

3. Acqua, maneggiare con cura

Depurazione

Ore

Dalle 6 alle 20 ore

Risultato

Avere nozioni sulla depurazione delle acque destinate al consumo umano e delle acque reflue

Attività

1. Analisi di laboratorio
2. Elaborazione dati utilizzando strumenti informatici
3. Raccolta dati orari di consumo
4. Raccogliere dati anche utilizzando supporti multimediali
5. Percorso all'interno della centrale di potabilizzazione

Competenze

- Utilizzare strumenti di laboratorio
- Utilizzare kit per l'analisi delle acque
- Tabulare dati
- Calcolare indici di qualità dell'acqua
- Correlare vari tipi di indici di qualità dell'acqua

Pre requisiti

- Conoscere e utilizzare strumenti di laboratorio
- Conoscere le caratteristiche di alcuni elementi chimici
- Le reazioni chimiche

Contenuti

- La risorsa acqua
- Il ciclo dell'acqua
- La depurazione dell'acqua

Modalità formative

- Lezione dialogica
- Analisi di laboratorio
- Lavoro di gruppo
- Attività operativa

Modalità di valutazione

- Relazione tecnica delle esercitazioni svolte
- Test
- Prove strutturate

Competenze certificate

È in grado di riconoscere alcuni parametri di qualità dell'acqua ed il significato ambientale ecologico, elabora un giudizio, ipotizza modalità di intervento



Suddivisione in moduli e UD

Mod.	Unità didattica	Obiettivi	Contenuti	Metodologia e strumenti
1	La produzione dell'acqua	<ul style="list-style-type: none"> • Riconoscere le principali attrezzature per la depurazione dell'acqua • Conoscere il funzionamento dei principali attrezzi per la depurazione dell'acqua • Connettere logicamente una parte dell'impianto con le altre • Conoscere i principi di funzionamento delle varie attrezzature utilizzate per la produzione dell'acqua 	1. Il ciclo di depurazione	Libri di testo Diagrammi Quaderno di lavoro
	I consumi	<ul style="list-style-type: none"> • Essere in grado di analizzare i dati di produzione e di correlarli con i consumi • Criticità della fornitura dell'acqua • La qualità dell'acqua 	1. i consumi 2. la produzione 3. la qualità dell'acqua	Lavoro di gruppo Quaderno di lavoro

CADF

La Fabbrica dell'Acqua

Capitolo 1

Acqua, maneggiare con cura

Premessa

L' uomo si è sempre insediato in prossimità di sorgenti naturali. Oltre che un elemento indispensabile per la vita, l'acqua si è prestata ad assumere innumerevoli aspetti iniziando da quelli religiosi, ispirando poeti, pittori, musicisti, immortalata da tutte le arti, oggi l'acqua rappresenta lo Status Symbol di una nazione il cui potere economico sembra legato al consumo ed alla disponibilità di risorse idriche.

Presente nell'organismo umano, l'acqua è la componente più importante per la vita, da ciò l'uomo fin da tempi remoti si è organizzato per il suo approvvigionamento. Aristotele, filosofo greco del IV secolo avanti Cristo, sosteneva che una città ben progettata doveva avere: "specialmente una naturale abbondanza di acque e di fonti e, in caso contrario, vi si deve far fronte predisponendo serbatoi per l'acqua piovana, capienti e numerosi". Già dal 384 - 322 a.C. si applicava l'ingegno per predisporre la captazione dell'acqua quando la natura non veniva a soddisfare i bisogni umani. Andando ancora più a ritroso nel tempo, si ritrovano considerazioni sull'acqua piovana di buona qualità: "mandata da Zeus" (Giove corrisponde a Zeus nella mitologia greca) le si attribuivano infatti varie proprietà benefiche, compresa quella di giovare alla salute. La bontà di un'acqua contenuta in cisterna dipendeva, oltre che dalla cura, dalla pulizia dell'impianto; già si era intuito che per gli usi comuni, come l'alimentazione, o nella medicina si doveva bollirla. Questo accadeva soprattutto quando ancora non esistevano i grandi acquedotti. Dai Greci ai Romani furono costruiti enormi serbatoi, vasche, con materiali diversi, lasciando nel tempo opere di valore inestimabile come le grandiose cisterne di Valente (364-78 d.c.) e di Giustiniano (527-65 d.c.) che ancora oggi riforniscono d'acqua Istanbul. Per raccogliere, accumulare e conservare l'acqua, furono realizzate in tutte le regioni e in tutti i periodi dell'antichità opere importanti (cisterne teatrali ipogee, ecc.), che però sono state messe in ombra dalle successive costruzioni "di grandi acquedotti". I Romani furono i primi a condurre acque pure e salubri con impianti arcaici di acquedotti; l'acquedotto vero e proprio (specus o canalis) iniziava con un serbatoio dove l'acqua veniva captata anche da sorgenti e attraverso un sistema di cunicoli l'acqua veniva avviata verso le abitazioni, altri cunicoli di drenaggio facevano confluire le acque sporche in successivi bacini.

Diversi testi antichi riferiscono che certe acque “possono sopportare un po’ di vino”, individuando il vino come un agente disinfettante ed un rilevatore di reazione chimica. Infatti è possibile reperire le prime analisi compiute sull’acqua realizzate dai Romani che mescolando goccia a goccia acqua e vino ben colorato, valutavano il tenore di calce (durezza) della loro acqua. Gli antichi consigli per la depurazione dell’acqua (autodepurazione) vanno dalla semplice esposizione al sole, all’aria ed infine alla filtrazione. Erodoto (Atene 484 a.C. - 425 a.C. storico greco, considerato il padre della storiografia) segnala che l’acqua del Karkheh (in Iran) veniva bollita e conservata in caraffe d’argento per i re persiani. Il filtraggio attraverso strati di sabbia è anche consigliato da Vitruvio (architetto e ingegnere romano del I secolo a.C.). Per la depurazione dell’acqua gli antichi autori consigliano l’aggiunta di varie sostanze, tra cui la più comune ed efficace era il vino. Non è nostro intento dilungarci sulla storia della depurazione dell’acqua, anche se scopriremmo concetti e intuizioni molto importanti ancor oggi usati e perfezionati con il procedere delle tecnologie.

In questo modulo saranno date alcune notizie sulla lavorazione dell’acqua per renderla potabile; ci potremmo chiedere se esistono requisiti che un’acqua deve possedere per essere destinata al consumo umano.

