico o alterazione degli ecosistemi.
Contaminanti chimici organici	Non devono superare lo 0.1 µg/L. Non devono superare gli 0.5 µg/L (totali) e 0.1 µg/L (singolo contaminante). Non devono superare i 10 µg/L. Non devono superare i 30 µg/L.	- <i>Idrocarburi policiclici aromatici</i> Come ad esempio: benzo(a)pirene, antracene, naftalina e pirene - <i>Pesticidi ed erbicidi</i> - <i>Solventi organici</i> Come ad esempio: tricloroetilene e tetracloroetilene - <i>Composti organo-alogenati</i> Come ad esempio: trielina, percloroetilene e dicloroetilene	Se ingeriti attraverso l'acqua possono provocare problemi gastrointestinali e malesseri vari. Se ingeriti possono provocare intossicazioni acute con irritazione cutanea, problemi respiratori, nausea, vertigini e incoscienza. Gli effetti cronici dovuti a dosi elevate si manifestano anche a distanza di anni: tumori, malformazioni congenite, allergie e danni al sistema immunitario. Questi composti sono estremamente tossici e possono produrre effetti molto gravi sul metabolismo cellulare oltre che indurre mutazioni genetiche molto gravi. Per questa ragione è importante la loro analisi e il monitoraggio. Tracce di tali composti possono anche derivare dalla clorazione, ma tale processo non prevede mai dosi elevate, superiori ai limiti di legge. La clorazione delle acque potabili è importante per la disinfezione delle acque.	Derivano dalla combustione del petrolio e dai gas di scarico. Hanno lunga persistenza nell'ambiente. Sono prodotti di sintesi ampiamente utilizzati in agricoltura, possono contaminare l'acqua attraverso percolazione delle acque superficiali o sotterranee con deflussi agricoli, scarti industriali non smaltiti in modo corretto, rilascio da superfici trattate chimicamente o trasportati da piogge inquinate. Sono solventi utilizzati nelle industrie metallurgiche e tessili (pulizie a secco). Questi composti possono trovarsi nell'acqua potabile quando scaricati direttamente sul terreno a causa di smaltimenti inadeguati o fuoriuscite accidentali, provocando danni ambientali. Sono composti chimici talvolta persistenti che possono inquinare bacini idrici e falda.

2.3. Meccanismi di potabilizzazione; generalità

I difetti di un'acqua da potabilizzare (organolettici, chimici, batteriologici) si possono ovviare con mezzi fisici e chimici.

Per piccoli quantitativi di acqua, tra i mezzi fisici, si ricordano l'ebollizione e la filtrazione mediante filtri portatili e di tipo individuale o mediante candele Berkefeld, Chamberland, o filtri Seitz.

Su larga scala, per complessi medi ed importanti e per agglomerati cittadini, i mezzi fisici comprendono:

- chiarificazione e sedimentazione. Le operazioni di questo tipo hanno lo scopo di eliminare le impurità più grossolane dell'acqua e la torbidità;

- flocculazione: decantazione, di solito associata alla filtrazione, il cui scopo è quello di far precipitare (coagulazione) in un insieme voluminoso e pesante le materie colloidali molto fini contenute nell'acqua, che, senza questa operazione, non potrebbero decantarsi naturalmente od essere trattenute dai filtri;

- filtrazione (lenta o rapida a seconda del materiale, granometria e del tempo impiegato). Questa operazione ha lo scopo di completare la chiarificazione e di eliminare parte dei batteri meno resistenti.

Con i metodi chimici si ottiene una efficace sterilizzazione chimica dei batteri e microorganismi sfuggiti alle operazioni precedenti. I principali metodi usati industrialmente sono quelli del cloro e derivati, dalla ozonizzazione, dei metodi legati all'impiego dei raggi ultravioletti.

Altre operazioni di trattamento delle acque, non sempre necessarie e non sempre attuate sono quelle di:

-neutralizzazione; viene effettuata per acque particolarmente aggressive e ricche di acido carbonico o in presenza di altri gas disciolti;

- deferrizzazione o demanganizzazione; viene eseguita in acque particolarmente ricche di composti ferrosi o manganesiaci, onde ovviare agli inconvenienti che la loro presenza comporta nell'acqua;

- operazioni di addolcimento e demineralizzazione, di epurazione chimica o con composti vari; onde ottenere acque chimicamente neutre ed igienicamente potabili.

Secondo la tecnica più moderna le varie fasi di trattamento vengono compiute secondo un procedimento organico che cerca di raggruppare le varie operazioni nel minor spazio possibile e di compierle con la maggior rapidità compatibile.

Sorpassati tecnicamente, ed ormai abbandonati i metodi di filtrazione lenta, ci si avvale della filtrazione rapida che si sviluppa generalmente nelle fasi di: sgrossatura, mescolamento dei reattivi, flocculazione, sedimentazione, filtrazione, disinfestazione (figura4).

Nelle tendenze moderne si cerca di ridurre al minimo le operazioni salvaguardando che le caratteristiche di potabilità siano rispettate.

I tempi medi per la filtrazione rapida si aggirano sulle seguenti cifre:

-Mescolamento dell'acqua con i coagulanti: 5-10 minuti

-Flocculazione: 20-40 minuti

-Sedimentazione: 3-4 ore

-Filtrazione: 5ml/h circa

per la filtrazione lenta i tempi di filtrazione mediamente si aggirano sui 1-1,2ml/h, corrispondenti ad una capacità di filtrazione di 5-15 mc. di acqua filtrata per mq di superficie filtrante nelle 24 ore.

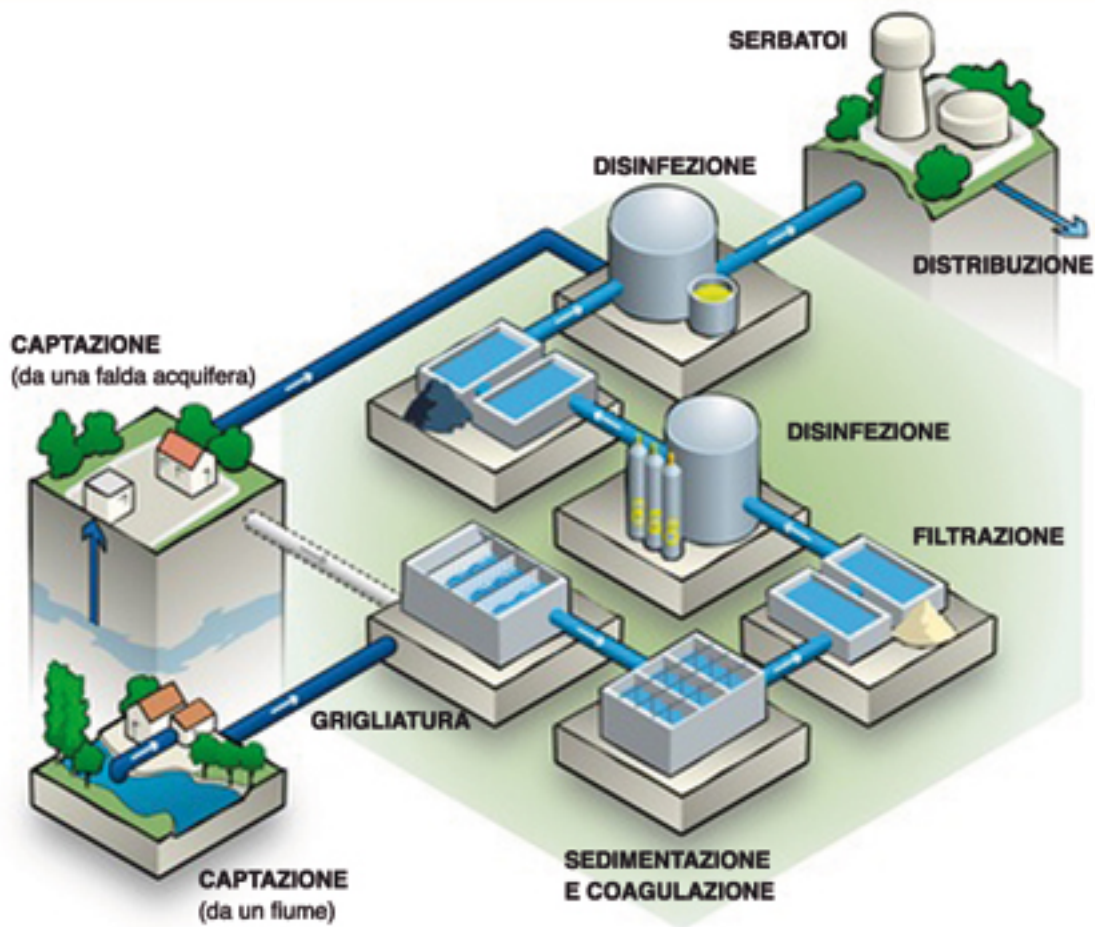


Figura 10: Processo completo di potabilizzazione dell'acqua suddiviso nelle varie fasi.

2.3.1. Mescolazioni – Flocculazione

Nel trattamento delle acque il processo di chiarificazione si articola in fasi diverse e successive, a seconda della quantità e della qualità delle acque da trattare. Con acque torbide è sempre necessaria una fase preliminare detta di sgrossatura in cui, mediante operazioni meccaniche, si cerca di eliminare dalle acque le particelle più grossolane. Nella tecnica moderna questa operazione viene eseguita non più mediante bacini decantatori, ma con opportuni sistemi di griglie. Le sospensioni minute e le soluzioni colloidali vengono eliminate mediante operazioni di coagulazione e flocculazione.

La coagulazione consiste nell'introdurre in acqua una dose di prodotti coagulanti che originano dei precipitati (in genere idrati metallici) voluminosi e più pesanti, con le particelle colloidali, che diversamente passerebbero dai filtri.

I coagulanti e le dosi da introdurre, dipendono strettamente dalla natura dell'acqua da trattare e sono determinati con precisazione mediante prove.

I coagulanti sono in genere degli elettroliti ad elevata valenza, che hanno la capacità di immettere in soluzione degli ioni di segno opposto alle particelle da precipitare. Il solfato di alluminio (figura 5) è il coagulante di più largo impiego; altrimenti sono usati il cloruro ferrico (FeCl_3), il solfato ferraroso (FeSO_4) con idrato di calcio ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{CO}_3$).

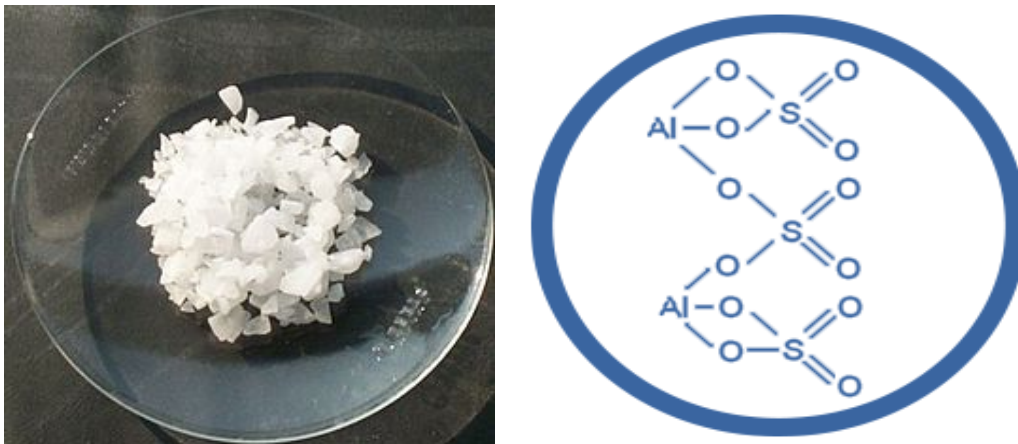


Figura 11: Immagine del solfato di alluminio (maggior coagulante utilizzato nel processo di coagulazione dell'acqua) e della sua configurazione atomica.

Numerosi fattori influenzano il processo di coagulazione, e fra questi i principali sono il colore, la torbidità, la temperatura, la alcalinità, la concentrazione idrogenionica, la durezza, il contenuto di acido carbonico libero.

Il colore di una acqua si deve distinguere in colore reale, dovuto alle sole sostanze in soluzione ed allo stato colloidale, eliminabile solo mediante operazioni di coagulazione, ed il colore apparente dovuto sia alle sostanze in soluzione che a quelle in sospensione. L'eliminazione del colore colloidale che in genere richiede una dose di coagulante direttamente proporzionale alla intensità di colorazione, avviene attraverso una neutralizzazione della carica negativa propria delle sostanze colloidali coloranti, ad opera del fiocco di coagulante.

In una seconda fase si ha l'assorbimento del colore da parte dei fiocchi di colore risultanti.

La torbidità, qualora si utilizzino acque superficiali soggette a torbide notevoli, va notevolmente ridotta in impianti di sgrossatura mediante operazioni di decantazione. Le acque disgrossate con caratteristiche di torbidità ancora rilevanti, vanno trattate con

coagulanti. Essendo, infatti, la torbidità dovuta a particelle sospese di sabbia fine ed argilla, favorisce la formazione del fiocco. Acque chiare prive o povere di contenuto argilloso, richiedono quantitativi maggiori di coagulanti, rispetto alle acque meno chiare.

La temperatura influisce notevolmente sul potere coagulante, perché, la viscosità dell'acqua diminuisce con l'aumento di temperatura. La viscosità si oppone, infatti, al moto delle particelle in sospensione, quali ad esempio i fiocchi, derivati dalla coagulazione, ostacolandone la sedimentazione.

L'alcalinità è il contenuto di carbonati, bicarbonati, idrati, borati, silicati e fosfati e l'acidità è il contenuto in acido carbonico equivalente e solfati. I carbonati ed i bicarbonati contenuti nell'acqua reagiscono con i sali acidi d'alluminio e di ferro delle sostanze coagulanti dando origine ai relativi idrati che precipitano sotto forma di fiocco.

Per i vari coagulanti si rileva che l'idrato di alluminio agisce con un pH inferiore a 7,4 o superiore a 8,5. È accertato teoricamente che per precipitare un mg/l di solfato di alluminio sono necessari 0,45 mg/l di alcalinità, mentre agli effetti pratici questo limite scende a 0,25 mg/l per acque intensamente colorate.

Si è pure constatato sperimentalmente che la gran parte dei sali metallici impiegati come coagulanti delle acque, come sali di acidi forti, provocano una acidificazione dell'acqua. Si ricorre allora ad una neutralizzazione simultanea, per evitare che l'acqua acquisti caratteristiche aggressive, mediante l'introduzione di calce.

In certe tecniche moderne, dato che alcuni coagulanti provocano andamenti opposti a quelli richiesti, si mette a contatto con il materiale flocculato in precedenti trattamenti, l'acqua che si vuole trattare, ottenendo così un equilibrio iniziale favorevole all'ulteriore svolgimento del processo flocculatore.

Per la più parte dei trattamenti si aggiungono, inoltre, sostanze acceleratrici del flocculamento. Si impiega, così, la silice attiva per ottenere flocculi più pesanti ed abbondanti, specie in presenza di acque fredde o con pH suscettibile di variare nel tempo.

Altri acceleratori di flocculazione sono il silicato di soda non attivo, la bentonite, certe argille speciali, il carbone attivo in polvere.

I processi di coagulazione dell'acqua possono ottenersi anche mediante processi di elettrolisi in seno al liquido invece di fare uso di prodotti chimici.

In questo caso per elettrolisi si forma in seno al liquido l'idrato metallico necessario alla coagulazione mediante placche di ferro (coagulazione elettrica con ferro) e con placche di alluminio.

Si provoca artificialmente una tensione fra due placche vicine, di alcuni volts. La distanza fra due placche è di 20 m., mentre la loro superficie è di 1 mq. per ogni mc/h di acqua da trattare. Il consumo di corrente elettrica è di circa 25 watt/h. si ottengono con questo metodo risultati ottimi con buonissima deodorazione e produzione di flocculi particolarmente grandi e pesanti. Il suo impiego fino ad ora risulta limitato a piccoli impianti.

Nella pratica del trattamento bisogna avere la massima esattezza nella dosatura dei reattivi, nella loro preparazione, nel loro amalgamento e soluzione con l'acqua da trattare.

A questo scopo le operazioni di dosaggio, preparazione e soluzione, negli impianti moderni sono quasi tutte eseguite meccanicamente ed automaticamente.

Una volta aggiunti nelle dovute dosi i coagulanti, ha inizio la flocculazione. Questa non inizia subito ma generalmente tra l'immissione del reagente e la formazione dei primi flocculi passa un certo periodo di tempo.

La flocculazione è facilitata ed accelerata mediante una agitazione, rapida all'inizio per qualche minuto, poi più lenta per altri 15-20 minuti.

Negli impianti meccanici questa agitazione si ottiene mediante dispositivi di vario tipo.

Abbiamo così flocculatori elico-agitatori (figura 6) efficienti e di buona rendita, a braccia rotanti oppure a movimenti di acqua.



Figura 6: esempio di flocculazione con elico-agitatori su piccola scala.

In questa operazione occorre evitare qualsiasi variazione di velocità ed agitazione brusca, o salti di acqua. È opportuno inoltre, per non spezzare i flocculi formati, allacciare il flocculatore ai bacini di decantazione mediante canali a larga sezione e privi di risalti o strozzature idrauliche onde ottenere moti di acqua laminare e non turbolenti e per non rendere inoperanti i risultati di flocculazione.

Il susseguirsi di operazioni di coagulazione-neutralizzazione-flocculazione anteposte alla decantazione, di cui si parlerà in questa tesi nel prossimo paragrafo, sono rappresentate in figura 7.

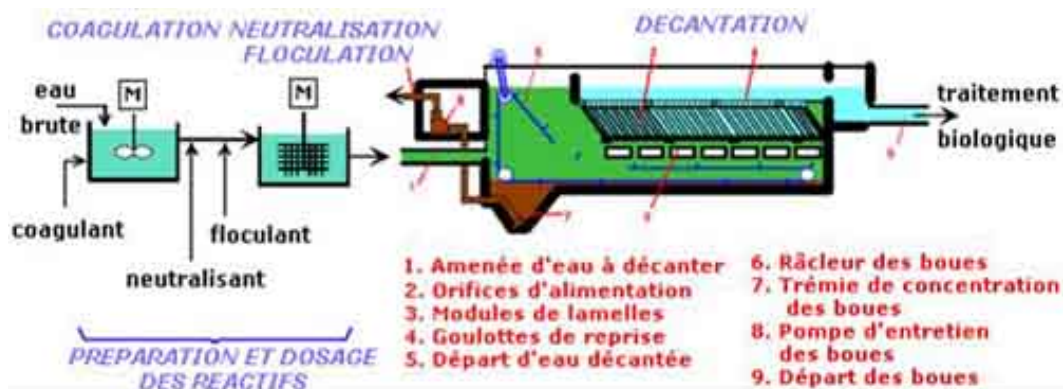


Figura7.

2.3.2. Decantazione

Questa operazione ha lo scopo di permettere il deposito delle particelle in sospensione, siano queste di origine chimica (coagulazione) o esistenti nell'acqua in sé stessa.