La risposta ci è fornita dal DPR del 03/07/1982 n. 515 che stabilisce i requisiti che deve possedere un’acqua superficiale per poter essere utilizzata e a quali trattamenti deve essere sottoposta al fine del consumo umano. Le acque superficiali vengono suddivise in tre categorie A1, A2, A3, in base all’inquinamento che presentano. La contaminazione viene valutata attraverso analisi chimiche, microbiologiche e biologiche; questa legge definisce anche il tipo di trattamento che dovrà subire.

A1	Non inquinata	Trattamento fisico semplice e disinfezione
A2	Medio inquinata	Trattamento fisico e chimico normale e disinfezione
A3	Molto inquinata	Trattamento fisico e chimico spinto, affinazione e disinfezione

Questo decreto considera le sole acque superficiali e non quelle di pozzo che in Italia abbondano. Qualora un’acqua non possa essere inclusa in questa tabella per eccessivo inquinamento, non può essere sottoposta alla potabilizzazione. Laddove l’acqua è molto inquinata il trattamento costerà di più e quindi anche l’utente dovrà pagare di più.

Il giudizio di potabilità dell’acqua, che l’uomo utilizza, si basa sulle seguenti caratteristiche: gradevole, usabile ed innocua.

Con il termine gradevole intendiamo che l'acqua deve essere accettata al palato per i suoi caratteri organolettici, fisici e chimici; con il secondo termine usabile vogliamo indicare che la composizione minerale deve essere tale da non ostacolare gli scopi per i quali l'acqua stessa deve venire usata ed infine con il termine innocua intendiamo che l'acqua non deve contenere sostanze tossiche o, comunque, pericolose per l'uomo come microrganismi o uova capaci, una volta penetrati nell'organismo umano, di determinare l'insorgenza di infezioni o infestazioni.

Per poter stabilire se l'acqua risponde ai suddetti requisiti è necessario effettuare quattro serie di ricerche così sintetizzabili:

1) Studio del terreno ed ispezione locale: viene effettuato quando l'approvvigionamento idrico sfrutta acque sotterranee e consiste nella rilevazione idrografica e geologica del bacino imbrifero. La zona interessata deve essere protetta anche da possibili inquinamenti sotterranei.

2) Studio dei caratteri organolettici e fisici: si tratta di determinare se l'acqua in esame presenti caratteri tali da renderla gradevole e cioè sia limpida, inodore, incolore e di gradito sapore; quest'ultimo parametro è legato sia alla quantità di sali e gas disciolti che alla temperatura, è apprezzabile quando l'acqua è compresa tra i 9 e i 12 °C.

Riportiamo alcuni dati di composti con i corrispondenti sapori:

Composto	Sapore
oligominerale	amaro
ricca di sali di calcio	terroso
ricca di sali di ferro	amaro - metallico
ricca di anidride carbonica	acidulo
ricca di cloruri	salato
ricca di solfati di sodio	amaro
ricca di allume	astringente

3) Studio dei caratteri chimici: si tratta di stabilire:

a) se la composizione minerale dell'acqua sia tale da rispondere ai requisiti di potabilità riportati nella legislazione vigente,

b) se nell'acqua sono presenti sostanze d'inquinamento organico (fecale).

a) Per rispondere al primo requisito si determinano: pH (deve essere vicino alla neutralità), il residuo fisso (quantità di sostanze disciolte che deve essere compreso fra i 100 e i 500 mg), ferro e manganese (rispettivamente 0,2 e 0,5 mg su litro), fluoro (0,7 e 1,3 mg su litro), la durezza totale (contenuto di sali di calcio e di magnesio, vedi tabella), durezza temporanea (data dai bicarbonato di calcio e di magnesio, che scompare con l'ebollizione dell'acqua), infine la durezza permanente data dalla differenza fra la durezza totale e la durezza temporanea includendo i cloruri, solfati e nitrati ecc...

Tipo di acqua	Durezza totale in °F
Acque molto dolci	0 - 7
Acque dolci	7 - 15
Acque medio dure	15 - 22
Acque dure	22 - 35
Acque durissime	>35

°F = gradi francesi che corrispondono a 10 mg CaCO₃/l.

In base alla durezza, le acque vengono classificate in dolci e dure. Un'eccessiva durezza oltre i 35 °F comporta una serie di inconvenienti, quali incrostazioni in caldaie e tubazioni, forte consumo di saponi, cattiva cottura dei vegetali. Pertanto la durezza totale dell'acqua potabile non dovrebbe eccedere oltre i 35 °F e la durezza permanente oltre i 12 °F.

La normativa cogente, Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 con aggiornamento del 2002 determina le concentrazioni limite ammissibili che possiamo riscontrare nell'acqua.

b) La ricerca nell'acqua di sostanze derivanti da inquinamento fecale rivela un inquinamento di natura organica; le sostanze organiche totali e i loro prodotti derivano dalla demolizione di sostanze organiche azotate corrispondenti al cosiddetto ciclo biologico dell'azoto. Ammoniaca, nitriti, nitrati, idrogeno solforato, cloruri, fosfati e solfati sono sostanze collegate all'inquinamento fecale. Il ritrovamento di esse può essere valutato correttamente solo in rapporto all'esame batteriologico, in quanto tutte queste sostanze possono derivare dalle caratteristiche minerali dei terreni.

4) Studio dei caratteri biologici e microbiologici: poiché il pericolo maggiore che può derivare da un'acqua è che essa sia veicolo di microrganismi patogeni presenti nelle feci, vengono ricercati solo quei microrganismi veri indicatori di inquinamento fecale. I batteri ricercati devono ottemperare a tre condizioni: 1) essere costantemente presenti nelle feci, 2) in numero molto abbondante, 3) facilmente svelabili con tecniche semplici e veloci.

La presenza di questi microrganismi in acque destinate al consumo umano comunica che vi è stato un contatto con materiale che può trasmettere germi patogeni all'uomo. Si ricercano *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Clostridium perfringens* e spore. Prendono il nome di Coliformi totali diverse specie di batteri, presenti sia nelle feci che in natura, in grado di crescere a 37°C e di fermentare il lattosio con produzione di acido e gas alla stessa temperatura in idonei terreni.

Prendono il nome di Coliformi fecali quei batteri, il cui massimo rappresentante è *Escherichia coli*, in grado di crescere a 44°C e di fermentare il lattosio con produzione di acido e gas alla stessa temperatura in idonei terreni.

I coliformi totali, fecali, enterococchi fecali debbono essere assenti in 100 ml di acqua. Può essere ammessa la presenza saltuaria di coliformi totali ma rimane ferma l'assenza costante dei coliformi fecali. Accanto alla colimetria solitamente si affianca la determinazione del tasso batterico totale determinato da un accrescimento a temperature di 22°C che rispecchia l'inquinamento ambientale e a 36°C che rispecchia l'inquinamento fecale. Le quantità di questi batteri vengono individuate da valori guida riportati sulla legislazione cogente.

I metodi di indagine più comuni per ricercare questi parametri microbiologici sono: MPN, membrane filtranti e semina di massa usufruendo di idonei terreni selettivi mirati solo alla crescita dei microrganismi ricercati. L'MPN (numero più probabile) è un numero statistico calcolabile mediante semina di piccole quantità di campione in una serie di tubi con successivo riconoscimento di tubi positivi. Questo metodo viene applicato soprattutto per l'analisi di acque contenenti particolato e materiale vario. Per la sua laboriosità e i suoi lunghi tempi di indagine è stato sostituito, parzialmente, dal sistema delle membrane filtranti. La semina di massa consiste nell'inoculazione diretta di piccole quantità di matrice da esaminare nel terreno di coltura.

All'esame chimico microbiologico, si associa l'esame biologico al microscopio avente lo scopo di mettere in evidenza la presenza di alghe, cisti e germi parassiti all'uomo.

L'acqua, componente fra i più importanti del nostro organismo, è contenuta nei nostri tessuti in proporzioni che oscillano dal 75% (bambino) al 59% (anziano). Poiché questo tenore idrico si deve mantenere costante entro certi limiti per il buon funzionamento del corpo umano, le perdite alle quali il nostro organismo va incontro giornalmente devono essere reintegrate mediante l'assunzione di bevande e cibi. Una perdita di acqua superiore all'11% del peso corporeo è già pericolosa per la vita. Il volume di acqua necessario per gli usi alimentari è tuttavia assai modesto a paragone di quello indispensabile allo svolgersi di un vivere civile.

La disposizione legislativa contenuta nell'articolo 248 del T.U.L.S. Testo Unico Leggi Sanitarie che stabilisce:

“Ogni comune deve essere fornito di acqua potabile pura e di buona qualità.

Quando l'acqua potabile manca, sia insufficiente ai bisogni della popolazione o sia insalubre, il comune può essere, con decreto del Prefetto, obbligato a provvedere”.

Si aggiunga che l'art. 249 “commina gravi pene a chi contamina l'acqua destinata a scopo potabile anche senza che ne derivi danno alla salute pubblica”, mentre le alterazioni sostanziali e dannose, le adulterazioni e l'avvelenamento cadono sotto le sanzioni degli artt. 439 e 440 del Codice Penale.

Per poter procurare buona acqua ad una collettività è necessario anzitutto:

- Calcolare la quantità ad essa necessaria,
- scegliere l'acqua più conveniente,
- stabilire la sua captazione o condottazione,
- correggere eventuali difetti dei suoi caratteri,
- ed infine distribuirla alla popolazione.

La quantità di acqua necessaria ad un centro abitato è rappresentata dalla somma del fabbisogno idrico per il servizio privato (bevande, cibi, pulizia personale e domestica ecc.), servizio pubblico (acqua per edifici pubblici come scuole, municipi, ospedali, piscine ecc. , lavaggio aree stradali, fontane, bocche antincendio ecc.), e per il servizio industriale, a cui si deve aggiungere un'aliquota per le perdite, che inevitabilmente si verificano nella rete di distribuzione e che si aggirano fra il 6 ed il 30% a seconda dello stato di efficienza dell'impianto.

Fabbisogno di acqua potabile per vari usi

Servizio privato	Litri
Per bere e cucinare: per persona e per giorno	3 ± 4
Per lavare la biancheria: per persona e per giorno	15 ± 20
Per la pulizia personale: per persona e per giorno	20 ± 25
Per una scarica di gabinetto	8 ± 15
Per la pulizia della casa per giorno	10 ± 15
Per un bagno in vasca	200 ± 300
Per una doccia	40 ± 50

Servizio pubblico	Litri
Scuole: per scolaro e per giorno di scuola	10
Caserme: per uomo e per giorno	30 ± 50
Ospedali e case di cura: per persona e per giorno	200 ± 500
Alberghi: per persona e per giorno	100 ± 300
Lavanderie: per 100 Kg. di biancheria	3000 ± 5000
Macelli: per capo di grosso bestiame	300 ± 500
Mercati: per m ² di superficie coperta e per giorno	5 ± 10
Orinatori pubblici con sciacquatura e scarica: per posto e per ora	30 ± 40
Orinatori con sciacquatura continua: per metro di tubo e per ora	200

La quantità di acqua che viene consumata da un centro abitato pro capite (per persona) e pro die (al giorno) si chiama consumo specifico giornaliero.

Tale consumo varia piuttosto ampiamente da città a città; ciò dipende, oltre che dalle abitudini di vita degli abitanti, dalla disponibilità e dal prezzo dell'acqua, dal sistema di distribuzione, dalla quantità e tipo di industrie presenti nella zona ed anche dal numero assoluto degli abitanti.

Si osserva infatti che generalmente le città più popolose presentano un più alto consumo specifico dovuto soprattutto alle migliori condizioni igieniche e alla maggior diffusione dei servizi pubblici.

Si considerano come sufficienti alle necessità di un centro urbano i seguenti quantitativi di acqua:

Città fino a 50.000 ab.	Litri 150 ± 200 per abitante per giorno
Città fino a 200.000 ab.	Litri 200 ± 250 per abitante per giorno
Città fino a 400.000 ab.	Litri 250 ± 300 per abitante per giorno

Nei comuni rurali vengono contati:

- per abitante e per giorno 100 litri
- per grosso capo di bestiame 50 litri
- per piccolo capo di bestiame 20 litri