Esistono vari modi e procedimenti di decantazione. Nella decantazione statica del metodo classico, il bacino decantatore è costituito da una serie di vasche rettangolari o circolari in cui l'acqua circola continuamente.

Perché possa aver luogo la deposizione dei fanghi bisogna che la velocità ascensionale dell'acqua sia inferiore a quella di caduta dei fiocchi. I piccoli decantatori sono generalmente dotati di fondo inclinato, per permettere l'evacuazione continua dei fanghi dal punto più basso.

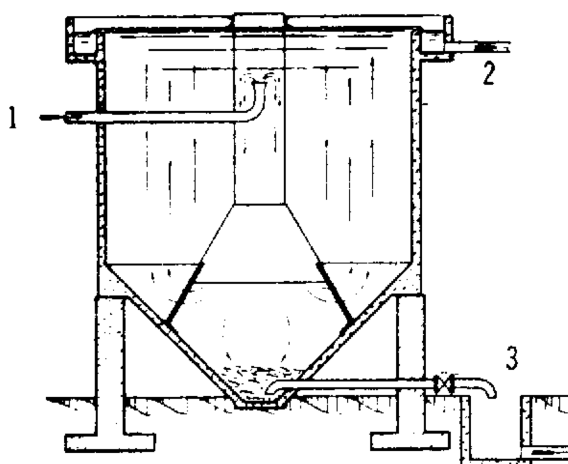


Figura 12: Decantatore statico cilindrico-conico; è adatto per portate piccole fino a 20 mc/ora. Il volume del decantatore deve essere il doppio della portata oraria delle acque da trattare.
 1-Arrivo dell'acqua grezza
 2-Partenza dell'acqua decantata
 3-Vuotatura dei fanghi e del decantatore.

I grandi decantatori sono invece muniti di sistemi di evacuazione particolari e meccanici. Nei serbatoi decantatori, si devono regolare i movimenti dell'acqua in modo da eliminare al massimo le correnti perturbatrici; le variazioni di temperatura tra l'acqua immessa e

quella decantata, nonché le variazioni brusche del decantatore, sono cause provocatrice di correnti perturbatrici ed occorre evitarle per un buon funzionamento del ciclo.

Nella decantazione statica con regolazione meccanica dei depositi, si elimina il deposito formato mediante sistemi meccanici, automatici, con regolazioni ad orologeria, o elettrica. Il manuale "Il problema acqua" (1987 p.113) propone due tipi di decantatori con raccogliitore meccanico dei fanghi, uno a sezione rettangolare (figura 9) e l'altro a sezione circolare (figura 10).

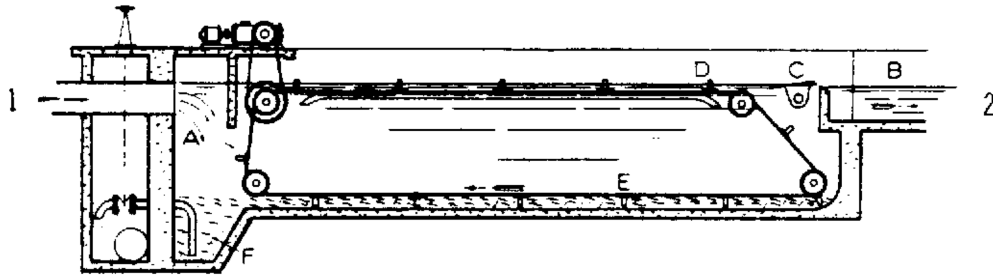


Figura 9: Decantatore statico rettangolare con eliminazione meccanica dei fanghi. La raccolta dei fanghi è assicurata da una coppia di catene che portano dei rastrelli di raccolta (E) convoglianti nella fossa (F) dove una saracinesca automatica o meno elimina i fanghi periodicamente. In superficie (D) I rastrelli servono ad evacuare mediante il dispositivo C i corpi galleggianti (Velocità di rotazione 1 cm/sec. –Eliminazione. Fanghi ogni 30 minuti)

1-Arrivo delle acque da decantare
2-Partenza acque decantate

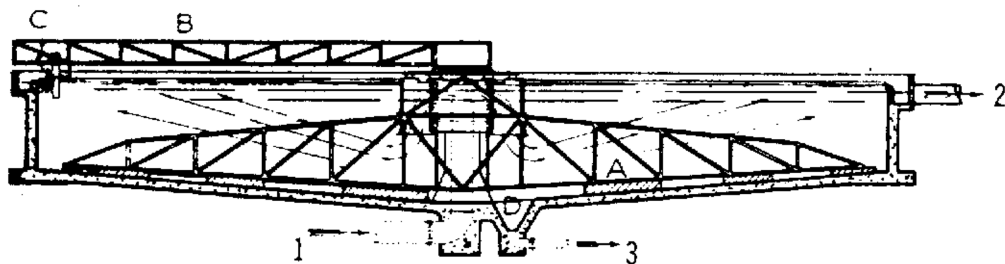


Figura 10: Decantatore statico circolare con eliminazione meccanica dei fanghi. Un gruppo moto riduttore(C) fa ruotare la passerella (B) con velocità di 213 giri/h. la quale trascina i bracci (A), muniti di rastrelli di raccolta. I fanghi vengono così convogliati in (D) dove vengono automaticamente eliminati. L'acqua grezza arriva (1) e viene allontanata mediante una fossetta periferica circolare posta sul bordo superiore del decantatore (2). In (3) viene effettuata la vuotatura periodica dei fanghi.

Risultati migliori si ottengono con la decantazione accelerata. In questi procedimenti generalmente, si combina la flocculazione e la decantazione in un unico bacino.

Perché le parti in reazione entrino al più presto e nel migliore dei modi in contatto tra di loro, si effettua una agitazione lenta e regolare dell'acqua da trattare. L'agitazione deve essere lenta in maniera da non distruggere i fiocchi in formazione, mentre d'altronde la flocculazione aumenta mettendo in circolazione flocculi già formati, su cui si deposita o si formano altri flocculi, dando origine ad un precipitato molto pesante e denso.

Queste due condizioni si ottengono mettendo in circolazione flocculi già formati, ma nello stesso tempo eliminando in una speciale zona, detta di concentrazione, i fiocchi da eliminare, mentre in un'altra zona viene allontanata l'acqua trattata.

Queste due zone, l'una a decantazione propriamente detta e l'altra detta di contatto e di espansione, vengono mantenute tali con setti separatori e deviatori e con movimenti dell'acqua impressi da agitatori idonei.

Con la decantazione accelerata si ottengono tempi notevolmente ridotti ed inoltre si possono applicare operazioni diverse simultaneamente, quali ad esempio la decolorazione e la deodorazione, la precipitazione dei sali alcalini terrosi, l'eliminazione del ferro e del manganese.

Il manuale "Il problema acqua" (1987 p.114) propone due tipi di decantatori a processo rapido (figura 11-12-13).

Con altri metodi la decantazione viene accelerata mediante circolazione forzata di acqua mescolata al reattivo ed a fiocchi in formazione, per cui la ulteriore formazione dei fiocchi, la loro raccolta ed eliminazione viene ridotta a tempi brevissimi.

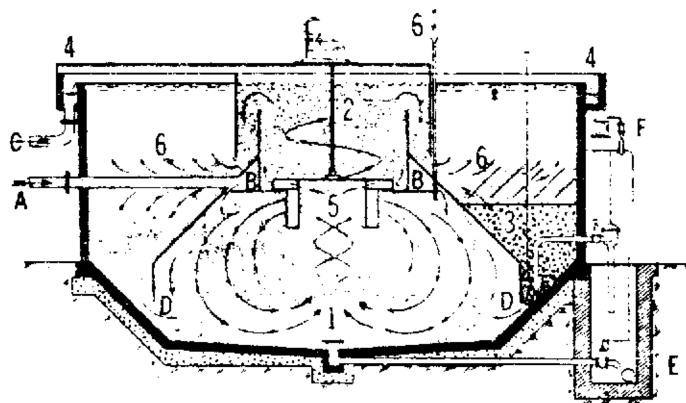


Figura 11: Decantatore rapido. L'acqua grezza arriva da (A) e defluisce attraverso il canale annulare (B) nella camera di mescolamento e reazione primaria (1) dove si mescola con i reagenti (6) e con i fanghi che provengono, mediante le aperture (D), da precedenti fanghi di trattamento. Il mescolamento è assicurato dalla turbina centrale (5). Le pale della turbina trascinano il miscuglio nella zona di reazione secondaria (2). Di qui, a velocità sempre più ridotta, i miscugli scendono nelle zone anulari periferiche (6), dove i fanghi, più pesanti, scendono in basso nel concentratore (3) o per essere eliminati o per rientrare nel ciclo; l'acqua, salendo verso l'alto, passa nei canali di raccolta anulari (4) dove da una condotta (C) la

convoglia verso i filtri. Dalla zona di concentrazione (3) i fanghi vengono eliminati mediante servomeccanismi idraulici (F) e convogliati nella fossetta di raccolta (F), dove confluisce anche lo scarico generale. La superficie del decantatore è pari a 114 della portata oraria da trattare, mentre il volume è pressappoco uguale al volume trattato in un'ora.

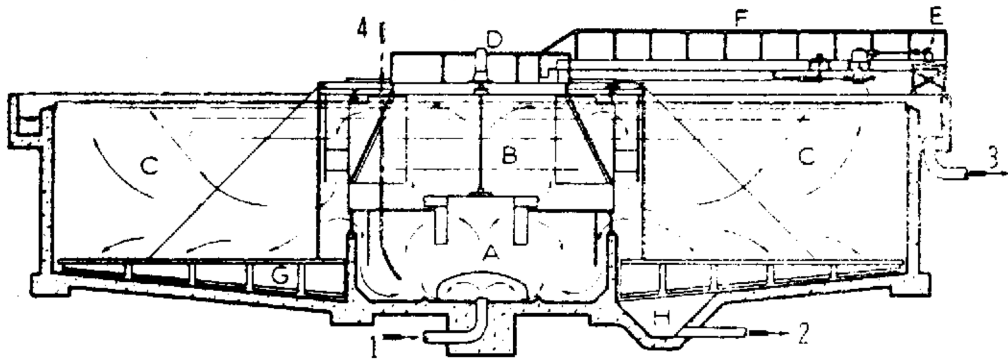


Figura 12: Decantatore rapido. L'acqua da trattare (1) arriva nella camera (A) o di prima flocculazione; da qui passa spinta dal moto della turbina azionata dal motore (D), nella zona di circolazione (B) e poi nella zona di decantazione (C). Qui precipitano i fanghi che vengono convogliati nella zona di raccolta (H), da dove vengono eliminati mediante la tubazione (2). I rastrelli di raccolta (G) sono mossi dalla passerella (F) azionata da un motoriduttore (E). Le acque decantate, salite in alto sono raccolte in una canaletta circolare, da cui una tubazione (3) le convoglia ai filtri. In (4) viene immesso il reagente.

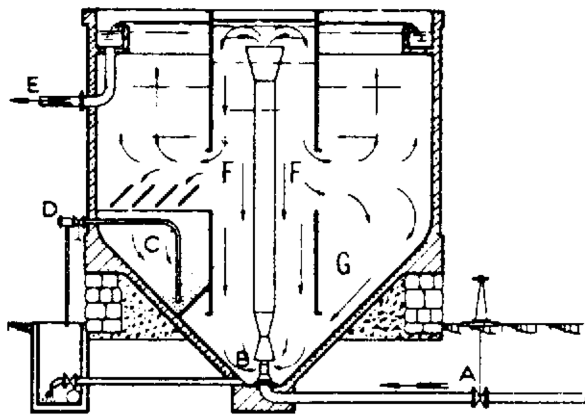


Figura 13: Decantatore rapido di piccola capacità. L'acqua da trattare arriva in A, dove per pressione naturale viene spinta nel decantatore attraverso il tubo centrale fino a fuoriuscire dall'alto. Di qui precipita in basso dove l'eiettore B riprende i fanghi e le acque mescolate. Una parte viene deviata lateralmente, attraverso i deflettori. I fanghi passano nel concentratore C mentre le acque decantate si avviano verso l'alto E condotte dalle canalette anulari sono riprese dalla tubazione E che le conduce ai filtri. In D mediante automatismi o manualmente si regola la fuoriuscita dei fanghi. Con F viene indicata la zona di flocculazione primaria e con G la zona di decantazione vera e propria.

2.3.3.Filtrazione

Scopo della filtrazione è quello di trattenere le particelle in sospensione nell'acqua, sia che queste siano costituite da particelle proprie dell'acqua, sia che provengano da precedenti processi di flocculazione.

Generalmente per trattamenti di potabilizzazione per filtrazione si intende il passaggio dell'acqua da trattare attraverso una materia porosa.

Come materia porosa si utilizzano generalmente prodotti contenenti almeno il 98% di silice, dato che i grani è bene siano duri per evitare l'usura che si produce nei processi di lavaggio dei filtri, per attrito dei grani fra di loro. Si possono usare grani arrotondati o a spigoli angolosi (grani di frantumazione); i risultati di filtrazione sono quasi gli stessi. Con i grani angolosi bisogna però calcolare una granulometria leggermente più fine di quella calcolata per il filtro in cui si dovranno impiegare, perché, contrariamente a quello che sembra a prima vista, i grani angolosi hanno una perdita di carico più debole di quelli rotondi e lasciano passaggi con sezioni più grandi dei grani arrotondati.

In casi speciali (ad esempio certi trattamenti di acqua per caldaie o nei trattamenti con resine repellenti a composti siliciosi) si fa uso di letti di carbone (antracite ad elevata durezza o di qualità speciale), di marmo, di dolomia, di smeriglio.

Si fa ancora uso di polveri di tripoli o diatomee, specie in impianti di filtrazione di piccola mole e capacità.

Nelle sue linee generali, qualunque sia la natura del mezzo filtrante, questo agisce e si comporta in tre distinti modi:

- Servendo da supporto a microorganismi che agiscono con azione coagulante sull'acqua;
- fissando materie colloidali contenute nell'acqua;
- trattenendo con fenomeni meccanici le particelle in sospensione troppo grosse per filtrare attraverso i meati (canali stretti e corti) del mezzo filtrante.

La coagulazione effettuata nel primo modo, detta coagulazione biologica, ormai non viene quasi più usata, dato che richiede tempi abbastanza lunghi di effettuazione ed è ridotta solo ai metodi che ancora si basano sull'impiego di filtri lenti. I fenomeni di adsorzione, invece, costituiscono l'azione principale dei filtri rapidi ed è attraverso questa azione fisica che essi dimostrano la loro effettiva capacità filtrante.

L'azione di ritenzione costituisce un fattore negativo e positivo contemporaneamente nelle caratteristiche di un filtro. Infatti la ritenzione della materia nei meati del mezzo filtrante provoca una costruzione progressiva degli interstizi.

Questo fenomeno è detto di sovraccarico del filtro e si ovvia con operazioni di pulitura periodica. La rapidità dei tempi di formazione del sovraccarico in un filtro dipende in linea di massima da:

- natura delle acque trattate. Il filtro si intasa tanto più rapidamente quanto più le acque sono cariche di materiali in sospensione;
- portata delle acque in relazione alla unità di superficie filtrante (velocità di filtrazione);
- granulometria del materiale filtrante. Il saturamento o sovraccarico del filtro sarà tanto più rapido quanto più la granulometria degli elementi costituenti è fine.

2.3.3.1. Caratteristiche tecniche dei filtri

Nella filtrazione si devono definire svariati fattori prima di stabilire tecnicamente quale tipo di filtro e quali modalità di filtrazione saranno più indicate per risolvere i casi che via via si presentano.

Anche se ormai superata è utile accennare anche alla filtrazione lenta. In questo procedimento ci si basa sul principio coagulante delle diastasi secrete da alghe e microrganismi che di preferenza si fissano sulla sabbia. Per diastasi si intendono quei prodotti di secrezione di alcuni microrganismi che hanno la capacità di coagulare le materie organiche o decomporle. Generalmente la filtrazione lenta si articola in tre fasi successive. Una prima fase in cui intervengono dei digrossatori, dove la velocità di caduta dell'acqua si aggira sui 20-30 metri/giorno. Una installazione a prefiltri con velocità di caduta da 10 a 20 m/giorno. Una terza fase con filtri propriamente detti con velocità di caduta tra i 5-10 m/giorno o meno.

La presenza di queste installazioni preliminari è in funzione del grado di torbidità dell'acqua da trattare. Il lavaggio si effettua mediamente una volta al mese per i filtri, mentre per i prefiltri ed i digrossatori si fa ancor più frequente, a seconda delle impurezze dell'acqua trattata.

Nella filtrazione rapida l'acqua attraversa lo strato filtrante con una velocità da 5 a 25 m/h. Essendo nulla l'azione biologica, dati i brevi tempi di filtraggio, è necessario anteporre una preliminare coagulazione e decantazione.

I filtri necessitano di frequenti lavaggi a seconda della velocità di filtrazione e della qualità dell'acqua. Si effettuano da un minimo di una volta al giorno, ad un massimo di una volta ogni otto giorni.

Schematicamente in un filtro rapido (figura 1) sia del tipo sotto pressione, come del tipo aperto potremmo distinguere alcune parti fondamentali che si possono così descrivere:

-Vasche del filtro: nei tipi a pressione sono costituite da elementi tubolari ad esse verticali od orizzontali in metallo raccordati alle estremità da calotte sferiche. Nei filtri aperti il cui schema viene fornito dal manuale “Il problema acqua” (1987, p.133), esse sono vasche rettangolari in cemento armato con rapporti lunghezza-larghezza su 1,3-1,6 e dimensioni minime tra 15- 20 mq fino a 600 mq ed oltre.

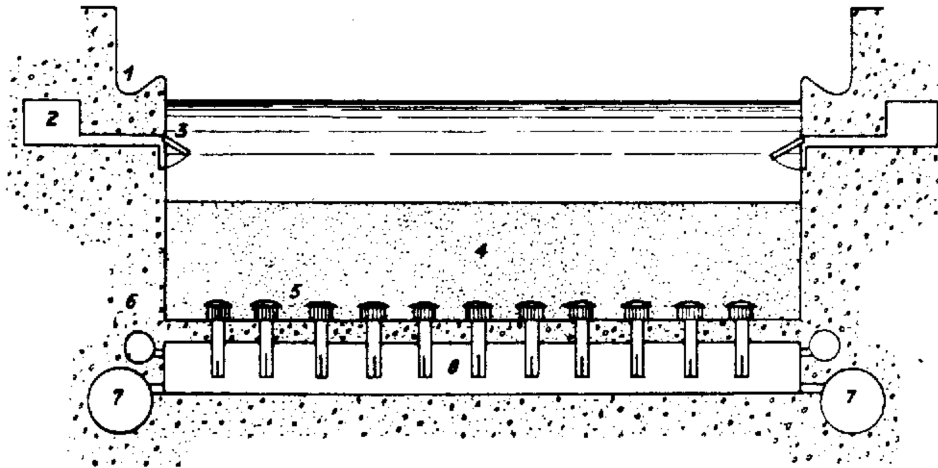


Figura 1: Schema di filtro rapido con lavaggio in doppia controcorrente

- 1-Gronde di scarico acque di lavaggio*
- 2-Canalette di ingresso dell'acqua grezza*
- 3-Valvole automatiche unidirezionali di ingresso*
- 4-Letto di sabbia filtrante*
- 5-diffusori di drenaggio e lavaggio*
- 6-Tubazioni di immissione aria di lavaggio*
- 7-Canali di ingresso acqua di lavaggio*
- 8-Galleria di drenaggio*

La loro profondità si aggira su 3,5-4 metri. Le pareti della vasca possono essere lisce; in generale però si preferiscono rugose per ridurre i passaggi d'acqua lungo le pareti.