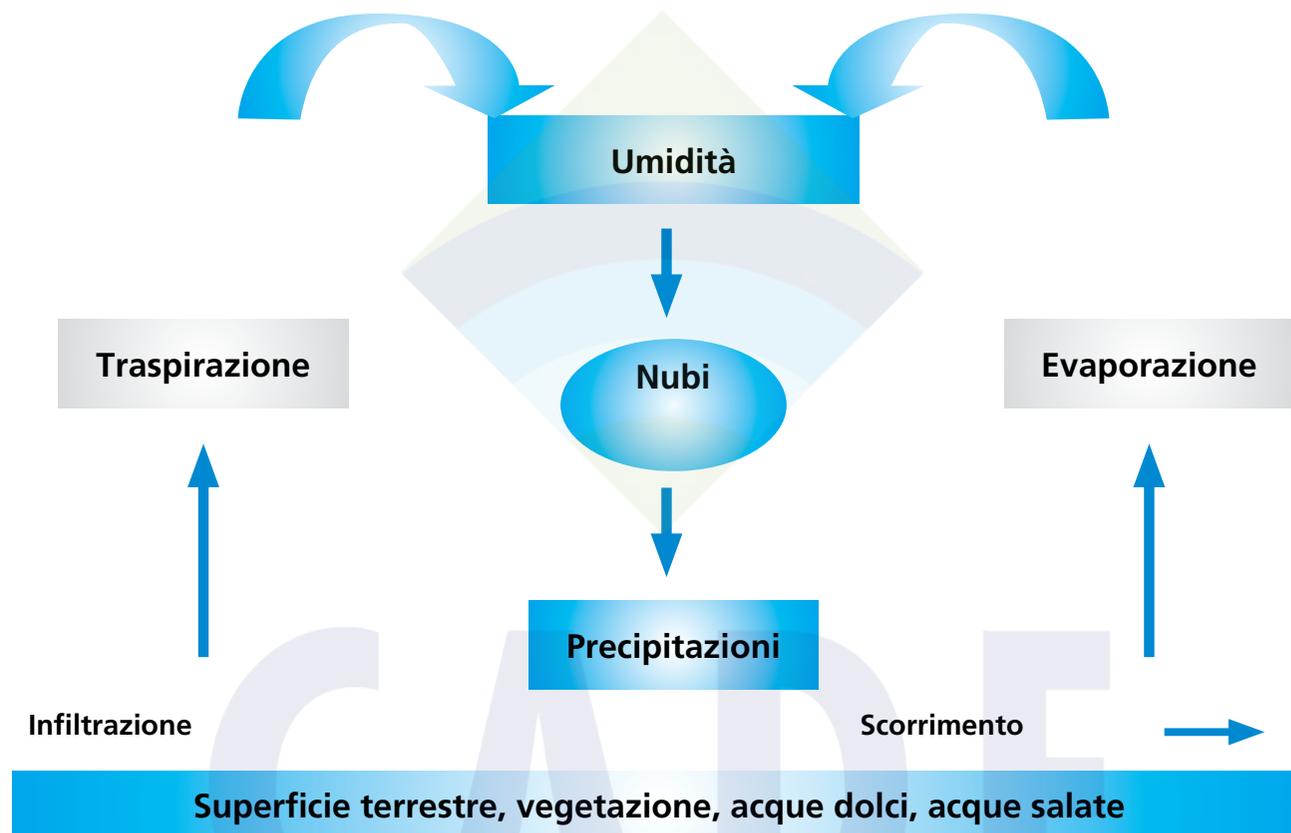
Le condizioni igieniche di una popolazione vengono valutate con lo stato di sviluppo della stessa in base al consumo di acqua.

Chiaramente lo sviluppo di grandi insediamenti urbani deve essere supportato dalla capacità o potenzialità dell'impianto di potabilizzazione esistente, spesso progettato senza inserire o prevedere l'espandersi della popolazione creando disagi agli abitanti.

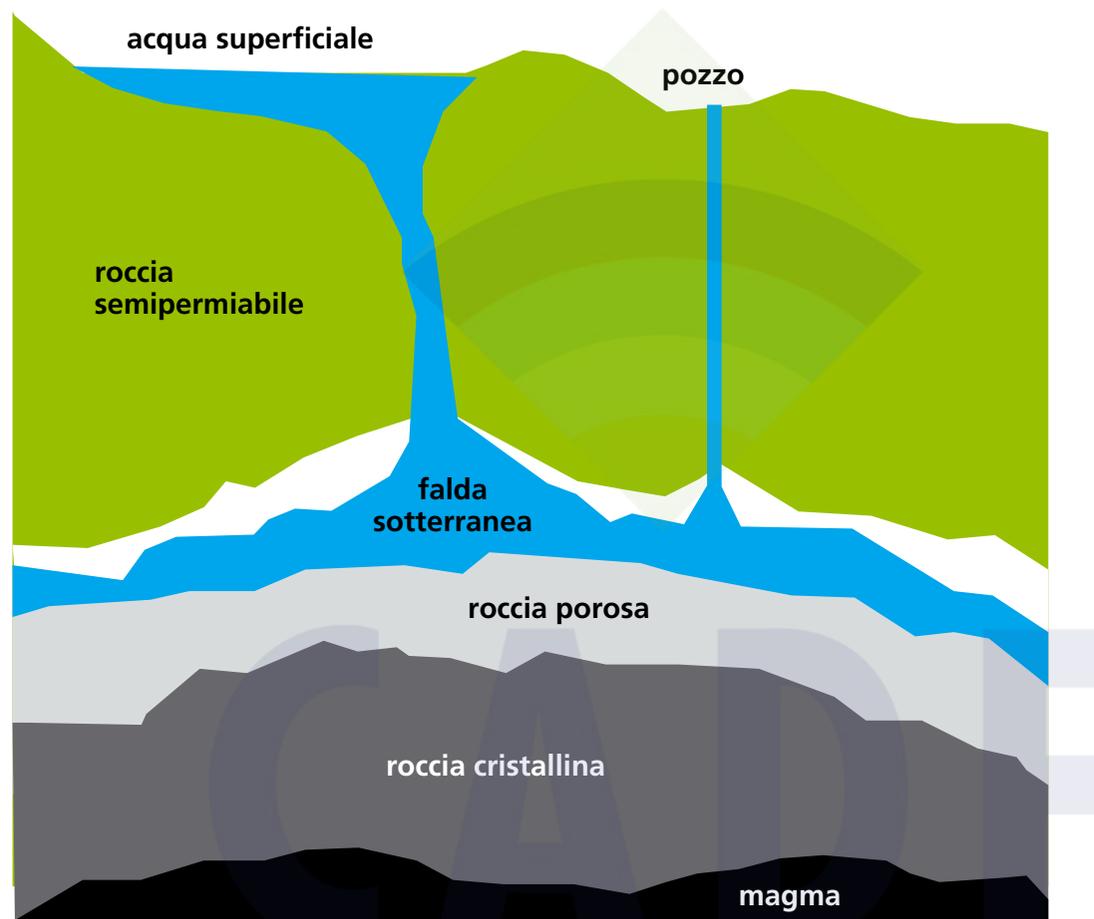
Il consumo d'acqua subisce delle oscillazioni orarie, giornaliere, mensili ed annuali; le ore di massimo consumo sono relative all'uso comune dell'acqua di tutta la popolazione.

Ma l'acqua, che l'uomo usa per tutti i propri scopi a cui applica delle leggi da rispettare per farne un capitale proprio, in natura possiede già un suo equilibrio naturale sia di approvvigionamento che di mantenimento, salvaguardandosi nel contesto ambientale nel quale è inserita, in armonia con la flora e fauna a contatto.

Pur avendo un'unica origine, l'acqua assume caratteristiche assai diverse allorché, giunta a contatto con l'atmosfera e con i vari strati del suolo, si arricchisce di gas, di sostanze minerali e organiche, di micro e macro-organismi.



Ciclo dell'acqua: dalle grandi e piccole raccolte idriche (mare, laghi, fiumi, ruscelli, ecc..) e dalla superficie del suolo, l'acqua evapora, favorita in ciò dalla vita animale e vegetale, e passa sottoforma di vapore acqueo nell'aria atmosferica. Quando per abbassamento della temperatura o per aumento della pressione si supera il grado di umidità massima, il vapor d'acqua si condensa in goccioline, dette "nuclei di condensazione". Raggiunto questo stato fisico, le goccioline o restano nell'aria a formare le nuvole o, sollecitate dalla forza di gravità, finiscono per precipitare sottoforma di pioggia, neve, grandine. Altre volte il vapore acqueo si condensa sulle superfici più fredde formando la brina o la rugiada. L'acqua tornata a contatto con il suolo in parte rievapora, in parte scorre su di esso ed in parte vi penetra alimentando le falde sotterranee. Sulla terra possiamo trovare tre grandi gruppi di acque: meteoriche, superficiali e sotterranee.



Acque meteoriche: al momento della condensazione, l'acqua può considerarsi simile a quella distillata, ma all'atto in cui cade si carica di gas atmosferici, presenti nell'aria, che si sciolgono. L'anidride carbonica conferisce all'acqua particolari qualità aggressive, ma nelle piogge possiamo trovare anche ammoniaca, acido nitroso, acido nitrico (derivano normalmente dall'ossidazione dell'azoto atmosferico), acido solforico (in prossimità delle zone industriali), acido solfidrico (sorgenti sulfuree e sostanze in putrefazione), cloruro di sodio (vicino al mare), acqua ossigenata e ozono dopo un temporale. Sono presenti anche sostanze organiche ed inorganiche sospese come sabbie, carbone, polveri, pollini, batteri e metazoi in quantità elevata.

Oggi solo raramente si ricorre a questo tipo di approvvigionamento; un tempo le acque meteoriche venivano preziosamente raccolte attribuendo all'acqua piovana pregi di alta qualità, non essendo caricata di tutti i gas atmosferici dovuti allo sviluppo industriale (inquinamento).

Acque superficiali: **correnti:** torrenti, fiumi, ecc...
tranquille: mare, laghi, stagni, ecc...

Torrenti e fiumi torrentizi sono difficilmente utilizzati per l'approvvigionamento idrico urbano in quanto sono acque che essendo alimentate dal disgelo delle nevi e dei ghiacciai risentono di forti piene e magre, con letto in forte declivio sono dotate di considerevole forza.

I fiumi **>Scheda 1** sono alimentati da nevai, ghiacciai, torrenti, acque telluriche ma anche da laghi per cui risentono poco le variazioni di portata. Hanno caratteristiche di perennità, con minore pendenza del letto e con portata solida e modesta. Nei fiumi vengono spesso riversati materiali infetti putrescibili, rifiuti organici e acque industriali che spesso presentano un'alta tossicità soprattutto per la vita della flora e fauna del fiume e possono esserlo anche per chi usa quest'acqua senza nessun trattamento di depurazione. Fortunatamente intervengono processi di autodepurazione i quali, se la carica inquinante non è troppo forte, attraverso processi chimici e biologici migliorano l'acqua. Sono diversi i fattori che concorrono al ripristino delle condizioni iniziali dell'acqua: si pensi alla precipitazione e sedimentazione, all'ossigenazione, all'azione della luce, della flora e della fauna. Nonostante ciò le acque dei fiumi, molto usate per la potabilizzazione, sono da considerarsi sospette per i loro elevati carichi di inquinanti.

I laghi possono essere naturali o artificiali; i primi in conche naturali raccolgono acqua superficiale, mentre quelli artificiali sono creati dall'uomo. Dall'origine dei laghi dipende la loro composizione in sostanze disciolte; essi risentono delle variazioni climatiche come i fiumi ma con capacità autodepurative migliori. Ciò è dovuto al fatto che la massa idrica è relativamente ferma, quindi meno ossigenata in profondità ma stagionalmente ricambiata; il lento movimento dell'acqua fa sì che gli inquinanti diffondano più lentamente. Una parte delle **Acque Sotterranee o telluriche** proviene da quelle meteoriche che si infiltrano nel terreno, l'altra parte si forma in seno al terreno stesso per condensazione del vapore acqueo che giunge o dall'atmosfera o in seguito a scambi gassosi dovuti alla differenza di pressione e di temperatura dagli strati più profondi della crosta terrestre dove l'acqua può sussistere solo sotto forma di vapore acqueo, "acque giovanili". Si dice **grado geotermico** il numero di metri che è necessario percorrere verticalmente per registrare una differenza di temperatura di 1°C; essa si aggira sui 35 metri (a 4000 metri di profondità si registra una temperatura dell'acqua di 110 °C). Le acque, sia di provenienza superficiale che penetrate nel sottosuolo, o acque giovanili, si raccolgono in un bacino imbrifero sotterraneo ed il loro movimento è determinato dalla gravità ed è influenzato dalla struttura geologica (rocce impermeabili e permeabili o porose) e fisica del terreno. Il movimento tellurico dell'acqua è molto importante sia per il processo di filtrazione che per la formazione, attraverso processi erosivi, di grotte con formazione di stalattiti e stalagmiti. La filtrazione attraverso gli strati del suolo o le rocce fa sì che queste acque presentino una considerevole purezza ed un numero di batteri molto basso, sempre che l'uomo non vada a compromettere con scarichi la bontà della falda sotterranea. Acque dolci ed oligominerali provengono da processi di filtrazione molto lenti in strati di rocce con bassissima solubilità dove i sali sciolgono si presentano nell'acqua in quantità molto modeste. Le rocce calcaree carsiche rilasciano acqua ricca di Anidride Carbonica (CO₂). Le acque sotterranee non risentono delle variazioni climatiche, la loro temperatura è costante nelle stagioni.

La **captazione** delle acque è la fase che permette di attingere da un bacino imbrifero, prescelto per la lavorazione dell'acqua, al fine di renderla potabile. Questa fase può avvenire in diversi metodi, che possono variare in base alle caratteristiche climatiche, paesaggistiche ecc...; essendo un argomento molto tecnico, tralascieremo in generale questa parte approfondendola per le acque superficiali e sotterranee.