Vi è poi uno strato filtrante costituito da un sottostrato di ghiaia a sostegno dello strato filtrante. Le dimensioni della ghiaia vanno da un minimo di 2-3 mm ad un massimo di 20-50 cm. Lo strato di sabbia filtrante sovrapposto ha un'altezza tra i 50 e gli 80 cm.

-Sistemi di drenaggio ed apparati di lavaggio. Questa parte del filtro varia in pratica da modello a modello ed esistono brevetti con buone caratteristiche di esercizio e di rendimento che ormai si sono affermati nella tecnica della filtrazione. I vari metodi usati servono al duplice scopo di smaltire l'acqua filtrata e per il lavaggio dei filtri stessi.

- Gronde di scarico. Servono alla raccolta e allo smaltimento dell'acqua di lavaggio. Vanno disposte in numero conveniente ed in posizioni ben studiate all'interno delle vasche di filtri e sopra il letto filtrante. La distanza fra due bordi di due gronde successive non dovrebbe essere mai superiore a 2,4 m circa, dato che abitualmente si ritiene che

l'acqua del lavaggio non debba compiere, per giungere alle gronde, un percorso orizzontale superiore ai 90-120 cm. L'altezza del bordo delle gronde sul letto filtrante deve essere tale da impedire fughe di materiale filtrante con l'acqua di lavaggio nelle operazioni; nello stesso tempo non deve essere eccessivamente alta, al fine di poter smaltire tutta l'acqua di lavaggio.

- apparati accessori. Sono costituiti da apparecchi di regolazione (automatici o meno) della portata del filtro, di misurazione della portata di lavaggio, da indicatori di perdite di carico. Generalmente sono centralizzati in appositi quadri di comando che comprendono anche gli apparati delle pompe ed i comandi dei motori.

Altri concetti che vanno tenuti sempre presenti nella condotta di un buon filtro saranno la perdita di carico H, l'efficacia chiarificante, la portata d'acqua affluente dal filtro. Bisogna distinguere una perdita di carico totale ed una perdita di carico negativa; la prima esprime la resistenza incontrata dall'acqua nell'attraversare il letto filtrante e gli altri mezzi, quali il substrato di sostegno, il drenaggio di fondo, le tubazioni di erogazione. Viene misurata dal dislivello tra pelo libero della acqua nel filtro e il pelo dell'acqua nel piezometro piazzato all'uscita sulla condotta di erogazione. La perdita di carico negativa si esprime invece come il dislivello tra il pelo libero dell'acqua nella canna del piezometro piazzato sulla canna di erogazione ed il punto in cui l'acqua filtrata entra nel sistema di drenaggio. Questo tipo di perdita di carico agisce positivamente nell'esercizio del filtro in quanto induce una aspirazione nel sistema di drenaggio e facilita, nella filtrazione, la separazione dei gas che si formano e si sciolgono nella acqua a causa dell'aumento di temperatura e della diminuzione della pressione dall'alto al basso.

2.3.4. Sterilizzazione

La gran parte delle acque, sia che abbiano o meno subito dei trattamenti di filtrazione, e tanto più se non ne hanno subito, sono spesso contaminate da microrganismi pericolosi per l'organismo umano. La filtrazione, pur assicurando una depurazione batterica che non è da trascurare, deve sempre essere tuttavia seguita da operazioni di sterilizzazione efficace.

Per usi domestici o per piccole comunità esistono i filtri di tipo Pasteur che trattengono i microbi mediante filtri di porcellana porosa. L'ebollizione, mantenuta per 10 minuti assicura egualmente una buona sterilizzazione.

Per grandi complessi si procede con metodi più generali e di più vasta praticabilità, quali la clorazione, di gran lunga il più usato, l'ozonizzazione, i raggi ultravioletti.

La clorazione fu introdotta nel 1911 da G. Ornstein e si basa sulla proprietà del cloro e dei cloroderivati di sviluppare ossigeno allo stato nascente.

Si fa uso indifferente di cloro, ipocloriti, clorammine, biossido di cloro.

È però preferibile l'uso di cloro gassoso perché non degradabile. In genere la quantità di cloro da impiegare è di qualche centinaia di volte superiore al peso di microrganismi in essa presenti.

Tra gli inconvenienti non eliminabili connessi all'uso di cloro per la sterilizzazione di acque destinate ad uso potabile c'è il fatto di dover manipolare un gas estremamente tossico. Il cloro inoltre attacca facilmente gli apparati dosatori e i metalli con cui viene a contatto.

È importante anche il fatto che occorre una uniforme mescolanza tra acqua e reagente per evitare zone ad efficienza diversa di clorazione. Nel procedimento di lavorazione si possono formare inoltre composti maleodoranti che conferiscono cattivi sapori alle acque trattate.

Questo fatto è da imputarsi alla formazione di composti secondari del tipo clorofenoli.

Della massima importanza, per evitare gli inconvenienti sopra detti, sono gli apparati dosatori di cloro.

Infatti il dosaggio deve essere regolato in base alle portate da immettere al consumo, portate che sono variabili a seconda di numerose circostanze; esistono così dosatori di cloro gassoso e dosatori per composti clorosi.

Nel manuale "Il problema acqua" (1987, p.136) è rappresentato lo schema essenziale di un dosatore di cloro gassoso per portate variabili.

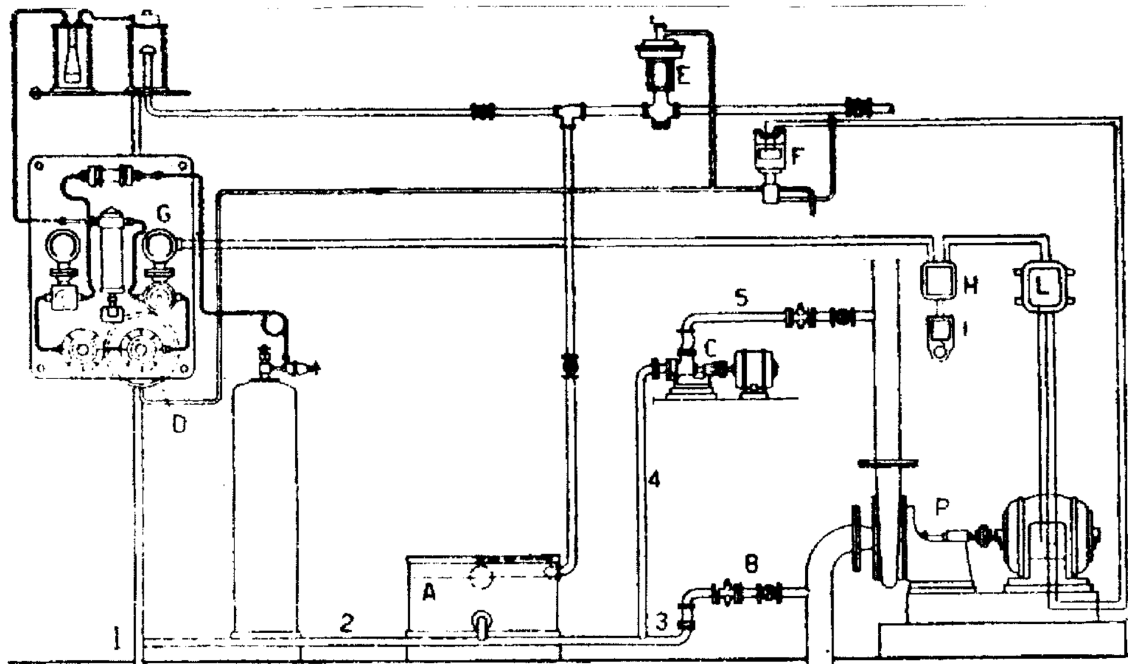


Figura 2: Clorometro e organi di regolazione. L'immissione può essere a gravità oppure mediante una pompa aspirante premente. Può essere predisposta per portate costanti o variabili. Nel caso di immissione a gravità il gas mandato in soluzione attraverso il dispositivo del quadro, è immesso alla utilizzazione mediante la condotta (1). Se si usa una pompa aspirante P il gas viene immesso nella pompa attraverso le condotte (2-3) e il serbatoio (A) che evita il disinnesco della pompa stessa. Se si fa uso di una pompa premente la soluzione viene inviata sulla premente della pompa (P) attraverso la tubazione ed il circuito (2-A-3-4), la pompa di piccola portata C e la condotta (5). Il manometro a bassa pressione G può essere collegato ad un relais H, a sua volta collegato ad un segnalatore acustico I ed il salvamotore nella pompa L che segnala inconvenienti di distribuzione della soluzione. Si può stabilire una automaticità di funzionamento introducendo un'elettrovalvola pilota (F), che agisce sul rubinetto automatico (D) e sulla valvola a membrana (E) posta sull'alimentazione.

Di massima importanza specie per zone dove si ha abbondanza di acque marine, come nelle isole o nelle città lungo le coste, si è dimostrato il metodo di clorazione elettrochimica con cloro ottenuto per elettrolisi di acqua di mare.

Con questo metodo si regola automaticamente la immissione delle quantità di cloro nell'acqua, mediante variazioni dell'intensità di corrente che alimenta l'impianto di elettrolisi, intensità che si rende proporzionale alle variazioni di portata della condotta.

Un impianto di questo tipo è riscontrabile all'interno del manuale " Il problema acqua" (1987 p.137) (figura 3).

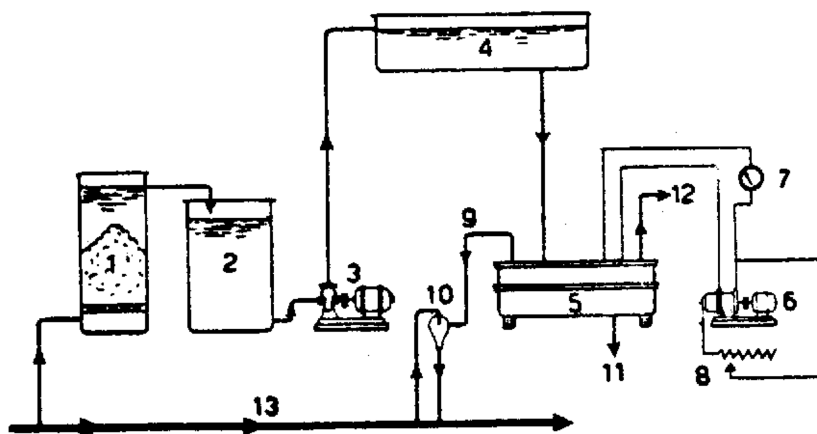


Figura 3: schema di impianto di clorazione elettrochimica dell'acqua. Nella figura: la soluzione salina, dopo essere stata disciolta in un solutore (1), passa in un deposito (2) da cui una elettropompa (3) la immette in una vasca di alimentazione (4). Da qui passa in una cella elettrolitica (5) alimentata in corrente continua da un generatore (6). Le variazioni di produzione di cloro sono proporzionali alle variazioni di corrente regolata da un reostato (8) E leggibile in un'apparecchio misuratore (7). Può rendersi proporzionale alla variazione di portata mediante automatismi vari. Il cloro prodotto (9) viene aspirato dalla cella mediante un iniettore (10) che lo immette nella condotta (13). Nella figura possiamo, inoltre, trovare (11) che indica lo scarico residuale e (12) l'eliminazione dell'altro componente derivato dall'elettrolisi.

Con questo sistema oltre ad evitare l'uso di appositi e ingombranti serbatoi per il cloro gassoso, che incidavano, con il trasporto e le spese d'acquisto in maniera notevole sul bilancio degli impianti di trattamento, si ottengono, consumi piccolissimi di cloro elettrolitico rispetto al cloro gassoso, a parità di condizioni.

La sterilizzazione mediante ozono, assai diffusa in passato, è attualmente applicata solo ad impianti piccoli e medi, preferendosi i metodi di clorazione meno costosi.

In Francia tuttora largamente impiegata è l'azione batterica dell'ozono che risulta analoga a quella del cloro basandosi appunto sulla formazione di ossigeno nascente.

L'ozono si ottiene facendo passare una corrente di aria tra due elettrodi messi sotto tensioni molto elevate. Occorre, per evitare la formazione di un arco elettrico tra gli elettrodi o la formazione di vapori nitrosi, che l'aria da trattare sia molto secca.

Per questo si premette sempre all'ozonatore propriamente detto un essiccatore d'aria.

L'ozonatore vero e proprio è costituito essenzialmente da un condensatore ad armature piane o cilindriche (figura 4 e 5) e può essere a placche o tubolare (figura presa da "Il problema Acqua" A. Mercanti, 1987, p. 138) separate da lastre isolanti generalmente in vetro, in cui si fa circolare l'aria da ozonizzare. Tra le lastre viene a determinarsi sotto forma di effluvio, una scarica elettrica silenziosa ad alta tensione (7-15000 volts) ed ad alta frequenza (50-500 periodi) che dà luogo alla produzione di ozono.

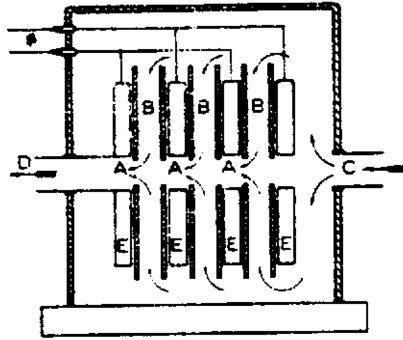


Figura 4: ozonature a placche. Gli elettrodi (E) sono dei dischi forati nel centro da un'apertura circolare (A) da cui fuoriesce l'aria ozonizzata. Placche di vetro sono applicate sugli elettrodi. L'aria entra da C, passa tra le placche di vetro in B e fuoriesce ozonizzata dall'orifizio tubolare D.

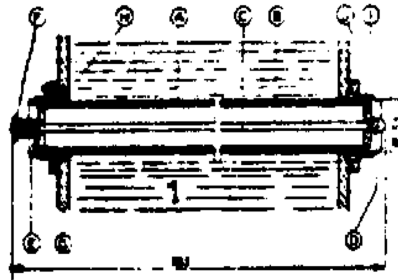


Figura 5: Ozonatore cilindrico. Ogni elemento è composto da un tubo di vetro sottilissimo (A), raffreddato esternamente da acqua di circolazione (1). L'altro elettrodo è costituito da un cilindro metallico (B) piazzato all'interno dell'elettrodo in vetro, e mantenuto fermo mediante il perno C. L'effluvio di ozono fuoriesce dallo spazio tra A e B. Nella figura:

- D è la rondella di fissaggio
- E la vite di centratura,
- F il controdado,
- G la chiusura,
- H un anello di caucciù,
- I la tamponatura di serraggio,
- J un premistoppa.

All'ozonatore si associa sempre un emulsionatore in cui l'aria ozonata viene introdotta in acqua, una colonna, o torre di contatto in cui viene effettuato sotto pressione, o meno, il contatto tra ozono ed acqua per il periodo di tempo necessario alla sterilizzazione, un desaturatore in cui l'acqua viene aereata allo scopo di evitare l'eccesso di ozono residuo. Esempi di installazioni di ozonatori sono riportati dal manuale "Il problema acqua" (A. Mercalli, 1987, P. 138) (figura 6):

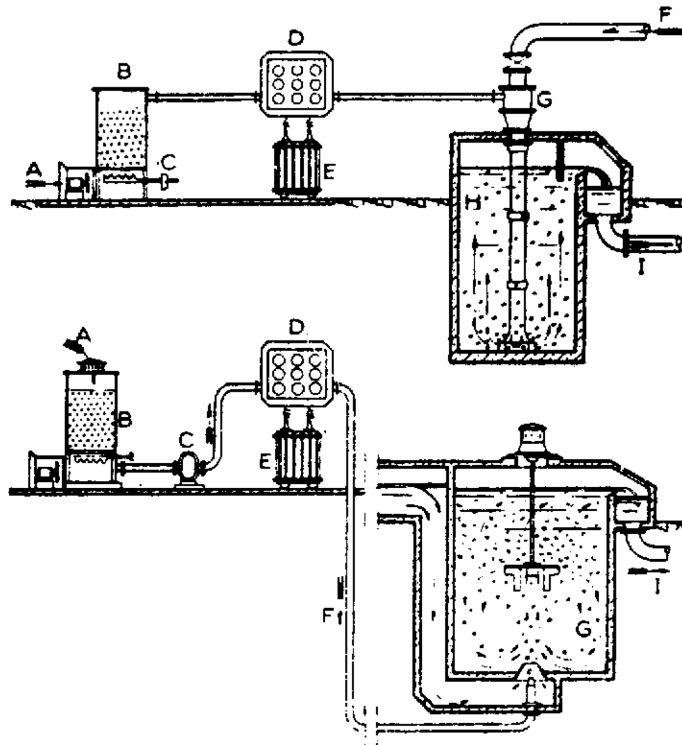


Figura 6: schema di ozonizzazione di acque. La prima figura si riferisce ad un impianto dove è possibile sfruttare la pressione normale dell'acqua.

A-B-C è il sistema di essiccamento d'aria,

D è l'ozonatore,

E il trasformatore di corrente,

F la condotta dell'acqua da sterilizzare,

G l'eiettore della miscela acqua ozono,

H la torre di contatto,

I l'uscita d'acqua ozonizzata

.La seconda figura rappresenta un impianto di ozonizzazione sotto pressione.

A-B è il dispositivo di essiccamento e rigenerazione,

C il compressore d'aria,

D l'ozonatore

,E il trasformatore,

F la condotta di iniezione della miscela,

G la torre di contatto,

H la turbina di miscelamento,

I la condotta di partenza dell'acqua ozonizzata.

Esistono altri procedimenti di sterilizzazione, ancora scarsamente utilizzati in pratica a causa dei loro costi elevati e per la scarsità di documentazione nei risultati.

Degni di nota tra questi sono il procedimento oligodinamico o degli ioni metallici, l'attinizzazione o la sterilizzazione mediante raggi ultravioletti.

2.3.5. Neutralizzazione

La neutralizzazione viene applicata qualora si abbia a che fare con acque acide. Il potere corrosivo delle acque acide è dovuto principalmente al fatto che esse contengono un eccesso di acido carbonico libero. La ripartizione dell'acido carbonico nella acqua è legata alla presenza di bicarbonati di calcio e magnesio. Così per una data concentrazione di bicarbonati si ha una certa concentrazione di acido carbonico libero, che è poi la quantità di acido carbonico necessaria perché i bicarbonati non si decompongano, lasciando precipitare i bicarbonati corrispondenti.