Captazione delle acque Superficiali > Scheda 1: vengono scartati quei corsi d'acqua che per le loro variazioni di portata non assicurano un regolare e sufficiente approvvigionamento. Si sceglierà una località dove l'acqua si possa attingere anche durante i periodi di massima secca, a monte di eventuali cause inquinanti, in piena corrente dove cioè le acque hanno maggior velocità. Il tubo di captazione deve avere la bocca di aspirazione rivolta a valle, protetta da griglia, riempita di ghiaia, posta a notevole profondità, non troppo vicino al fondo per evitare l'aspirazione dei fanghi. La presa va protetta e segnalata per esempio con boe in caso di navigabilità del corso d'acqua. All'atto della captazione può essere associato il processo di chiarificazione cioè l'abbattimento delle particelle sospese. Per mezzo di pompe posizionate nell'area di prelievo, l'acqua viene convogliata in tubi e portata verso la prima fase di lavorazione per renderla potabile.

Captazione delle acque Sotterranee > Scheda 1: l'acqua sotterranea sgorga naturalmente dal terreno, questo avviene in montagna o in zone dove il terreno ha una certa pendenza. Quando l'acqua è sotterranea, è necessaria la captazione mediante pozzi scavati fino a raggiungere la vena stessa. Esistono diversi tipi di pozzi, ma generalmente sono formati da un tubo di ferro che porta nell'ultimo tratto dei fori (per circa un metro di tubo) o fessure attraverso le quali entra l'acqua. Il tubo viene infisso nei terreni ad una profondità d'incontro della falda acquifera (circa 50 m.). Ad una altezza utile (circa 18 metri) viene collocata una pompa che aspira l'acqua mandandola verso la superficie. Nella costruzione di un pozzo debbono essere rispettate le seguenti condizioni:

- protezione dall'infiltrazione di acque esterne o superficiali (il tubo in acciaio drenante, che fa fuori uscire l'acqua, viene inserito in una camera che viene protetta da uno strato di argilla a contatto con la terra, uno strato di cemento a contatto con il tubo in acciaio, in mezzo viene posta della sabbia)
- protezione dell'orificio e attingimento con pompa.

L'erogazione di acqua da un pozzo produce un abbassamento del suo livello e ciò naturalmente richiama acqua dalle zone circostanti. Nell'intorno di un pozzo si crea una zona di influenza o di azione, nella quale le due forze in gioco, la forza di gravità che imprime all'acqua della falda un movimento orizzontale e la forza di aspirazione (creata dalla estrazione) che determina una depressione, si sommano algebricamente individuando una zona detta Linea Neutra. La linea neutra è collocata ad una certa distanza dal pozzo; oltre la linea neutra le due forze si annullano, cioè la forza di aspirazione non si fa più sentire. Entro la linea neutra del pozzo si genera una zona di aspirazione o depressione a cui può pervenire per esempio l'inquinamento di un pozzo nero scavato lontano dal pozzo stesso ma dentro alla sua zona di aspirazione.

L'acqua così emunta dal terreno, da un fiume o da un lago, viene convogliata in tubazioni idonee con portata soddisfacente alla velocità di prelievo dell'acqua e portata all'interno della centrale di potabilizzazione.

La Centrale di Potabilizzazione >Schede 2 > 3 > 4 > 5 > 6 > 7 deve avere dei trattamenti di correzione delle acque che possono essere classificati in 4 categorie a seconda dell'obiettivo che essi si prefiggono in funzione dell'acqua da potabilizzare e sono:

- correzione dei caratteri organolettici
- correzione dei caratteri fisici
- correzione dei caratteri chimici
- correzione dei caratteri biologici

Correzione dei caratteri organolettici: riguarda l'eliminazione di colori, odori, sapori sgradevoli e della torbidità di un'acqua. Sapori e odori spiacevoli possono essere eliminati con l'aerazione, eventuali colori scompaiono con la flocculazione e la filtrazione con materiali adsorbenti ed infine la torbidità svanisce con la chiariflocculazione.

>**Scheda 2**; l'acqua greggia viene condotta prima all'interno di un Mescolatore e poi in un Chiariflocculatore o Sedimentatore subendo trattamenti diversi: nel primo, cioè il mescolatore, l'acqua viene mescolata con un disinfettante, ipoclorito di sodio (correzione dei trattamenti biologici), e con del flocculante (correzione dei caratteri chimici e fisici); nel Sedimentatore viene aerata e si termina la precipitazione dei fiocchi di fango.

La torbidità è dovuta a particelle organiche ed inorganiche sospese che possono essere rimosse con la sedimentazione in ampi bacini a flusso orizzontale o verticale, dove la velocità dell'acqua viene diminuita di molto permettendo il depositarsi delle particelle sul fondo. Per asportare anche il materiale piccolo vengono aggiunte sostanze chiamate Flocculanti, i più comuni sono: solfato di alluminio, cloruro ferrico, solfato ferroso, solfato ferrico e alluminio sodico. Questi composti reagendo con i bicarbonati alcalino – terrosi dell'acqua danno origine ai relativi idrati colloidali formando in un primo tempo i "Microfiocchi", che tendono ad agglomerarsi tra loro con formazione di fiocchi pesanti che esercitando un'azione inglobante e assorbente sulle particelle in sospensione, sedimentano facilmente chiarificando l'acqua. Il movimento dell'acqua all'interno di un sedimentatore può essere così riassunto: l'acqua entra e con un moto verticale dall'alto verso il basso conduce a sedimentazione il materiale colloidale; l'acqua pulita esce dal primo cilindro del chiariflocculatore dal basso e con movimento verticale si dirige verso la superficie della struttura stramazzando dal canalino perimetrale dove viene raccolta e convogliata in un tubo.

L'acqua chiara che proviene dai sedimentatori viene avviata verso il processo di Filtrazione.

Con la sedimentazione delle particelle, fiocchi di fango sul fondo del mescolatore e dei sedimentatori, vengono prodotte grandi quantità di materiale che, avendo ricevuto sostanze chimiche come il disinfettante (ipoclorito di sodio) ed il flocculante, viene considerato un rifiuto e come tale portato in discarica. Appena depositato, questo materiale melmoso conserva una grande quantità di acqua che viene estratta e recuperata con l'ausilio di mezzi chimici e fisici.

La Filtrazione a sabbia >**Scheda 3**: come è stato già accennato, la filtrazione su letti di sabbia è efficace per correggere l'acqua da eventuali sapori e odori ed interviene per trattenere eventuali fiocchi non depositati con la sedimentazione; inoltre vengono bloccati ferro e manganese. Con la filtrazione si ha la correzione di quasi tutte le caratteristiche dell'acqua:

- correzione dei caratteri organolettici
- correzione dei caratteri chimici
- correzione dei caratteri biologici

La filtrazione non interviene sulla correzione delle caratteristiche fisiche in quanto l'unico elemento fisico di una certa importanza è la temperatura. Una variazione della temperatura si può avere mettendo le condotte di distribuzione in profondità nel terreno, in questo modo l'acqua si mantiene fresca anche durante la stagione estiva. Per la filtrazione a sabbia possono essere usati filtri lenti o rapidi che possono essere a gravità (aperti) o a pressione (chiusi). In tutti questi tipi di filtri è presente sabbia silicea, con granulometria selezionata, contenuta all'interno di una struttura realizzata con materiale impermeabile. L'acqua introdotta dall'alto filtra per gravità attraverso lo strato di sabbia lasciando gran parte delle sostanze sospese ed uscendo limpida con un carico batterico notevolmente ridotto. La filtrazione deve considerarsi solo una tappa del processo depurativo che va completato con un trattamento chimico di clorazione.

Scheda 3: sono filtri a sabbia rapidi a gravità. In questi filtri è presente sabbia silicea selezionata a granulometria 1.5 – 2.5 mm contenuta all'interno di una struttura 9-10 m lunghezza, 5 m larghezza, 0.77 m profondità realizzata con materiale impermeabile. Le dimensioni di questi filtri sono tali da contenere circa 32 m³ di sabbia in ogni filtro. L'acqua introdotta dall'alto per gravità attraversa lo strato di sabbia separandosi dalle sostanze sospese, uscendo limpida con un carico batterico notevolmente ridotto. Dopo diverse filtrazioni, il letto di sabbia si sporca e periodicamente all'interno della centrale di potabilizzazione si provvede alla pulizia di questi filtri mediante un lavaggio in controcorrente, cioè viene spinto un flusso di acqua dal basso del filtro verso l'alto, in modo da asportare lo sporco. L'acqua di lavaggio viene fatta confluire in un depuratore interno alla centrale. Altro tipo di filtrazione è quella realizzata con **Carbone Attivo Granulare G.A.C.** >**Scheda 4** che avviene dopo la filtrazione a sabbia. Il trattamento può avvenire sia con carbone in polvere oppure in granuli. Il carbone attivo è un carbone artificiale, cioè deriva dalla trasformazione di carboni naturali attraverso un processo di distillazione con temperature comprese tra i 400-600°C, in assenza di aria. Può essere prodotto a partire sia da carbone vegetale usando residui come segatura, gusci di mandorle, noci ecc.. oppure da altri tipi di carbone. I carboni attivi presentano struttura microporosa ed elevata superficie specifica che può essere esaltata mediante impregnazione di sostanze minerali quali cloruro di zinco, acido fosforico ecc.; tali sostanze garantiscono il mantenimento della porosità e alla fine del processo di distillazione vengono eliminate con il lavaggio. Il carbone attivo trova largo impiego in tanti settori industriali, sanitari, nella depurazione aria - acqua per l'adsorbimento (fenomeno per cui ponendo a contatto due fasi per esempio gassosa e solida si ha l'addensamento di una sostanza sulla superficie dell'altra). L'adsorbimento, a differenza dell'assorbimento, interessa solo la superficie di separazione delle sostanze. Quando il carbone si esaurisce, cioè non ha più potere adsorbente, viene trattato in diversi modi per rigenerarlo: trattamento con vapori ad alte temperature, ossidazione ecc.

Il trattamento con carbone attivo è adatto per rimuovere sostanze organiche, antiparassitari, detersivi, fenoli ecc. compreso il disinfettante (ipoclorito di sodio).

Nella Centrale di Potabilizzazione sono presenti 16 filtri rapidi a pressione, ognuno contiene circa 38 m² di carbone attivo granulare e filtrano l'acqua dall'alto verso il basso. Inseriti nella centrale di potabilizzazione attorno agli anni 90 per la presenza dell'atrazina (pesticida) nel fiume Po, i filtri a carbone garantiscono la totale asportazione dei materiali sospesi nell'acqua assicurando una migliore qualità. Il diametro delle particelle di carbone varia da 0.9 – 1.7 mm offrendo una superficie adsorbente di 850 – 900 m²/g ed una estesa area di contatto. L'elevata efficienza nel trattenere molecole anche a basso peso specifico fa sì che la loro funzionalità trattenga tutto il cloro presente nell'acqua. Dopo la filtrazione su letti di carbone attivo granulare l'acqua che esce è pura, potabile ma non ancora disinfettata.

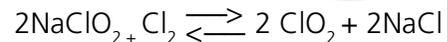
“La Disinfezione” >**Scheda 5**: la correzione dei caratteri biologici si prefigge di eliminare i microrganismi patogeni se presenti e di ridurre il tasso batterico e la quantità di sostanze organiche totali. Tutto ciò si può ottenere con l'uso di mezzi fisici, biofisici e chimici. Asportando materiale indesiderato con la sedimentazione, chiariflocculazione e filtrazione si consente ai mezzi successivi di agire con maggior regolarità e selettività.

Mezzi fisici: azione battericida hanno i raggi ultravioletti. Generalmente vengono impiegate radiazioni intorno a 2800 Å, ma è necessario che l'acqua da trattare sia limpida e priva di sostanze colloidali sospese e venga trattata in strati non superiori a 30 cm. Altri tipi di radiazione possono essere utilizzati allo scopo, ma per tutte vale l'assenza di sostanze sospese.

Tra i mezzi fisici per rimuovere i batteri collochiamo anche la filtrazione sia a sabbia che a carbone.

Mezzi biofisici: sono impiegati soprattutto per la depurazione delle acque sporche (nere) Schede n°8 – 9. È una filtrazione biologica che consiste nell'accrescimento di una membrana biologica con batteri aerobi e anaerobi (batteri, alghe, protozoi, ecc..) sopra uno strato sabbioso o altro materiale in cui l'acqua da depurare viene fatta scorrere e filtrare lentamente. Per scarso rendimento ed efficienza di questi filtri oggi sono stati quasi totalmente abbandonati e sostituiti con membrane di tipo chimico.

Mezzi chimici: il cloro e i suoi derivati sono i mezzi chimici oggi più utilizzati come agenti potabilizzanti. Il biossido di cloro è un gas giallo e di odore pungente. Si prepara facendo reagire a freddo una soluzione di clorito sodico ed una di cloro:



oppure da una soluzione di clorito sodico ed una di acido cloridrico:



È l'ossidante più energico del cloro e degli ipocloriti.