Questa quantità di acido carbonico necessaria viene chiamata acido carbonico equilibrante; avremo allora acque neutre se l'acqua contiene una quantità di acido carbonico superiore alla quantità di acido carbonico equilibrante, questa eccedenza costituisce l'acido carbonico aggressivo. Avremo allora acque aggressive che attaccano i bicarbonati liberando i bicarbonati corrispondenti.

Sono incapaci di formare una guaina di carbonati protettori sulle tubazioni, che anzi vengono liberate da eventuali guaine protettrici ed attaccate. Viceversa le acque che contengono quantità di acido carbonico libero inferiore alla quantità teorica di acido carbonico equilibrante, lasciano precipitare i calcari.

Sono queste le acque incrostanti.

Il pH dipende dal rapporto: CO_2 libero/ CO_2 dei bicarbonati.

Ad ogni valore dell'alcalinità corrisponde di conseguenza un pH che è chiamato pH di equilibrio.

Quindi, quando il pH di un'acqua risulta inferiore al pH dell'equilibrio, questa si può considerare come aggressiva.

I processi per neutralizzare una acqua sono diversi e di varia efficacia. Nella neutralizzazione mediante areatore si mettono in contatto le acque con l'aria atmosferica, mediante dispositivi di natura varia (gorgogliatori, cascate, aeromescolatori, insufflazione, ecc.), così che le acque lasciano sfuggire l'acido carbonico in eccesso.

Tale sistema permette solo neutralizzazione incomplete e viene applicato pertanto esclusivamente come trattamento preliminare agli altri metodi.

Più efficace e più usato invece è il metodo di neutralizzare mediante reattivi alcalini, come la soda, la calce, il carbonato di sodio, che vengono immessi e mescolati all'acqua mediante specifici dispositivi.

Questi reattivi introdotti in acqua si combinano al gas carbonico libero per dare origini ai bicarbonati. In funzione dei principali reattivi usati si possono rappresentare le seguenti reazioni:

Reattivo	Consumo di reattivo in grammi per grammo di CO ₂ aggressivo	Aumento di durezza in gradi per grammo di CO ₂ aggressivo	Tipo di reazione
Calce	0,65g di Ca O	0,11	$2\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow (\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}$
Soda	0,65g di Na OH	0,00	$\text{CO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CO}_3\text{NaOH}$
Carbonato di soda	2,4 g di CO ₃ Na ₂	0,00	$\text{CO}_2 + \text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CO}_3\text{NaH}$
Marmo	2,3 g di CO ₃ Ca	0,22	$\text{CO}_2 + \text{CO}_3\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}$
Magnesite	0,45 g di MgO	0,11	$2\text{CO}_2 + \text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CO}_3\text{H})_2\text{Mg}$
Neutralite	1,6 2	0,12 – 0,2	$3\text{CO}_2 + \text{CO}_3\text{CaMgO} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca} + (\text{CO}_3\text{H})_2\text{Mg}$

Altri processi, forse i più usati, fanno filtrare l'acqua su uno strato di materiale alcalino terroso. Durante la filtrazione si libera il gas carbonico, dando origine a dei bicarbonati. La materia filtrante più usata è il marmo.

Tuttavia, dato il lungo tempo di contatto all'acqua richiesto in questo procedimento, si tende sempre più a sostituirlo con prodotti chimici appropriati, quali la neutralite, prodotto a speciale struttura granulare, assai stabile nel tempo e che non presenta il rischio di solidificarsi in massa sotto l'azione incrostante dei carbonati precipitati.

Dalla figura 7 si possono notare i tempi di contatto tra due neutralizzatori.

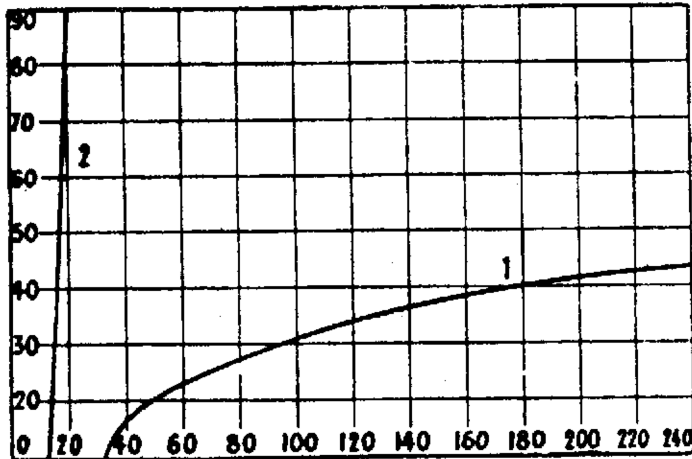


Figura 7: Tempi di contatto (minuti) necessari alla neutralizzazione dell'acqua in funzione della dose di CO_2 neutralizzato. Nel diagramma il confronto tra i tempi di contatto relativi ad: un composto naturale (1) (marmo) ed un composto artificiale (2) (Neutralite Degrémont).

2.3.6. Addolcimento e demineralizzazione con scambiatori di ioni

Gli scambiatori di ioni sono dei prodotti insolubili, che hanno la proprietà di scambiare certi loro ioni con quelli dei sali disciolti nella soluzione con cui si mettono a contatto.

Possiamo suddividere i tipi di scambiatori di ioni in due grandi gruppi: gli scambiatori di anioni e quelli dei cationi. Entrambi possono essere rigenerati una volta che nel trattamento si siano caricati di ioni assorbiti all'acqua trattata, per cui il loro potere di scambio ne risulta notevolmente abbassato.

La rigenerazione si effettua con il lavaggio dello scambiatore con una soluzione appropriata che elimina gli ioni accumulati nel corso del trattamento e li sostituisce con quelli che componevano inizialmente lo scambiatore stesso.

Lo scambiatore viene ad essere in definitiva un intermediario od un elemento trasportatore e di scambio tra la soluzione di rigenerazione e il liquido da trattare.

In base ai reattivi di rigenerazione si usa una classificazione di scambiatori riconosciuta ed usata normalmente nella pratica dei trattamenti. Avremo così:

- scambiatori a permutazione sodica, detti così perché si rigenera lo scambiatore con sale di sodio, si fissano così gli ioni Na che si sostituiranno a tutti i cationi presenti nella soluzione nel corso del trattamento di addolcimento;
- scambiatori a permutazione acida, detta così perché lo scambiatore viene rigenerato mediante un acido diluito, così da fissare nel corso del trattamento tutti gli ioni H presenti che si sostituiranno a tutti i cationi presenti nella soluzione;
- scambiatori a permutazione OH, detta così perché lo scambiatore viene rigenerato da una soluzione alcalina in maniera da fissare i cationi OH che nel trattamento si sostituiranno a tutti gli anioni presenti nella soluzione.

Gli scambiatori di ioni nel trattamento industriale lavorano esclusivamente per filtrazione, potendosi ottenere con questo metodo risultati più soddisfacenti di quelli che si

potrebbero avere per semplice agitazione o mescolamento dello scambiatore nelle acque da trattare.

Le principali reazioni di permutazione di resine scambiatrici di ioni sono le seguenti:

Tipo di scambiatore	Campo di utilizzazione	Caratteristiche
Sabbie naturali	Trattamento a freddo di acqua con pH da 6,0 a 8,0 ed esenti da ferro	Si tratta di glauconiti silico-alluminati, sabbie verdi, basoliti, ecc
Silico-alluminati sintetici	Campo di azione analogo al precedente, ma con potere di scambio superiore	
Carboni sulfonati	Per il trattamento di acque fredde e molto siliciche e con pH inferiore a 8,5	Si preparano con carboni grassi, torba, dai residuati della distillazione del petrolio e da materie organiche legnose sul sulfonate. Anno insufficiente resistenza meccanica e densità assai debole
Resine sintetiche fenol-formoliche	Analogo a quello precedente	Potere di scambio accresciuto rispetto al precedente e con stabilità chimica e fisica maggiore
Resine sintetiche carbossiliche	Scambiatori a debole acidità (cationi). In ciclo acido assicurano rendimenti vicini al 100%	Si prestano alla demineralizzazione con un solo filtro
Resine sintetiche polistireniche	Acque con forti alcalinità (pH circa 12) anche a temperatura elevata fino a 120°	Scambiatore ad elevato potere di scambio e con forte acidità
Resine sintetiche da ammine	Trattamento di acque fredde ed a media acidità	Resine alcaline, adattate all'assorbimento degli acidi deboli e di silice .

		Il loro potere diminuisce inversamente alla alcalinità delle acque da trattare
--	--	--

Man mano che il liquido da trattare penetra nella massa dello scambiatore il suo grado di purezza si fa più avanzato, sempre di più lo scambiatore si carica di ioni.

I diversi strati dello scambiatore nel corso del trattamento si caricano in quantità decrescenti di ioni, dall'alto verso il basso, da allontanare nella rigenerazione.

Il momento di rigenerazione risulterà evidente quando nelle acque trattate si ritroveranno gli ioni da eliminare per mezzo dello scambiatore, segno evidente che anche gli ultimi strati di questo sono ormai saturati di ioni trattenuti e che ormai il suo potere di scambio è notevolmente abbassato.

I trattamenti mediante permutazione con scambiatori sono ormai largamente diffusi nei piccoli e medi impianti e soprattutto nelle industrie dove si richiedono acque con particolari requisiti di purezza.

La figura 8 riporta un ciclo di scambiatori con resine R.Na e R.H. per trattamenti di acque industriali.

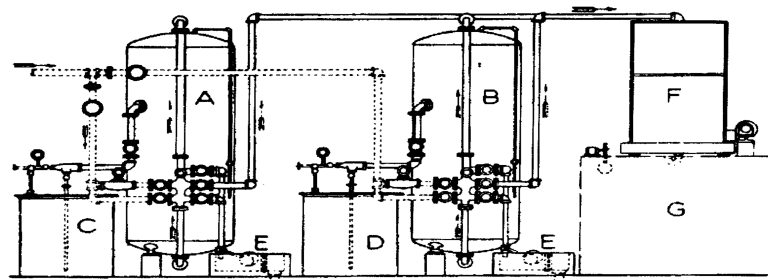


Figura 8: schema di impianto di demineralizzazione parziale mediante scambiatori di ioni.-A Scambiatore di cationi (ciclo H),-B scambiatore di anioni (ciclo Na),-C vasca di preparazione della soluzione di rigenerazione acida,-D vasca di preparazione della soluzione salina,-E apparecchiature di mescolamento e dosaggio della soluzione di rigenerazione,-F degasatore atmosferico per la eliminazione di CO₂,-G cisterna di acqua trattata.

2.3.7. Deferrizzazione – Demanganizzazione

I coagulanti usati nelle operazioni di prefiltrazioni e specialmente il solfato di allumina sono generalmente sufficienti per deferrizzare le acque.

Quando invece si ha a che fare con acque contenenti notevoli quantità di ferro o con acque che presentano ferro combinato allo stato organico è necessario premettere una flocculazione energetica con solfato di allumina e calce e far seguire una decantazione accurata prima di immettere le acque alla filtrazione.

Tuttavia per quantità notevoli, o quando sia necessario permettere una ossidazione che si presenti difficoltosa o incompleta è sempre necessario ricorrere a trattamenti chimici specifici che si possono illustrare rapidamente nel seguente modo

-Deferrizzazione per filtrazione. Si tratta di filtrare le acque attraverso letti di speciali materiali che hanno il potere di provocare una catalisi energica, di ossidare e coagulare sali ferrosi. Questo procedimento però non è consigliabile per le acque che si presentano ricche di materie organiche, perché i filtri sono facilmente soggetti ad intasarsi.

-Deferrizzazione all'aria. Questo procedimento si adatta particolarmente al trattamento di acque profonde, tutte più o meno ricche in composti ferrosi. L'ossidazione dei composti ferrosi si fa con polverizzazione d'acqua nell'aria con scorrimento dell'acqua su materiali di contatto in circolazione forzata d'aria o meno, mediante emulsione di aria compressa con acqua in apparecchi posti sotto pressione.

Un deferrizzatore sotto pressione in genere è composto da due filtri ed è presentato all'interno del manuale "Il problema acqua" (A. Mercalli, 1987, p.66) (figura 9).

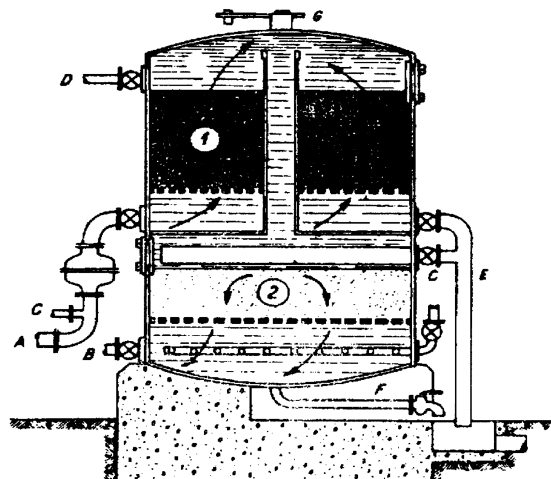


Figura 9: Schermo di filtro in pressione per deferrizzazione e demanganizzazione.-A Arrivo acqua da trattare,-B uscita acqua tratta ed entrata di quella di lavaggio del filtro inferiore
.-C condotta di aria compressa per filtraggio e lavaggi
.-D eliminazione di acqua di lavaggio e fanghi del filtro superiore
.-F vuotatore generale,
.-G valvola e condensatore di surplus,
1- filtro ad ossidazione,
2- filtro a quarzo.

il primo filtro o di ossidazione deve assicurare una grande superficie di ossidazione all'acqua da trattare preventivamente insufflata di aria e per questo si ricorre a letti di lave vulcaniche, dure e molto porose che assicurano un buon contatto dell'acqua con l'aria.

Il secondo filtro è composto, da quarzo a granulometria molto omogenea, disposto in

letti facilmente lavabili per ritorno ed insufflata l'intento di acqua.

I composti ferrosi depositati sono trattenuti in piccola parte dalla massa porosa, e in gran parte dal filtro a quarzo, che di conseguenza deve essere lavato assai spesso. La presenza di materie organiche, riduce fortemente la capacità dei filtri; in questi casi occorre procedere ad aggiunte di solfato di allumina prima di procedere alla deferrizzazione vera e propria. La demanganizzazione delle acque risulta assai più difficile di quella del ferro, perché i composti manganici ci sono più difficili a precipitare. Il più delle volte, in presenza di acque ad elevato contenuto di manganese, occorre ricorrere a trattamenti particolari consistenti in una filtrazione su materiali speciali impregnati di biossido di manganese e che lavorano con velocità di passaggio notevoli (da 8 a 15 mc/ora). Le acque con manganese e ferro non si possono trattare simultaneamente perché il manganese necessita, per flocculare e precipitare, di un ambiente alcalino, mentre il ferro richiede un mezzo acido. Si fa così uso di speciali tecniche nelle fasi di flocculazione, oppure si ricorre a successivi trattamenti variabili a seconda dei casi. Si ricorre perciò frequentemente a trattamenti mediante cloro, biossido di cloro, ozono.

2.4.Requisiti dell'acqua in relazione all'utilizzazione

L'utilizzabilità di un'acqua sta in relazione al tipo di uso che se ne vuole fare.

La acqua si definisce potabile quando, oltre a possedere, odore, sapore, colore e limpidezza che la rendano gradita all'olfatto, alla vista ed al gusto, abbia composizione adatta a soddisfare i bisogni fisiologici del ricambio dell'organismo e quando non rechi a questo alcun danno o malattia, per la presenza in essa sia di sostanze chimiche nocive, sia di germi patogeni.

Anche per le acque non destinate ad usi potabili si richiedono particolari caratteristiche chimiche e biologiche. In genere però le acque potabili sono quasi sempre utilizzabili ai fini industriali, mentre non sono richiesti i caratteri di purezza della acqua potabile quando questa sia destinata esclusivamente ad uso industriale.

I requisiti più comuni, di cui bisogna tener conto nell'industria, sono la durezza e l'acidità.

Alcune delle caratteristiche principali delle acque destinate alle varie industrie sono:

-Industria della lana e della seta. Per l'industria laniera le acque dure sono nocive alla sgrassatura. Per la seta si richiedono invece acque piuttosto dure.

-Tintorie-Lavanderie. Si richiedono acque prive di sali di ferro, di acidi che possono modificare le tinte, di sali alcalini terrosi. In tintoria si escludono acque superiori a 36° francesi di durezza.

- Industria della carta- Cuoio- Colle. Acque prive di ferro e manganese. Non sono di fondamentale importanza eventuali tracce di nitriti. Sono ammesse poche sostanze organiche
- Industrie dei laterizi. Non devono contenere calcio, magnesio, solfati e cloruri di sodio perché producono efflorescenze. I cloruri di Ca e Mg rendono i materiali igroscopici e producono macchie nelle murature.
- Industria della birra, della fecola, dello zucchero, dell'alcool. Devono essere batteriologicamente pure. Per la birra non devono contenere tenori sensibili in ferro, manganese ed ammoniaca. Per l'industria dello zucchero non sono impiegabili acque ad alto contenuto salino e con nitrati.
- Agricoltura. Un eccessivo contenuto salino della quota di irrigazione è controproducente, perché determina l'isterilimento dei terreni. In particolare per i cloruri in genere il limite di tollerabilità delle piante varia da 0,9 a 1,8 g per litro, a seconda del tipo di pianta. Al di sopra di 3,5 g per litro l'acqua non è assolutamente tollerata. Il carbonato di sodio è assolutamente tossico per le piante, mentre il carbonato di calcio porta benefici apprezzabili.
- Piscicoltura. Per i pesci si richiedono in genere acque chiare, potendo tuttavia questi ambientarsi anche in acque torbide. Alcune specie di pesci richiedono forti quantitativi di ossigeno. Il limite massimo per le specie meno esigenti si aggira sugli 0,75 mg per litro. L'acqua non deve essere né troppo acida, né troppo alcalina. I composti organici sono assai più dannosi degli inorganici, inoltre esercitano la loro azione su aree assai più vaste ed in tempi più prolungati degli inorganici.

2.5.Acque di scarico industriali e suddivisione acque bianche e nere

Le industrie collegate ad una rete fognaria pubblica dovrebbero scaricare le loro acque di rifiuto generalmente senza alcun pretrattamento in quanto esse richiedono, per la loro depurazione, la miscelazione con i liquami. In questo caso è tuttavia necessario separare le sostanze il cui recupero sia remunerativo o che possono danneggiare sia la rete dei collettori che l'impianto di depurazione o che siano incompatibili con il processo biologico.

La possibilità di recuperare alcuni prodotti dagli effluenti industriali va attentamente studiata di caso in caso. Risulta necessario separare e recuperare: I fanghi di carbone, il catrame, gli oli minerali, pasta da cartiera, la cellulosa, il grasso delle lane, i fenoli, la

benzina, i sali di ferro. A questi vanno aggiunti alcuni prodotti tossici, come i composti di rame, di arsenico, di cianuro, di cromo, che ostacolerebbero il processo biologico.

Per una valutazione dell'effetto globale di tutte le sostanze tossiche contenute in uno scarico industriale sono stati studiati appositi test.

Con prove su modelli, si segue come avvengono le due reazioni essenziali riguardanti l'autoriparazione biochimica, cioè ad opera dei batteri (consumi di ossigeno) e l'assimilazione tramite il plancton vegetale (fenomeno di fotosintesi), sotto l'effetto delle acque reflue in relazione alla loro concentrazione.

È possibile così stabilire se un effluente tende a consumare l'ossigeno presente nel corso d'acqua e se porta ad un arricchimento di sostanze nutrienti o ad un avvelenamento del corso d'acqua stesso.

La concentrazione degli elementi tossici negli effluenti degli impianti di depurazione non deve superare in nessun caso i valori limite riportati nella tabella fornita dal " Manuale del trattamento delle acque di scarico" (K. Imhoff-K.R. Imhoff, 1982, p.251):

Tipo di sostanza	Nei letti percolatori o nei fanghi attivi (mg/l)	Nei fanghi digeriti (mg/l)	Ritenzione nell'impianto (%)
Rame	1	100	20
Cianuro	0,5	2	60
Cromo	3	100	40
Nichel	3	100	10
Zinco	5	1000	50

Una ulteriore condizione che si impone per l'accettazione di un effluente industriale nella fognatura pubblica, è che la temperatura non superi i 35°C e il pH sia all'incirca neutro. Un impianto civile di depurazione deve essere in grado di poter trattare tutti gli scarichi industriali che riceve. Per ogni tipo di effluente è possibile adottare un processo depurativo; talvolta, però, con i processi biologici, è necessario effettuare un trattamento chimico preliminare.

Negli impianti industriali, non collegati alla fognatura urbana, risulta conveniente installare reti fognarie di tipo separato. Le acque piovane verranno così scaricate attraverso una canalizzazione ben distinta. In tal modo risulta possibile separare gli effluenti poco inquinati, come le acque di raffreddamento, che possono essere immesse senza subire alcun trattamento, nel corso di acqua ricettore. Le acque inquinate vere e proprie perverranno invece separatamente all'impianto di trattamento industriale.

Per scegliere il processo depurativo più idoneo è necessario innanzitutto stabilire se le acque di rifiuto risultano trattabili o meno per via biologica.

Vi sono 2 categorie di classificazione delle acque reflue:

-Acque bianche

-Acque nere

La loro suddivisione viene fatta in funzione del grado di nocività.

Le acque bianche non risultano nocive per la salute pubblica e si suddividono a loro volta in:

-Acque pluviali

-Acque per il lavaggio di strade

-Acque di raffreddamento provenienti da industrie

Le acque nere, invece, vengono definite nocive alla popolazione e moleste per il pubblico, tra queste si annoverano:

-Acque fecali

-Acque bionde provenienti dai bagni

-Acque saponate grasse provenienti dalle cucine

-Acque grigie provenienti da bagni, lavanderie e cucine

-Acque di scarico industriale.

2.5.1.Sostanze biologicamente inattive

Tra le sostanze biologicamente inattive si possono citare i sali, per esempio quelli contenuti negli scarichi provenienti dalle industrie che lavorano potassio e dalle miniere, che possono provocare danni nei corsi d'acqua se presenti in alte concentrazioni. Bisogna quindi separarli o, per lo meno, disporre di bacini di accumulo (figura 1) per poter così regolare il loro deflusso secondo la portata del recipiente, evitando così di superare i limiti di concentrazione ammissibili.

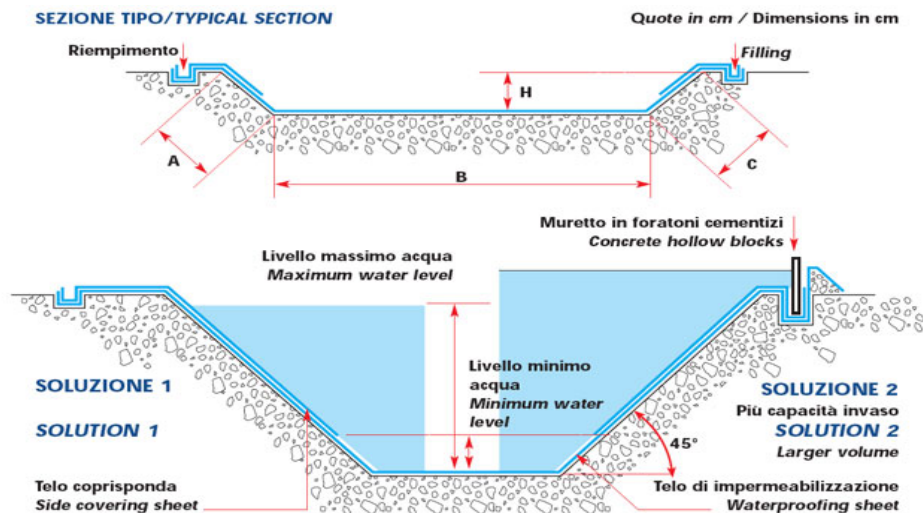


Figura 1: Esempio di bacino di accumulo.

Gli scarichi acidi potranno essere neutralizzati facendo passare l'effluente su letti di gesso; tale sistema viene usato però solo per l'acido cloridrico. Nel caso dell'acido solforico si formerebbe infatti uno strato protettore che ingloba il gesso e ne blocca l'azione. Si aggiunge in tal caso all'effluente una quantità dosata di latte di calcio (contenente dal 5 al 10% di idrato di calcio). Per i fanghi minerali provenienti dalle miniere di carbone, dalle fonderie, dalle fabbriche di prodotti chimici può essere conveniente una sedimentazione.

I fanghi che si separarono vengono inviati direttamente sui letti di essiccazione (figura 2), oppure su apposite aree di scarico. Possono anche essere utilizzate dalle vasche di drenaggio, cioè una sorta di vasche di sedimentazione nelle quali i fanghi vengono trattenuti fino alla loro essiccazione; particolarmente efficaci sono gli stagni a riempimento. Essi sono costituiti da bacini in terra nei quali vengono immesse acque di rifiuto e dai quali i fanghi non vengono mai estratti. Quando lo stagno è completamente riempito lo si abbandona e se ne costruisce uno nuovo. Il fondo dello stagno è munito di un dispositivo di drenaggio che viene tenuto chiuso durante il riempimento e aperto solo quando questo è completato e fino a che i fanghi risultano essiccati. Questi stagni sono adatti soprattutto per i fanghi inorganici e rappresentano il processo più sicuro e meno costoso. Inoltre essi risultano vantaggiosi in quanto permettono il recupero dell'acqua degli effluenti industriali.



Figura 2: Schema di un letto di essiccamento.

2.5.1.1. Acque reflue di origine domestica ed industriale

Per le acque reflue di origine domestica, non si può ricorrere agli stagni a riempimento in quanto i liquami sono soggetti a putrefazione e comportano la produzione di una elevata quantità di fanghi che tendono a galleggiare. Nel caso invece di scarichi misti civili e industriali contenenti fanghi che liberano una quantità minima di gas e che sedimentano facilmente, si può vantaggiosamente impiegare questo tipo di trattamento. In particolari casi si potranno costruire due stagni da impiegare alternativamente. Quando i fanghi di uno stagno cominciano a galleggiare, si opera con il secondo mentre il primo viene posto fuori uso per alcune settimane, fino a quando la produzione di gas non si arresta.

Per le loro grandi dimensioni, gli stagni di riempimento possono anche raccogliere la totalità delle acque piovane. In questo caso gli stagni vengono previsti con due scarichi a diverso livello. Il volume corrispondente alla differenza dei livelli dei due scarichi può essere utilizzato per la raccolta delle acque di pioggia, che potranno defluire lentamente dopo aver subito una buona sedimentazione. Tali sistemi risultano interessanti soprattutto per salvaguardare i corsi d'acqua e gli impianti di potabilizzazione dall'inquinamento di scarichi industriali improvvisi e saltuari.

2.5.2. Sostanze biologicamente attive

I fenoli (figura 3) provenienti da stabilimenti di carbonizzazione e da officine del gas, appartengono al gruppo delle sostanze che possono essere trattate biologicamente.

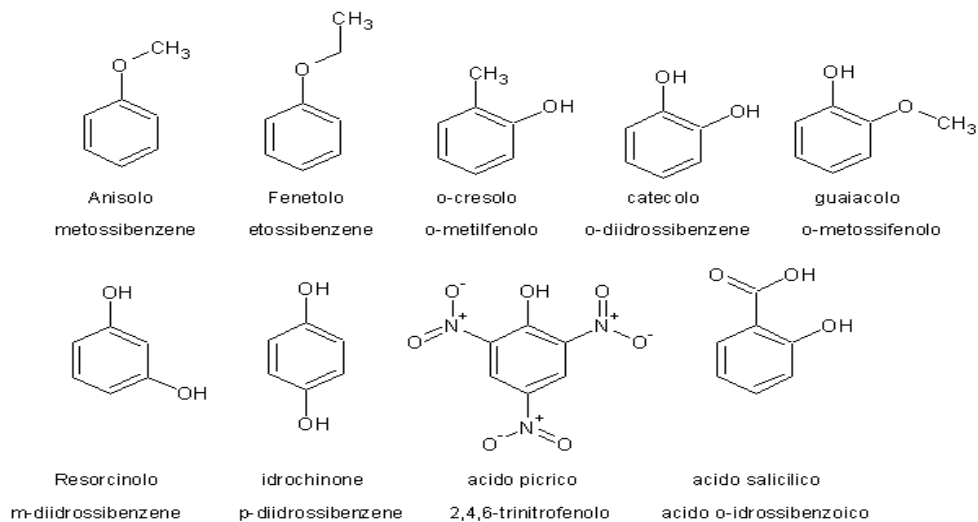


Figura 3: Formula di struttura dei principali fenoli.

Una concentrazione di fenolo di 1 mg/l. eleva di 1,7 mg/l il fabbisogno di ossigeno (BOD_5) di un liquame (figura 4).

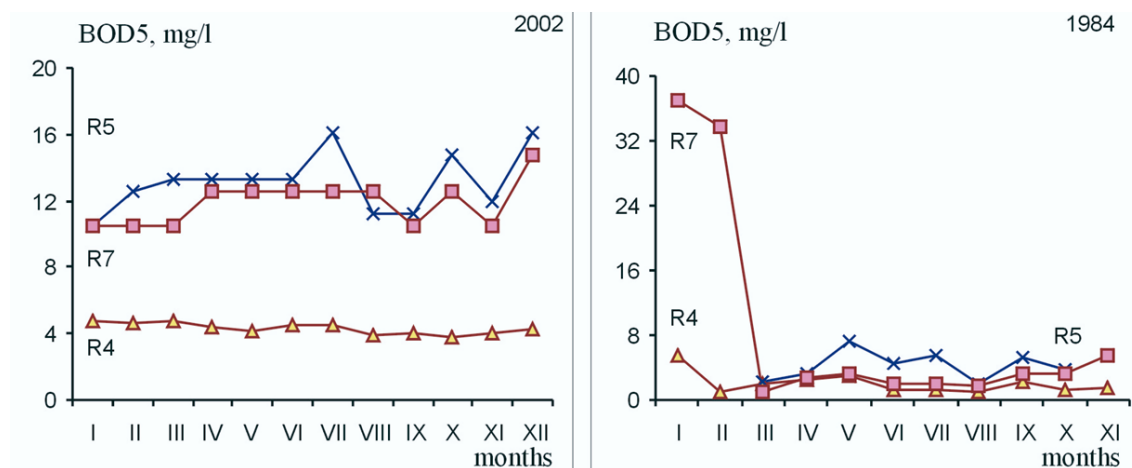


Figura 4: grafico rappresentante il fabbisogno di ossigeno (BOD_5) calcolato dal 1992 al 2011.

In un corso d'acqua ricettore il fenolo viene eliminato in tre o quattro giorni. La trasformazione risulta più facile e rapida se il fiume, essendo già inquinato da sostanze organiche, contiene un nutrimento sufficiente per gli organismi viventi nell'acqua. Il fenomeno avviene più lentamente ad una temperatura al di sotto dei 10°C e cessa completamente sotto i 4°C. Per i pesci una concentrazione di fenolo di 5 mg/l è mortale;

comunque già a concentrazioni più basse esso risulta dannoso per i pesci in quanto conferisce loro un sapore sgradevole. È stato inoltre accertato che tutte le forme di vita, eccetto i batteri, scompaiono in un fiume la cui acqua contenga più di 10 mg/l di fenoli evaporabili.

Le acque di scarico contenenti fenoli causano grosse difficoltà negli impianti di potabilizzazione alimentati dai corsi d'acqua, anche se la quantità di fenolo è minima.

Il cloro usato per la sterilizzazione si combina con fenolo formando composti che conferiscono all'acqua un odore e un sapore molto sgradevole. La rimozione del fenolo in questo caso non ha alcun effetto in quanto rimangono presenti sempre nell'effluente tracce notevoli. In questi casi si rende necessaria una depurazione biologica naturale o artificiale; anche questa non risulta comunque sufficiente, in quanto può talvolta presentare impossibilità nella massima resa al servizio; per esempio nei periodi invernali di gelo ecc. È consigliabile pertanto disporre di sistemi o processi di riserva, facilmente impiegabili in tali periodi. L'assorbimento con carbone attivo (figura 5) si è rivelato un efficace sistema per la rimozione del fenolo.



Figura 5: Carbone attivo o vegetale.

Il carbone attivo può essere impiegato sotto forma granulare in appositi filtri sui quali viene fatto passare il liquame oppure essere direttamente aggiunto a questo sotto forma di polvere. Può talvolta risultare efficace una massiccia aerazione seguita da dechlorazione o l'uso dell'ozono (figura 6).

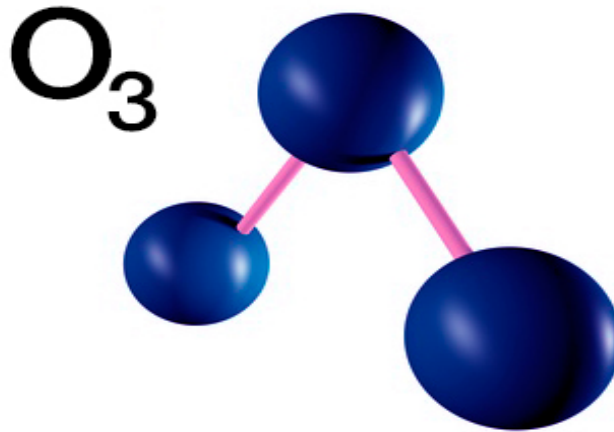


Figura 6: Struttura atomica dell'ozono.

I sistemi di trattamento biologici risultano, adatti per i effluenti di industrie alimentari, come caseifici, distillerie, birrifici, fabbriche di lievito, pastifici, macelli, zuccherifici. Lo stesso si può affermare per quelle industrie che lavorano materiali vegetali o animali, come: candeggi, tintorie, cartiere, stabilimenti di macerazione, lavaggio di lane, concherie. Tutti questi effluenti possono venire versati e trattati negli impianti di depurazione urbani. Quando devono venire trattati separatamente, si utilizza un impianto molto simile a quello utilizzato per i trattamenti a fine domestico. I trattamenti aerobici o anaerobici possono talvolta risultare inefficaci a causa della natura degli scarichi troppo unilaterali. Necessitano cioè delle sostanze contenute nei liquami domestici, in assenza di questi, di elementi nutritivi come fosfati e azoto.

La percentuale di elementi nutritivi rispetto al BOD₅ rimosso, dovrebbe essere secondo alcuni studi del 3-4% per l'azoto e dello 0,5-0,7% per il fosforo, mentre secondo altri studi i risultati dovrebbero essere considerabilmente intorno al 4,7-7,4% per l'azoto e lo 0,36-1,25% per il fosforo. Mediamente è valida la proporzione: BOD₅ : N : P = 100 : 5 : 1. Secondo alcune esperienze si possono risparmiare questi elementi nutritivi se si effettua una ulteriore aereazione dei fanghi sedimentati. Il nutrimento viene allora prodotto nei bacini di aerazione (figura 7), dove gli idrati di carbonio contenuti nei fanghi si trasformano in proteine grazie all'apporto di azoto.



Figura 7: Esempio di bacino di aereazione.

Le acque di scarico delle industrie alimentari tendono spesso alla fermentazione acida come in particolare nel caso delle distillerie, fabbriche di lievito e dei caseifici. Si può mettere a profitto questa tendenza per adottare un trattamento preliminare anaerobico. Dopo questa fase, il liquame, previa aggiunta di calce per riequilibrare il pH, viene inviato alla fase di trattamento aerobico. Talvolta si preferisce impedire tale fermentazione acida mediante clorazione e mantenere così l'effluente in condizioni di freschezza per tutto il processo di sedimentazione.

Se gli scarichi industriali risultano troppo concentrati può risultare conveniente la loro diluizione. I vari passaggi tramite il ricircolo degli effluenti depurati nei letti percolatori, hanno lo stesso effetto della diluizione, così come il riciclo dei fanghi negli impianti a fanghi attivi. Il riciclo ostacola o talvolta impedisce la fermentazione acida, specialmente se vengono interessate anche le vasche di sedimentazione primaria. La filtrazione attraverso il suono costituisce il processo di depurazione biologica più sicuro per gli effluenti di origine industriale inquinati da sostanze organiche; questo processo si può applicare, però, solo nel caso in cui si abbiano a disposizione superfici di terreno sabbioso sufficientemente estese.

Adottando le fosse settiche è opportuno limitare la portata delle acque di scarico e concentrare gli effluenti per non dover dimensionare fosse con volumi troppo grandi, (dovendo tener presente anche del tempo necessario alla digestione). Si raggiungerà questo scopo facendo riciclare le acque più volte nei processi di lavorazione, prima di scaricarle.

Nel calcolo degli impianti, si possono utilizzare i parametri di dimensionamento considerati per i liquami domestici, tenendo conto del loro contenuto organico, delle acque di scarico, o meglio del loro fabbisogno in ossigeno rapportato a quello di un liquame domestico.

2.6. Popolazione equivalente per diversi tipi di industrie

Il concetto di popolazione equivalente (se riferito ad industrie) ed abitante equivalente (se riferito al domestico) nasce a seguito del bisogno di quantificare il carico inquinante. L'inquinamento degli scarichi industriali viene sovente espresso attraverso il concetto di popolazione equivalente cioè attraverso quel numero di abitanti che produrrebbero, come liquame domestico, un carico inquinante pari a quello prodotto da una unità produttiva dell'industria in esame. L'unità di equivalenza è rappresentata dal peso di BOD₅ contenuto nella quantità di liquame giornalmente scaricata da un abitante. Il "Manuale trattamento delle acque" (K. Imhoff-K.R. Imhoff, 1982, p.251) afferma: " la Germania ha un valore medio di 60 g/ab. e giorno. Sulla base di questa unità di equivalenza sono state calcolate per diversi industrie, secondo osservazioni americane in parte modificate con dati tedeschi vari valori di popolazione equivalente."

Per talune industrie si può assumere un valore di popolazioni equivalente tanto più piccolo quanto maggiore è la cura che si applica nel recupero dei materiali utili. Se un effluente industriale contiene un elemento di cui si conosce la quantità giornaliera e il corrispondente BOD₅ si calcolerà la popolazione equivalente semplicemente rapportando il carico organico giornaliero (espresso in g BOD₅/giorno) all'unità di equivalenza universale (60 g BOD₅/ab. e giorno).

I dati delle varie industrie e del loro coefficiente di inquinamento calcolato in funzione della popolazione equivalente sono riportati dalla tabella fornita dal "Manuale del trattamento delle acque di scarico" (K. Imhoff-K.R. Imhoff, 1982, p.256) che ci fornisce anche un esempio di calcolo di popolazione equivalente:

Tipo di industria	Unità produttiva	Popolazione equivalente ab.
Latteria senza caseificio	1000 l di latte	25-70
Latteria con caseificio	1000 l di latte	45-230
Macello	1 bue	20-200
Stalle per bovini	1 bovino	130-400
Stalle per suini	1 suino	5-10
Allevamenti di polli	1 pollo	3
Silos di foraggio	1 t di riempimento	0,12-0,25
Lavorazione delle patate	1 t di patate	4-11
Zuccherifici	1 t barbabietole	200-650

Fabbriche di malto	1 t di cereali	25-50
Birrifici	1000 l di birra	45-70
Distillerie	1000 l di cereali	10-100
Fabbriche di lievito di birra	1000 t di lievito	150-350
Fabbriche di amido	1 t di mais o di frumento	2000-3500
Cantine	1000 l di vino	5000-7000
Cantine	1 ha di vigna	500-900
Concerie	1 t pellame	100-140
Lavatura lane	1 t di lana	35-60
Candeggerie	1 t di panni	1000-3500
Colorificio con colori allo zolfo	1 t di materiale	2000-3000
Macerazione della canapa	1 t di canapa	700-1000
Fabbriche di cellulosa al solfito	1 t di cellulosa	3500-5500
Cartiere	1 t di polpa	45-70
Cartiere	1 t di carta	200-900
Fabbriche di lana sintetica	1 t di lana sintetica	300-450
Lavanderie	1 t di biancheria	350-900
Scarichi di oli minerali	1 t di olio	11000

“Esempio. 1000 kg di fenolo vengono scaricati giornalmente da una industria. Un grammo di fenolo presenta un BOD₅ di 1,7 g x 1000 kg fenolo significano 1000 x 1000 x 1,7 = 1700000 g BOD₅. La popolazione equivalente sarà 1700000/60 = 28000 abitanti.”
Quando risulta possibile determinare con buona approssimazione il BOD medio in 24 ore di un effluente urbano, sarà possibile determinare la parte di BOD relativa allo scarico industriale.

“Esempio. Una città di 120.000 abitanti a forte sviluppo industriale sversa 27.000 m³ di acqua di rifiuto al giorno. Il BOD₅ medio in 24 ore dopo 2 ore di sedimentazione è di 295 g/ m³. Il carico organico giornaliero risulterà 27.000 x 295 = 7.950.000 – 4.800.000 = 3.150.000 g/giorno. Il BOD₅ di un liquame domestico sedimentato corrisponde a 40 g BOD₅/ab. e giorno, ne risulta che il carico dovuto alla popolazione propriamente detta è di 120.000 x 40 = 48.000 g/giorno. la differenza 7.950.000 – 4.800.000 = 3.150.000 g/giorno, rappresenta il carico giornaliero di origine industriale. Questo corrisponde a

una popolazione equivalente di $3.150.000/40 = 79.000$ abitanti. Tale valore è da aggiungere ai 120.000 abitanti reali.”

I valori della popolazione equivalente sono validi soltanto se si considera la richiesta di ossigeno delle acque reflue, come ad esempio negli impianti di depurazione biologici o in un corso da acqua che contenga una fauna ittica. Se si considerano invece i fanghi provenienti da scarichi industriali, nel calcolo di un impianto di sedimentazione si impiegheranno al posto dei valori di popolazione equivalente, calcolati secondo il BOD_5 , dei valori basati sulla quantità di sostanze sospese confrontate con le quantità presenti nei liquami domestici.

2.7.Coefficienti di inquinamento

Esistono comunque negli scarichi industriali vari altri elementi inquinanti, come sostanze tossiche, acidi, sali, che causano danni nei corsi d'acqua recettori e che possono causare l'aumento dei costi degli impianti di depurazione. A tale scopo nella tassazione degli scarichi industriali i consorzi considerano un coefficiente di inquinamento in base alla diversa natura di ciascuno scarico industriale. Nei casi di effluenti inquinati solo con sostanze organiche, il carico corrispondente a tale inquinamento coincide con i valori degli abitanti equivalenti considerati percentualmente. Le valutazioni basate sulle analisi non risultano sempre affidabili a causa della variabilità degli scarichi; anche il calcolo delle portate risulta talvolta di difficile determinazione. Spesso ci si basa sul consumo di prodotti grezzi, o sulla produzione, o sul numero di maestranze impiegate. La formula utilizzata per il calcolo del coefficiente di inquinamento è la seguente.

$$S = Q \left(0,45 \frac{A - A^*}{1} + 0,55 \frac{COD - COD^*}{80} + 0,1 \frac{GB + GF}{2} \right)$$

S= Nocività in unità di nocività (SE)

Q= Portata di scarico (m^3 /giorno)

A= Volume delle sostanze sedimentabili (ml/l)

A*= Indice delle sostanze sedimentabili; vale, 0,1 ml/l

COD= Domanda chimica di ossigeno del liquame sedimentato (mg/l)

COD*= Valore di base per il COD; valore di riferimento: 15 mg/l

GB= Velenosità verso i batteri espressa come fattore di diluizione del più basso grado di campione diluito per il quale il liquame risulta non essere più velenoso. GB=2 viene valutato nella formula GB=0.

GF= Velenosità verso i pesci, espressa come fattore di diluizione del grado più basso di diluizione per il quale il liquame non risulta più velenoso per i pesci. Con GF=2 nella formula vale GF=0:

Il primo addendo si riferisce alle sostanze sedimentabili; queste vengono messe in rapporto al fango relativo ad un abitante che risulta circa 1 l/ab. e giorno. il secondo termine concerne le sostanze organiche disciolte espresse come domanda di ossigeno chimico. Il COD delle acque di scarico domestiche è circa il doppio del BOD₅. L'addebito pro-capite è calcolato in $2 \times 40 = 80\text{g COD/ab. e giorno}$. La velenosità delle acque di scarico domestiche è quasi nulla, ma può risultare invece notevole in acque di scarico di provenienza industriale.

Alcune differenze, inoltre, si riscontrano tra industrie con attività saltuarie e quelle che hanno cicli produttivi continui o quelle con lavorazioni stagionali.

CAPITOLO 3

Caso studio: Impianti di potabilizzazione dell'Anconella e Mantignano

3.1.Introduzione storica

Da quando fu fondata dai romani sulla confluenza tra l'Arno ed il Mugnone, Firenze ricava l'acqua potabile quasi esclusivamente dai pozzi, tanto numerosi quanto scadenti come qualità.

La necessità di acque più fresche e leggere diventava sempre più pressante con la crescita della popolazione. Questa esigenza spinse la popolazione a canalizzare l'acqua delle sorgenti che si trovavano sulle colline fino in città. Sono stati infatti ritrovati reperti che testimoniano il passaggio dell'acquedotto in Località nel Comune di Calenzano.

In seguito alle invasioni barbariche il condotto fu distrutto, così come la stessa Firenze tra il 400 ed il 450.

La città risorse durante il periodo carolingio e da allora il problema del rifornimento idrico divenne sempre più scottante. Si può affermare che fino agli inizi del ventesimo secolo non fu trovata una soluzione adeguata. L'acqua dell'Arno era quasi sempre limacciosa per la forte corrente e anche a causa del suo letto argilloso; pertanto non era possibile utilizzarla.

Le sorgenti di acqua pura erano troppo distanti ed insufficienti per il fabbisogno mentre i numerosi pozzi erano inquinati dagli scarichi delle fognature a dispersione, e a volte anche dalla vicinanza delle strutture cimiteriali.

Le epidemie erano frequentissime e decimavano la popolazione. La peste ed il colera ricorrevano periodicamente.

Ancora nel 1865, durante gli anni in cui Firenze fu capitale, la corte reale si riforniva di acque mediante cisterne provenienti da Vallombrosa.

Proprio nei primi anni del regno, la discussione si fece molto accesa.

L'amministrazione comunale era occupatissima ad esaminare le proposte dei vari progettisti. Si proponeva di scavare nuovi pozzi, di prendere l'acqua dalla Siere, dal Mugnone, dalla Greve, dall'Arno.

L'attuazione delle opere di sollevamento e di distribuzione incontravano il contrasto di una burocrazia lenta e disorganizzata.

Nel 1910 si deliberò di costruire un impianto di potabilizzazione ad ozono presso l'acquedotto della Querce.

Di seguito nel 1913 fu installato un impianto di captazione e ravvenamento dell'Anconella mediante processi di chiarificazione e filtrazione lenta.

L'acqua prelevata dall'Arno, veniva immessa in bacini di chiarificazione destinati a trattenere le materie pesanti, i fanghi, le argille in sospensione.

Per ottenere una precipitazione veloce di queste sostanze, anche quando le acque erano molto torbide, inizialmente fu usato permanganato di potassio che in seguito, per ragioni economiche, venne sostituito con solfato di allumina.

All'uscita dei bacini, l'acqua veniva sollevata per mezzo della stazione di pompaggio, fino alla installazione prefiltrante formata da tre disgrossatori e 2 prefiltri.

La disgrossazione attraverso strati di ghiaia aveva lo scopo di trattenere insieme i materiali più inquinanti usciti dal canale di distribuzione e le impurità maggiori di debole intensità. Questi disgrossatori erano dei bacini rettangolari a fondo inclinato sul quale era disposto, a 40 cm dalle cateratte, un pavimento forato in cemento armato, dove riposava la ghiaia che costituiva lo strato filtrante vero e proprio.

I tre disgrossatori erano disposti in serie; inoltre la grandezza della sabbia e ghiaia diminuiva e le superfici dei disgrossatori aumentavano progressivamente affinché la velocità di passaggio dell'acqua attraverso lo strato filtrante venisse rallentata per favorire il trattenimento delle materie più minute.

L'acqua veniva filtrata dall'alto in basso in ciascuna serie di disgrossatori e risaliva per mezzo di un canale laterale sino alla parte superiore di questi.

Questi primi filtri venivano periodicamente soggetti a contro-lavaggio, poiché le materie sospese negli interstizi delle ghiaie finivano per occluderle. Questo veniva effettuato mediante insufflazione di acqua e aria dal basso verso l'alto: veniva così a prodursi una corrente ascensionale ed un intenso ribollimento di acqua che staccava il limo dalla ghiaia, ponendolo in sospensione e portandolo in superficie, dove veniva scaricato in un pozzetto. L'acqua passava in seguito su due prefiltri, che avevano lo scopo di effettuare la chiarificazione tramite uno strato filtrante costituita da sabbia e ghiaia.

Questa prefiltrazione perfezionava la depurazione batteriologica.

La pulitura e la scrostazione della superficie della sabbia (necessaria ogni qual volta il getto del prefiltro si riduceva), veniva effettuato mediante un pettine a denti forati nei quali veniva immessa dell'aria compressa.

L'acqua attraverso un ripartitore generale, veniva mandata tramite canalizzazioni, alle trincee di ravvenamento e ai filtri veri e propri.

Dalle trincee di ravvenamento, l'acqua si infiltrava nel sottosuolo (che fungeva da ulteriore filtro), andando ad alimentare la falda freatica sotterranea e il livello generale si elevava di riflesso in tutta la zona che si estende tra il fiume e le colline.

L'acqua prefiltrata, che invece veniva inviata ai filtri a sabbia, proseguiva l'azione di filtrazione lenta e chiarificazione.

Questi filtri occupano una superficie di 2500 mq.

L'acqua purificata tramite una cabina di regolazione e sollevamento, veniva spinta in tubi collettori che la sollevavano all'impianto di S. Niccolò.

Negli anni seguenti, si continuò a potenziare le strutture dell'Anconella ed i lavori di ampliamento della rete raggiunsero le periferie.

Nel 1929 fu inaugurata la nuova centrale di spinta di Mantignano, che prendeva l'acqua dai pozzi che costeggiavano le rive dell'Arno.

Furono costruiti anche alcuni bacini di raccolta da utilizzare in caso di magra del fiume.

Nel 1956 iniziarono i lavori di rinnovamento delle strutture filtranti dell'Anconella e di Mantignano.

Si arrivò dunque ad un sistema basato su di una centrale a spinta dell'Anconella e alcune vasche di raccolta che permettono un'autonomia di almeno 8 ore per soddisfare i consumi cittadini.

3.2.Acquedotto di Firenze

L'acquedotto comunale di Firenze è costituito da:

- Un impianto di potabilizzazione dell'Anconella, con portata di 4000 l/secondo.
- Un impianto di potabilizzazione di Mantignano con una portata di 750 l/secondo.
- Una centrale di raccolta e di clorazione dell'acqua dei pozzi delle Cascine, per circa 200 l/secondo.
- Altri pozzi sparsi per la città per circa 200 l/secondo.
- Una rete di distribuzione per un totale di 720 km.
- alcuni serbatoi per le zone collinari, nei quali l'acqua viene pompata.

3.3.Impianto dell'Anconella

Per quanto riguarda le fasi di chiarificazione e filtrazione, l'impianto si può considerare suddiviso in due parti:

- Parte preesistente per 1.500 l/secondo.
- Parte nuova per 2.500 l/secondo.

L'impianto comprende le seguenti opere principali:

- Presa dell'acqua dall'Arno e sollevamento.
- Flocculatori-decantatori.
- Filtri a sabbia.
- Sterilizzazione con ozono.
- Stoccaggio e dosaggi reattivi.
- Riserva dell'acqua trattata.
- Filtrazione sui carbone attivo.
- Pompaggio finale nella rete di distribuzione.

L'impianto di potabilizzazione dell'Anconella riesce a garantire la portata di 4000 l/secondo, anche in regime di magra del fiume Arno, tramite uno sbarramento a valle del punto di presa.

L'opera di presa, costruita direttamente dal Comune di Firenze, consiste in un primo sbarramento di tubi di alluminio galleggianti che trattengono materiali di una certa dimensione, come rami, bottiglie, plastiche e riescono anche ad impedire il passaggio di sostanze oleose.

All'interno di questo primo sbarramento è situata la prima griglia fissa a barre verticali sistemata dentro l'argine del fiume che collabora al trattenimento dei rifiuti. L'acqua prelevata, prima di giungere alla vasca di pompaggio (figura 1), passa attraverso uno scaricatore, costituito da due griglie fini a nastro che separano fisicamente rifiuti di piccole dimensioni.



Figura 1: Pompe di una vasca di pompaggio.

Questi rifiuti vengono scaricati da un nastro trasportatore in un cassonetto.

Lo scaricatore funziona a tempo e può essere comandato a distanza.

Il sollevamento dell'acqua (figura 2)



Figura 2: Esempio di centrale di sollevamento vista dall'esterno.

avviene con tre pompe, con girante elicocentrifuga avente una lunghezza di asse di 8 ml. La potenza dei motori è di 500 CV.

Le altre caratteristiche delle pompe sono: una portata variabile fra 1100 e 2200 l/secondo, secondo le variazioni del livello dell'Arno che può oscillare fra i nove e i 13 ml. Queste tre pompe funzionano contemporaneamente a ciclo ininterrotto, ma non al massimo della loro capacità, cosa che invece avviene se una di queste è in avaria.

Una caratteristica particolare della centrale di sollevamento e dell'impianto di trattamento è l'ubicazione delle più importanti parti elettriche, situate ad un livello superiore a quello raggiunto durante l'alluvione nel 1966.

Nei locali della centrale di sollevamento si trovano degli idrometri (figura 3) che segnalano il livello dell'Arno e del bacino idrico (il livello minimo è segnalato sullo strumento a 44.80, al di sotto del quale non si riesce più a pompare acqua).



Figura 3: Idrometro

Altro importante dispositivo è il Krowan n.2 capace di regolare le portate delle pompe, da 2200 a 1100 l/secondo aumentando o riducendo il numero dei giri e recuperando nello stesso tempo la corrente elettrica, in eccesso, reinserendola nella rete.

Subito dopo il sollevamento, l'acqua subisce la prima e più consistente clorazione con ipocloruro di sodio o biossido di cloro e più è lungo il tempo di contatto del cloro con l'acqua e migliore è la sua azione batteriologica.

In relazione a questo criterio il percorso dell'acqua dall'opera di sollevamento fino all'impianto di depurazione è molto lungo.

Il secondo trattamento è costituito dall'immissione nelle tubazioni tramite iniettori di carbone polverizzato; esso, non costituisce un filtro ma viene utilizzato a perdere. Lo scopo del suo impiego è quello di assorbire ed eliminare i tensioattivi, metalli, molecole organiche. Accanto ai silos di stoccaggio (figura 4) del carbone c'è ne sono altri che contengono calce, da usare eventualmente per la correzione del pH, il cui grado ottimale va da 7,2 a 7,4; attualmente l'acqua prelevata dall'Anconella non viene più trattata con calce in quanto il grado di acidità corrisponde ai limiti richiesti.



Figura 4: Esempio di silos di stoccaggio.

Dopo l'immissione del carbone, l'acqua arriva in un ripartitore centrale che la smista tra i due sistemi di decantazione quali il Pulsator e il Dor.

La differenza tra i due decantatori consiste sostanzialmente nel fatto che i Pulsator vengono utilizzati quando l'acqua non è molto torbida ed è un trattamento più rapido mentre nei dor si preferisce mandare l'acqua più limacciosa, in quanto il procedimento è più lento e favorisce così una migliore decantazione, favorita anche dalla barra circolare della vasca.

Dopo l'uscita dal ripartitore generale l'acqua giunge al ripartitore fra le quattro vasche, pulsator.

La flocculazione-decantazione, a differenza dei vecchi impianti filtrazione lenta, è un percorso continuo di separazione delle particelle più pesanti dell'acqua che avviene aggiungendo del flocculante, (policloruro di alluminio prodotto in apposite centrali), e incrementando la velocità di pulsazione dell'acqua proveniente dal ripartitore: tutto ciò significa riduzione dei tempi, diminuzione dei costi e quindi maggiore capacità dell'impianto. Nel pulsator (figura 5) l'acqua viene ripartita perfettamente sul fondo mediante tubi forati su tutta la superficie della vasca e risale in filetti paralleli alla superficie dove l'acqua decantata viene raccolta da canalette.

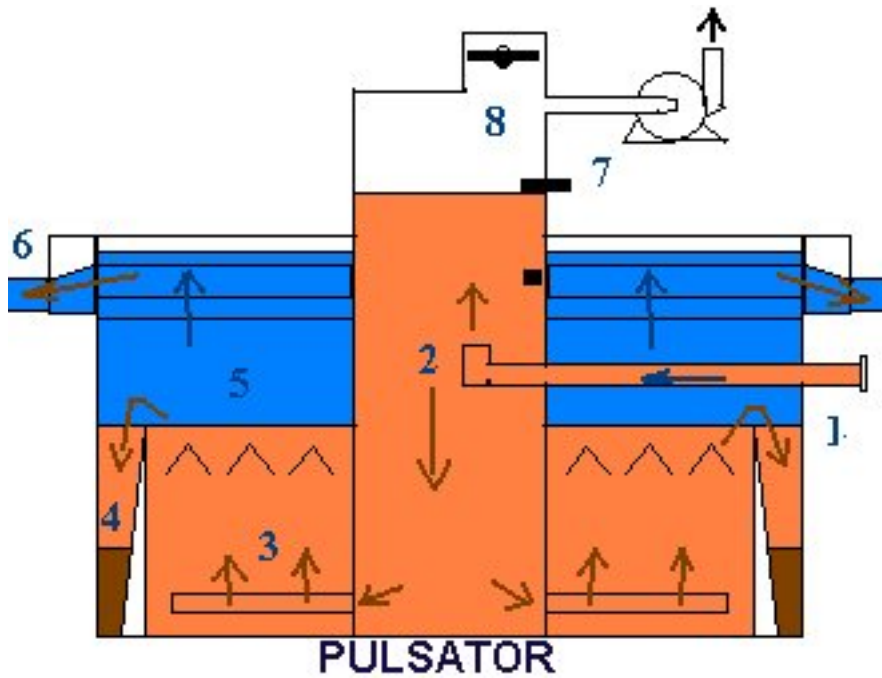


Figura 5: Rappresentazione degli 8 passaggi in cui si basa la decantazione in un decantatore pulsator.

I fanghi prodotti dalla flocculazione delle impurità dell'acqua grezza si accumulano nella parte inferiore dell'apparecchio e costituiscono il letto dei fanghi, mantenuto in sospensione mediante alimentazione pulsator (con immissione di aria) dell'acqua grezza e tramite degli elementi triangolari adagiati sul fondo detti tranquillizzatori.

Il letto dei fanghi è estremamente importante fini del rendimento del pulsator in quanto facilita la flocculazione delle nuove impurezze dell'acqua grezza comportandosi come germe di flocculazione.

La formazione del letto dei fanghi ha un altro vantaggio che è quello di consentire lo scarico dei fanghi in eccesso in apposite tramogge situate nella parte centrale dell'apparecchio, Dalle quali vengono estratti periodicamente mediante un sistema automatico.

L'acqua in uscita dalle canalette si congiunge, tramite alcuni salti di livello che la ossigeno, ad un canale principale che la dirige verso il trattamento successivo.

In condizioni normali l'acqua decantata in uscita dai Pulsator è ben chiarificata, ma una piccola quantità di fiocchi può essere ugualmente sfuggita e dovrà essere trattenuta dai filtri a sabbia. Prima di giungere a questi filtri, l'acqua viene nuovamente clorata con biossido di cloro.

L'impianto dei filtri a sabbia è costituito da 12 filtri Acquazurr V (figura 6) di 149 mq. di superficie filtrante, funzionanti ad una velocità di passaggio di 5 m/h.



Figura 6: Vasche che formano i filtri Acquazurr V.

Ogni filtro è composto da una vasca in cemento armato, nella quale è disposto uno strato di 1 m. di sabbia di granulometria omogenea e precisa; questo materiale è sostenuto da un ripiano formato da piastre in cemento armato sulle quali sono abitati speciali diffusori detti clepies che permettono un perfetto drenaggio dell'acqua in fase di esercizio ed un'ottima distribuzione dell'acqua e dell'aria per il controlavaggio. Tali filtri permettono un sistema di lavaggio con schiumatura superficiale che accelera le operazioni di lavaggio, portando più rapidamente allo scarico le schiume e le impurezze tolte dalla sabbia mediante la forte corrente ascensionale dell'acqua e dell'aria di lavaggio.

Il controlavaggio è garantito da tre gruppi di elettropompe di cui uno di riserva.

Le operazioni di lavaggio sono completamente automatiche; esiste comunque anche la possibilità di eseguire le operazioni a comando manuale.

L'equiripartizione della portata su ciascuno dei filtri è mantenuta costante per tutta la durata di funzionamento per mezzo di un regolatore di livello elettroidraulico, che procede alla regolazione della valvola automatica dell'acqua filtrata. All'uscita dai filtri a sabbia l'acqua subisce la terza clorazione.

Il successivo trattamento è costituito dalla sterilizzazione con ozono.

Questo sistema realizza contemporaneamente la sterilizzazione massima possibile dell'acqua eliminando sostanze organiche, tensoattivi ecc. e allo stesso tempo impedisce la formazione di sapori sgradevoli; esso elimina inoltre la maggior parte dei

micro inquinamenti che possono essere sfuggiti alla chiarificazione (detergenti, fenoli, pesticidi, ecc.).

L'ozono è un gas molto instabile, che tende a decomporsi per cedere ossigeno, con il quale è sempre in equilibrio. Questa decomposizione relativamente lenta a bassa temperatura, aumenta notevolmente quando la temperatura si alza.

L'ozono è un gas di colore azzurro con massa molecolare 48; può essere liquefatto e allora si presenta sotto forma di liquido azzurro inodore che a pressione normale, ha temperatura di ebollizione vicino a -112°C e calore latente di vaporizzazione di 2.550 ca/mol.

Il fatto che il contatto di questo liquido con l'ossigeno può produrre una reazione esplosiva, ha escluso o limitato al massimo il suo impiego.

L'ozono ha quindi la caratteristica di rendere sterile l'acqua, privandola di ogni forma batterica e virale e rendendola insapore e inodore.

La formazione di ozono è ottenuta con ozonizzatori Degremont a tubi orizzontali contenenti ciascuno 550 tubi di elettrici.

Questo processo consiste nel far passare una corrente d'aria tra due elettrodi sottoposti ad una differenza di potenziale da 15.000 a 20.000 v. che provoca una scarica elettrica. Sotto l'azione del campo elettrico così formato si produce una ionizzazione dell'ossigeno dell'aria, ed il fenomeno si evidenzia con la comparsa di una radiazione violetta.

L'aria che va ad alimentare l'ozonizzatore deve essere sottoposta a processi di essiccazione e refrigerazione.

Affinché l'ozono possa arrivare con una pressione tale da vincere la resistenza dell'acqua nelle vasche di contatto, è indispensabile procedere ad una pressurizzazione dell'aria atmosferica prima del contatto con l'acqua da trattare. Questa viene ottenuta da tre gruppi di elettrocompressori a velocità variabile, con una portata di 900 mc/h. ed una pressione di 700 atm ciascuno; per l'elevato rumore di esercizio i compressori sono installati in una camera completamente insonorizzata.

L'aria, una volta compressa, viene raffreddata ed essiccata da due gruppi di raffreddamento ed essiccamento che eliminano l'umidità.

Il processo di raffreddamento e di deumidificazione avviene prima tramite acqua e successivamente in maniera più intensa con l'evaporazione di un liquido refrigerante, il gas Freon 22.

La rigenerazione, cioè l'essiccamento, avviene per mezzo di un ventilatore ed una resistenza elettrica; l'aria subisce il successivo raffreddamento prima di giungere all'ozonizzatore.

La durata totale del trattamento è di 8 ore.

L'aria quindi raggiunge l'ozonizzatore, costituito come detto in precedenza, da un fascio di tubi orizzontali in acciaio inox, nei quali sono sistemati dei tubi in vetro speciale, internamente metallizzati, aventi un diametro un poco più piccolo, all'interno dei quali si fa passare l'aria essiccata.

In seguito alla differenza di potenziale una parte dell'ossigeno dell'aria si trasforma in ozono.

L'aria ozonizzata viene distribuita sul fondo di tre vasche in cemento armato indipendenti, ciascuna della misura di 7 x 30 m. L'altezza dell'acqua nelle vasche è di circa 4,5 m. Attraverso speciali tubi porosi viene diffusa nella massa d'acqua da sterilizzare. Alla portata nominale di 4000 l/secondo. il volume delle vasche consente un tempo di contatto di 10 minuti circa.

L'eventuale ozono in eccesso nell'aria si può distruggere in apposito forno dove sono sistemate delle resistenze in acciaio inossidabile.

Le macchine funzionano automaticamente e tutto, dalla portata dell'acqua, il dosaggio di ozono, la velocità di rotazione ed il numero di compressori in funzione è regolato elettronicamente.

Tutti questi comandi sono riportati sul quadro e sul sinottico proprio dell'onizzazione. Prima di arrivare alla centrale di spinta, che la immette in rete, l'acqua subisce una ultima clorazione in quanto fuori dagli impianti non si può garantire l'assoluta affidabilità della rete di distribuzione contro eventuali infiltrazioni inquinanti.

Oltre alle strutture appena descritte, l'impianto è dotato di un edificio dove si effettua lo stoccaggio ed il dosaggio dei reattivi.

Queste sostanze sono:

-Biossido di cloro ClO_2 ottenuto da clorito di sodio NaClO_2 ed acido cloridrico HCl

- Ipoclorito di sodio NaClO

-Policloruro di alluminio (flocculante)

Tutti ad alta concentrazione.

Il biossido di cloro ha un'azione battericida più potente dell'ipoclorito di sodio. Purtroppo è molto sensibile alla luce per cui d'estate è necessario aumentarne il dosaggio. Eventualmente per abbassare il pH viene usato acido cloridrico (HCl).

La centrale di produzione è dotata inoltre di impianti elettronici, vetri a prova di gas e di un sofisticato dispositivo di allarme che denuncia ogni eventuale fuga di gas.

Tutti questi prodotti vengono conservati in appositi silos che hanno la capacità di 300 q.li l'uno. All'entrata ed all'uscita da ogni trattamento sono state collocate delle pompe di

prelievo campioni in policloruro di alluminio che spingono l'acqua nel laboratorio dove ogni ora vengono fatti dei test chimici, batteriologici e virologici per controllarne la qualità e la composizione.

Tutto l'impianto è controllato a distanza da una centrale computerizzata situata nella palazzina degli uffici.

Sono, inoltre, state costruite alcune vasche di stoccaggio per l'acqua depurata, che possono sopperire al fabbisogno cittadino di 8 ore, la nuova centrale di spinta e alcuni filtri a carbone attivo dello stesso tipo di quelli dell'impianto di Mantignano.

In figura 7 e 8 si riportano rispettivamente la pianta dell'impianto dell'Anconella e le varie fasi in cui si sviluppa la potabilizzazione dell'acqua e nella figura 9 è presentato uno schema de funzionamento dell'impianto per la produzione di ozono.

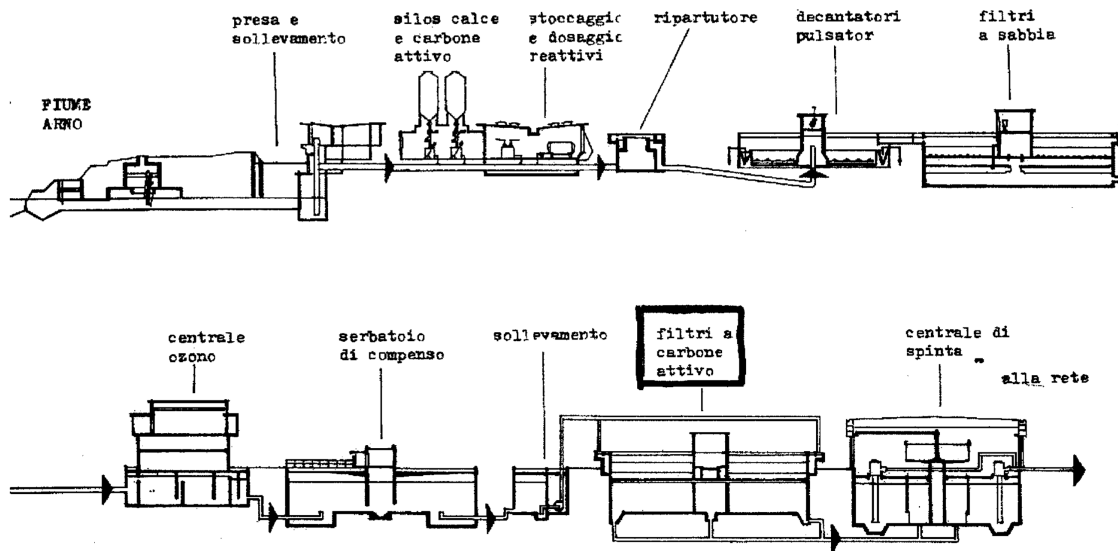


Figura 7: Successione di fasi di potabilizzazione nell'impianto dell'Anconella.

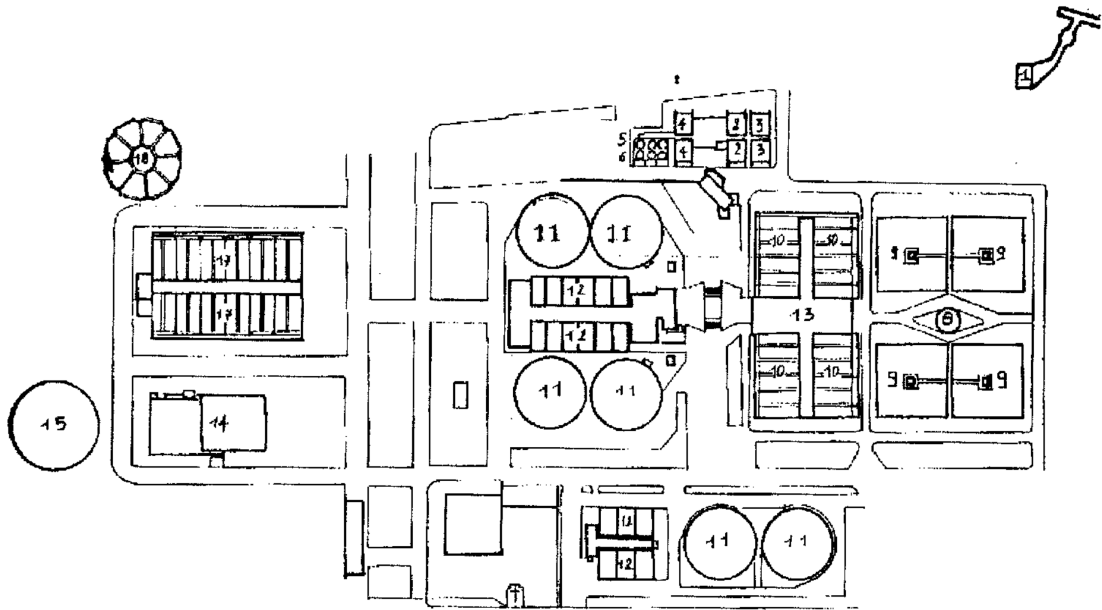


Figura 8: Pianta dell'impianto di potabilizzazione dell'Anconella.

- 1 Presa e sollevamento dell'acqua.
- 2 Stoccaggio e dosaggio flocculante.
- 3 Stoccaggio e dosaggio ipoclorito di sodio.
- 4 Preparazione e dosaggio biossido di cloro.
- 5 Silos calce.
- 6 Silos carbone attivo in polvere.
- 7 Prima ripartizione portata.
- 8 Ripartizione su pulsator.
- 9 Decantatori pulsator.
- 10 Filtri Acquazur V.
- 11 Decantatori.
- 12 Filtri a sabbia.
- 13 Uffici e sala quadro.
- 14 Ozonizzazione.
- 15 Cisterna acqua trattata.
- 16 Sollevamento intermedio.
- 17 Filtrazione su carbone attivo.
- 18 Pompaggio acqua potabile.

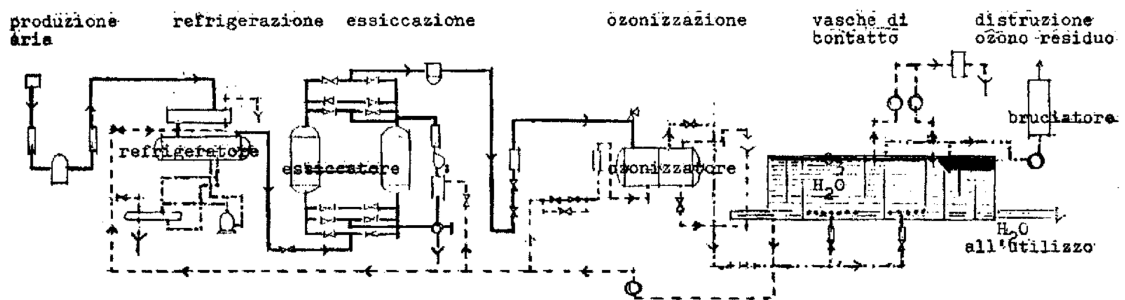


Figura 9: Schema di impianto per la produzione di ozono.

3.4. Impianto di Mantignano

L'impianto di potabilizzazione di Mantignano è stato inaugurato nel 1929, in pieno regime fascista ed inizialmente era costituito da 21 pozzi e da una centrale di spinta. Fino ad oggi la centrale è rimasta la stessa così come la maggior parte delle pompe dei pozzi che risale all'epoca di inaugurazione dell'impianto.

Attualmente, oltre che con i pozzi, l'impianto funziona pompando acqua dell'Arno e di conseguenza è costituito da una serie di strutture che la potabilizzano.

La portata dell'impianto è abbastanza scarsa, sono 750 l/secondo rispetto quella dell'Anconella; bisogna la depurazione in questa zona è molto più lenta e costosa di quanto non sia all'Anconella, per il suo maggiore tasso di inquinamento dovuto alla ubicazione.

L'acqua viene prelevata direttamente dall'Arno per mezzo di pompe sommergibili (figura 10) senza alcuna griglia di protezione e viene immessa in due bacini di aerazione (figura 11), composti ognuno di tre vasche.



Figura 10: Esempio di pompe sommergibili.



Figura 11: Esempio di bacino di aerazione.

Nella prima, quella in cui viene aggiunta la clorina (cloro-gas sotto forma di acqua di cloro) è posto un miscelatore a pale che distribuisce omogeneamente questo prodotto nell'acqua; la vasca seguente è caratterizzata da un areatore sempre a pale che sbatte l'acqua in superficie ossigenata; dopo essere passata da una vasca, nella quale sono inseriti dei pannelli di contrasto che ne modificano lo scorrimento, l'acqua giunge ad un secondo miscelatore.

All'uscita dalle vasche di contatto, l'acqua viene spinta in un torrino di ripartizione dove viene immesso il flocculante e dal ripartitore passa alle due vasche di decantazione tipo Accelerator. In queste vasche l'acqua viene immessa dal basso in una campana centrale, nella quale una pala girevole mantiene il limo in movimento (figura 12).

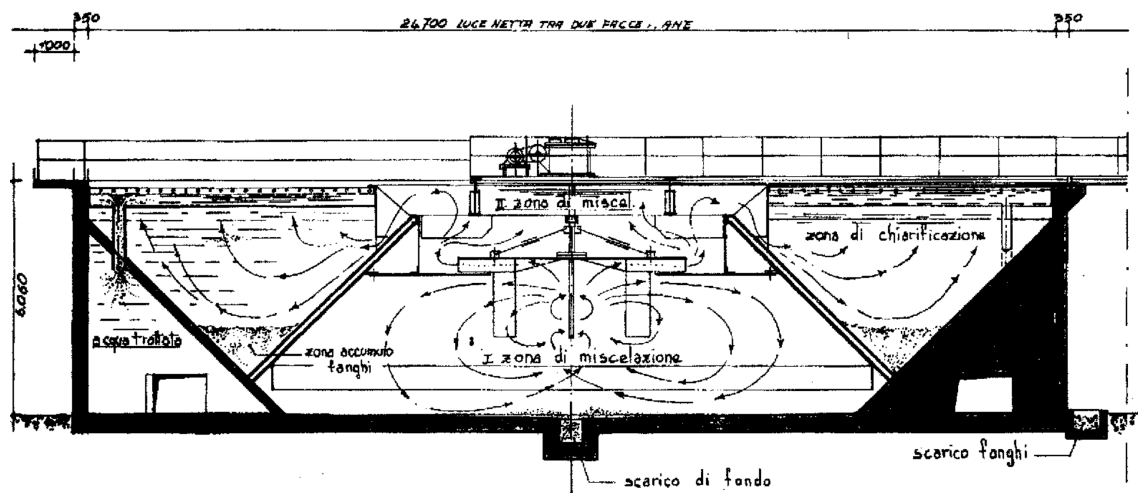


Figura 12: Esempio di accelerator con turbina di ricircolo.

L'acqua salendo giunge ad una seconda campana regolabile in altezza che la diffonde nella vasca vera e propria; uscendo dalla seconda campana e per effetto del flocculante si forma una nuvola gelatinosa di fango che, rimanendo sempre alla stessa altezza, funziona come filtro. Di conseguenza l'acqua filtrata sale ancora fino a lambire i fori delle canalette da cui poi si riversa in una condotta tangenziale alla circonferenza della vasca in cemento marino, dalla quale poi passa ai filtri a sabbia. La trattazione di questi filtri è già stata fatta all'interno di questa tesi per quanto riguarda l'impianto dell'Anconella, risulterà più utile soffermarsi su quanto riguarda l'operazione di pulitura. Il lavaggio di ogni filtro, indipendentemente l'uno dall'altro, avviene durante le ore notturne in circa 10-15 minuti, tramite insufflazione di aria dai clepies disposti sul fondo. Si ottiene un ribollimento dell'acqua che provoca il sollevamento delle particelle in sospensione con conseguente pulizia della sabbia. L'acqua sporca, contenente sostanze inquinanti, viene convogliata in un canale centrale, che a sua volta, tramite condotti la scarica nell' Arno.

Sotto nelle vasche c'è una valvola automatica che regola il livello dell'acqua immessa dopo la pulitura in modo che sia costante rispetto agli altri. Tutta l'operazione è controllata da centraline oleodinamiche poste nella cabina di comando.

Il trattamento successivo, come per quanto riguarda l'Anconella, è quello dell'ozonizzazione che è identico.

Dopo l'ozonizzazione, si passa al filtraggio con carbone attivo. Quest'impianto è costituito da due file parallele di 9 cisterne disposte orizzontalmente nelle quali su di un assetto orizzontale metallico sono collocati una serie di diffusori analoghi ai clepies sui quali giace uno strato di 1,20 mt. di carbone attivo in granuli.

L'acqua scende dall'alto, attraverso il letto di carbone si depura da eventuali sostanze organiche residue, tensioattivi, diventa inodore, insapore e tramite tubi di collegamento viene convogliata in un bacino dove avviene il contatto con il biossido di cloro per circa un'ora; trascorso questo tempo giunge in una vasca di raccolta dove si unisce all'acqua già clorata proveniente dai pozzi. Nel caso fosse necessario, prima dell'ultimo bacino è possibile interrompere tramite saracinesca il flusso dell'acqua trattata dell'Arno per immettere in rete solo quella proveniente dai 15 pozzi funzionanti.

L'ultimo impianto è la centrale di spinta.

È utile precisare il fatto che i filtri a carbone (figura 13), i quali oltre all'utilizzo delle più efficienti cloro gas rispetto all'ipoclorito costituiscono la principale differenza tra quest'impianto e quello dell'Anconella, necessitano di una accurata manutenzione. Inoltre sono necessari dei controlli all'efficienza del carbone che viene compromessa dalla presenza dell'ozono. Quando il carbone ha perso la sua efficacia esso viene prelevato dalla cisterna e portato a rigenerare in appositi altiforni; che costituisce un notevole vantaggio economico.



Figura 13: Esempio di filtri a carbone attivo

Anche a Mantignano esiste un laboratorio chimico-biologico che esegue continuamente scrupolose analisi su campioni prelevati nelle varie fasi di potabilizzazione.

Il passaggio da un'operazione e l'altra è possibile solo con l'utilizzo di numerose elettropompe.

In figura 14 e 15 si riportano rispettivamente la pianta dell'impianto di Mantignano e le varie fasi in cui si sviluppa la potabilizzazione dell'acqua.

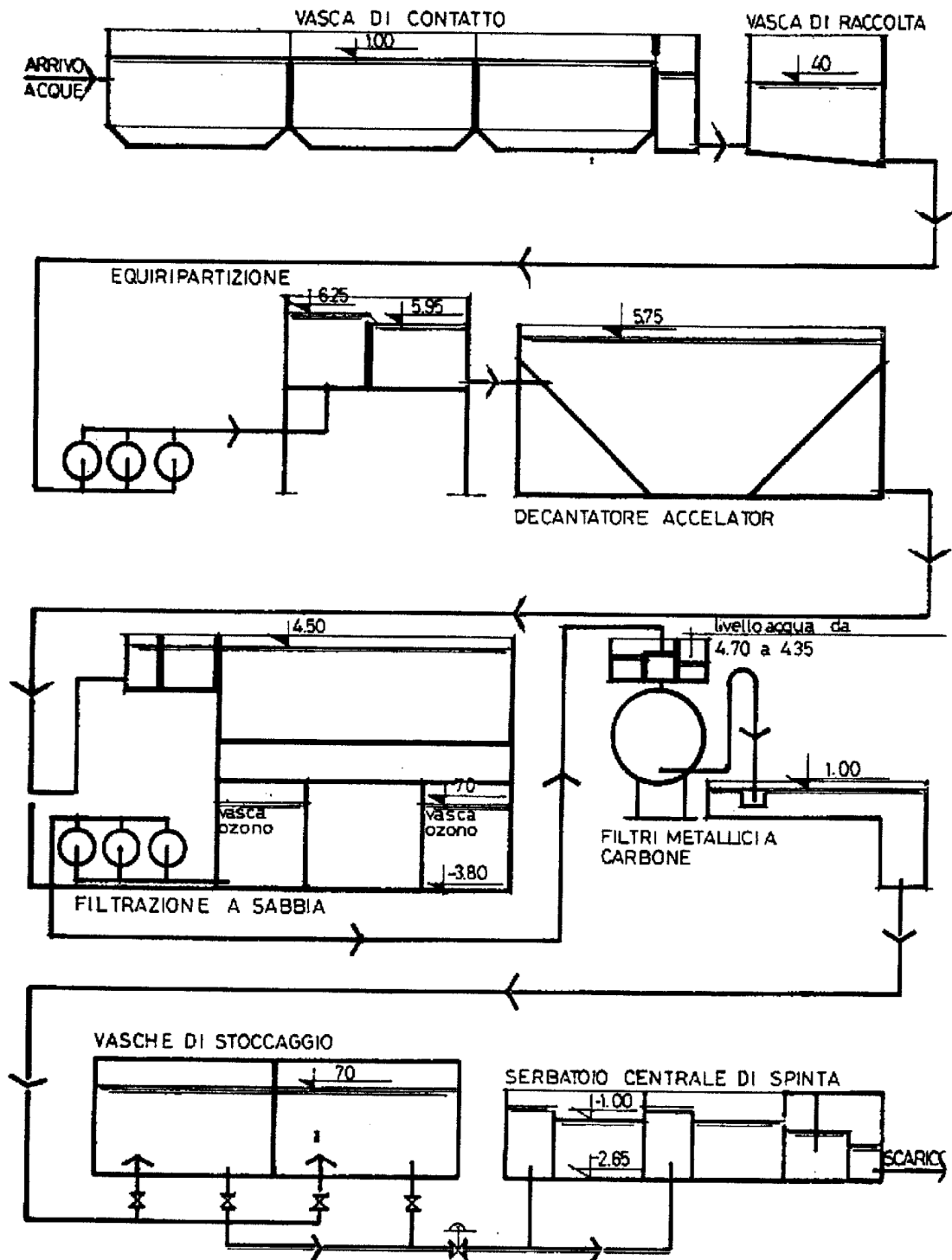


Figura 14: Successione di fasi di potabilizzazione nell'impianto di Mantignano

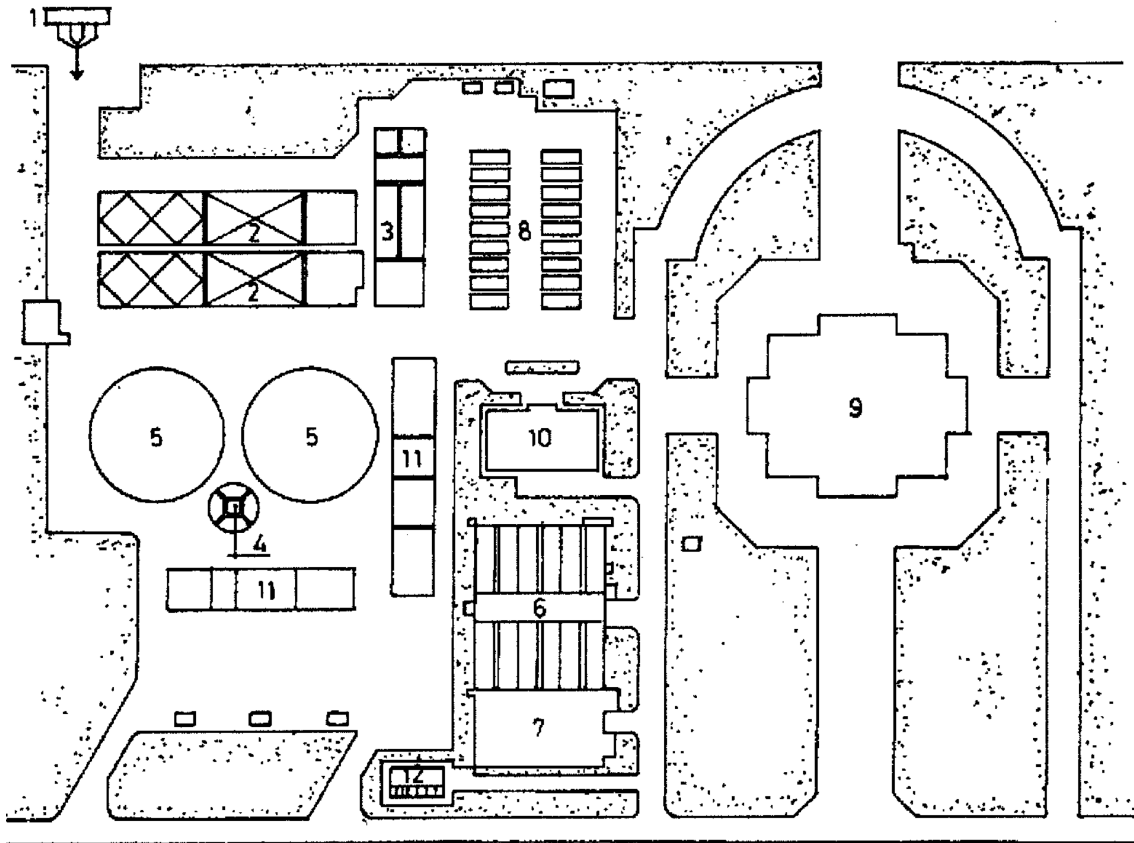


Figura 13: Pianta dell'impianto di potabilizzazione di Mantignano:

- 1 Sollevamento dell'Arno.
- 2 Aerazione.
- 3 Sollevamento intermedio.
- 4 Ripartizione.
- 5 Flocculazione-Decantazione.
- 6 Ozonizzazione.
- 7 Filtrazione su sabbia.
- 8 Filtrazione su carboni attivi.
- 9 Centrale di spinta.
- 10 Sala operativa.
- 11 Edificio di produzione e dosaggio reattivi.
- 12 Cabina di trasformazione.

CONCLUSIONE

L'acqua nella sua apparente semplicità è la risorsa fondamentale del nostro pianeta.

Nei Paesi industrializzati si incorre troppo spesso nell'errato quanto semplicistico atteggiamento di noncuranza e spreco di un bene accessibile a tutti, senza il quale, però, le attività agricole, quelle industriali più o meno estese fino al nostro stesso organismo non trarrebbero il sostentamento necessario per svolgere qualsiasi tipo di mansione, dalla più complessa (se si pensa ad un'opera industriale) alla più semplice (nel caso dell'uomo e del sua mera sopravvivenza).

Sovente non si riflette sull'importanza dell'acqua in sé, sui danni causati dall'inquinamento ai bacini idrici, alle acque sotterranee, alle stesse piogge (acque meteorologiche) che se inquinate recherebbero gravi danni non solo agli organismi viventi presenti sul suolo terrestre ma anche ai monumenti ed al costruito.

L'acqua che sgorga da un rubinetto domestico o di un'industria è utilizzabile in quanto potabile grazie ad un susseguirsi di operazioni chimiche e fisiche atte a togliere ogni tipo di impurezza, conseguenti ad uno sviluppo di mezzi e conoscenze che hanno portato ad un progresso tecnologico.

Tale progresso è raggiungibile, anche, dal punto di vista prettamente di innovazione impiantistica, con l'utilizzo di acquedotti ed opere sempre più avanzate, in grado di sopperire ai danni causati dall'inquinamento e capaci di eliminare, mediante un susseguirsi di processi più o meno complessi, le sostanze inquinanti e di rifiuto, per potabilizzare e rendere, quindi, utilizzabile l'acqua.

L'acqua, come riscontrabile all'interno di questa tesi, è coinvolta in un ciclo che la sottopone ad una miriade di trasformazioni molecolari della struttura della stessa, volte ad una depurazione a step successivi, ognuno dei quali con un ruolo fondamentale nel processo globale di trasformazione.

Si possono distinguere due cicli dell'acqua: quello vero e proprio, naturale ed esistente grazie all'apporto solare, morfologico e degli organismi animali e vegetali viventi sulla terra; ed un ciclo definibile antropico, funzionale e derivante dall'attività umana basato su captazione, lavorazione, approvvigionamento e quindi distribuzione, consumo e successivo scarico dell'acqua di scarico.

Si è cercato, all'interno di questo lavoro, di considerare entrambi i cicli descrivendo sommariamente il primo e dando importanza al ciclo antropico più complicato e frutto di anni di studi sulle caratteristiche dell'acqua.

I vari tipi di acque subiscono inquinamenti diversi a seconda degli agenti nocivi a cui sono sottoposti; negli anni si è riscontrata, grazie all'innovazione industriale, la possibilità di creare macchinari in grado di sopperire ad ogni tipo di inquinamento e di trattare l'acqua al fine di renderla potabile.

Questi macchinari cooperano per garantire che tutte le operazioni di depurazione vengano attuate, partendo dalla chiarificazione basata su flocculazione e decantazione, passando per filtrazione, sterilizzazione, neutralizzazione, addolcimento ed in ultima istanza demanganizzazione, coinvolgendo modificazioni chimiche e di integrazione molecolare ed operazioni fisiche di eliminazione di corpi estranei e mescolanza con sostanze depurative.

L'approvvigionamento idrico ed il consumo sono, dunque, permessi direttamente dal ciclo antropico dell'acqua che risulta, però, a sua volta conseguente al ciclo naturale ed alla sua fase fisica e biologica.

L'acqua ha dunque una complessa semplicità, è semplice in termini di composizione chimica e struttura molecolare primordiale, ma complessa nella sua lavorazione che deve essere dettagliata e volta a salvaguardare il consumatore; inoltre, si deve tenere presente che l'acqua di ritorno da quest'ultimo (acqua di scarico) sarà nuovamente nociva e destinata ad un'ulteriore trattamento per riutilizzo.

Tutto questo viene sancito dal decreto legislativo del 02 Febbraio 2011 in riferimento alla attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano; esso afferma che: "Le acque destinate al consumo umano devono essere salubri e pulite" e saranno utili specifici impianti per soddisfare tale decreto.

Gli impianti fondamentali, in Italia, vennero costruiti nei primi anni del '900 e sono in continuo ampliamento e miglioramento anche dal punto di vista dei filtri, in particolare grazie all'utilizzo di quelli a carbone che utilizzano il più efficiente cloro gas rispetto all'ipoclorito; oppure nel senso di utilizzazione di elettropompe che sostituiscono la semplice caduta.

L'acqua è un bene che deve essere consumato consapevolmente tenendo presente che a monte del suo utilizzo vi sono una serie di progetti e lunghe lavorazioni (a volte anche molto dispendiose sia in termini economici che di forza lavoro) che ne hanno reso possibile l'impiego.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Bianucci G., Ribaldone Bianucci E., 1989, *Il trattamento delle acque inquinate*, Milano, Italia, Ulrico Hoepli Editore.
- 2) Cavazzuti C., Gandola L., Odone R., 2014, *Terra, acqua, aria*, Milano, Italia, Zanichelli.
- 3) Fago S. V., 1936, *Potabilizzazione delle acque moderni metodi e mezzi*, Milano, Italia, Ulrico Hoepli Editore.
- 4) Imhoff K., Imhoff K.R., 1976, *Manuale del trattamento delle acque di scarico*, 1976, Milano, Italia, Franco Angeli Editore.
- 5) Labra M., Casiraghi M., Bruni I., Cattaneo F., *Acqua pulita: parametri dell'acqua e sistemi di depurazione domestica*, Milano, Italia, Università degli studi di Milano Bicocca.
- 6) Mercanti A., 1987, *Il problema acqua: approvvigionamento e potabilizzazione*, Firenze, Italia, Alinea Editrice.

SITOGRAFIA

- 1) <http://docplayer.it/2926343-Allegati-al-dlgs-152-99.html>.
- 2) <http://web.tiscali.it/pilosumateriali/Materiali/Percorso%20acqua.pdf>.
- 3) http://www.eni.net/wpcontent/uploads/2013/11/migrazione/assets/5994/pdf_acqua_2.pdf.
- 4) https://it.wikipedia.org/wiki/Acqua_potabile.
- 5) <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/acqua/risorse-idriche/acque-sotterranee>.
- 6) <http://www.arpacampania.it/riepilogo-acque-superficiali>.
- 7) <http://www.sicilspurghi.it/cosa-sono-le-acque-bianche-e-le-acque-nere/>.