La quantità di cloro necessaria, “la cloro-richiesta” (senza sprechi di reattivo), per potabilizzare l'acqua, varia a seconda del tenore di sostanze organiche, degli ioni ferrosi, manganosi, dei nitriti, dell'idrogeno solforato, del tasso microbico ecc.. Senza entrare nello specifico si può dire che un'acqua viene potabilizzata con una quantità di cloro che si aggira tra i 0.3 – 3 mg/litro. Esistono diverse tecniche di clorazione che vengono adottate in base al tipo di acqua da potabilizzare e sono: clorazione semplice, superclorazione, clorazione a punto di rottura o break-point.

Cloro gassoso	Cl_2	<p> $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HClO} + \text{HCl}$ $\text{HClO} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}^-$ HClO acido ipocloroso HCl acido cloridrico ClO^- ione ipoclorito </p>
Ipocloriti alcalini: Ipoclorito di sodio Ipoclorito di potassio	NaClO KClO	
Ipocloritalcalino terrosi: Ipoclorito di calcio	$\text{Ca}(\text{ClO})_2$	
Composti organici: Monocloroamina Dicloroamina Halazone	NH_2Cl NHCl_2 $\text{COOH-O-SO}_2 \text{NClO}_2$	

Spiegazione grafico: tranne che per il biossido tutti i composti su elencati devono la loro azione disinfettante alla formazione dell'acido IPOCLOROSO, che tende a dissociarsi parzialmente in ione H^+ e ione ipoclorito ClO^- . Per la legge d'azione di massa, le rispettive concentrazioni dell'acido ipocloroso indissociato HClO e dello ione ipoclorito ClO^- dipendono dalle concentrazioni degli ioni idrogeno H^+ e quindi dal pH. Pertanto il cloro è presente tutto come acido ipocloroso sotto il pH 5, e tutto come ione ipoclorito a pH 10. Poiché la forma attiva Ossidante nei riguardi dei microrganismi è quella non dissociata è opportuno che il valore di pH delle acque sia attorno a 7

Biossido di cloro	ClO_2	<p> $6\text{ClO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 5\text{HClO}_3 + \text{HCl}$ $4\text{HClO}_3 \longrightarrow 4\text{HCl} + 6\text{O}_2$ Acido clorico HClO_3 Acido cloridrico HCl </p>
-------------------	----------------	--

Spiegazione reazione: il biossido di cloro, in acqua, si idrolizza in acido clorico e cloridrico. L'acido clorico si decompone in acido cloridrico e ossigeno.

Nella clorazione semplice si immette una quantità di cloro che soddisfa la cloro-richiiesta ed una piccola quantità in eccesso che costituisce il cloro residuo che assicura l'effetto battericida. Nella superclorazione viene buttato un eccesso di cloro – richiesta per eliminare tutto: colori, odori, ecc.

Prima di intraprendere la clorazione break-point chiariamo come possiamo misurare analiticamente (con opportuna strumentazione) il cloro presente nell'acqua e lo stato in cui si può trovare:

Cloro libero: rappresenta il disinfettante disponibile a compiere l'ossidazione

Cloro combinato: rappresenta il disinfettante che ha reagito e non è disponibile

Cloro residuo: dato dalla differenza tra il cloro libero e il combinato ed è disponibile

Cloro totale: dato dalla somma del cloro libero, combinato e residuo.

Il metodo a break-point si basa sulla cinetica di consumo del cloro. L'aggiunta di cloro all'acqua produce l'acido ipocloroso; si verificano situazioni diverse a seconda del carico di sostanze chimiche ed organiche presenti.



L'acqua distillata, non contenendo sostanze ossidabili, determina la formazione di una retta che rappresenta la concentrazione dell'acido ipocloroso che non viene utilizzato.

In presenza di sostanze ossidabili, contenute nell'acqua da depurare, l'acido ipocloroso si trasforma nella sua fase attiva cioè HCl acido cloridrico e ClO^- ione ipoclorito che reagiscono; da cloro libero si passa a cloro combinato, questo è ciò che succede alla curva passando dal punto A al punto B dove avviene l'abbattimento della sostanza organica, batteri, ferro, composti azotati (ferro e composti azotati non sono attaccati dal biossido di cloro). Con più ci avviciniamo al punto B più aumenta la quantità di cloro residuo e di cloro combinato finché si raggiunge un punto detto di "rottura" dove la quantità di cloro combinato non può aumentare per assenza di sostanze ossidabili già impegnate con il cloro. Il crollo della cloro-ricchezza ci è indicato dal punto C, punto fino a cui dobbiamo aggiungere cloro, ma oltre al quale è inutile andare in quanto si ha l'acido ipocloroso nella sua forma inattiva (cloro residuo libero).

Questo metodo di clorazione è tra i più raffinati e recenti; considerando poi che l'acqua dopo questa clorazione subirà la filtrazione prima con la sabbia poi con il carbone attivo granulare che tratterà tutto il cloro residuo, si intuisce che individuare esattamente il punto di rottura comporta un notevole risparmio economico alle aziende acquedottistiche oltre che ad un abbattimento completo degli inquinanti.

La clorazione con Biossido di cloro in genere viene eseguita come parte terminale della filiera di lavorazione dell'acqua in quanto è tra i più energici battericidi, uccide le spore (forme di resistenza alle avversità ambientali di batteri, animali, vegetali, funghi), ma non interviene nell'abbattimento di alcune sostanze che debbono essere tolte durante la lavorazione dell'acqua. Il biossido di cloro viene aggiunto all'acqua in uscita dalle centrali di potabilizzazione in quantità tali da garantire il mantenimento dell'acqua incontaminata fino al raggiungimento dei rubinetti degli utenti e varia tra i 0.2 – 0.5 mg/litro.

Altro agente chimico usato per pulire l'acqua è l'Ozono, molecola di ossigeno triatomica O_3 . Viene preparato al momento dell'utilizzo con uno strumento chiamato Ozonizzatore, dove l'ossigeno viene sottoposto a forti scariche elettriche trasformandosi in ozono: $3\text{O}_2 + 67,8 \text{ KCal} \longrightarrow 2\text{O}_3$

Questa è una reazione endotermica cioè assorbe luce e calore; l'ozono che si forma è una sostanza ad elevato contenuto energetico ed instabile cioè tende a reagire subito per portarsi ad un livello di energia inferiore ma stabile. Di conseguenza si decompone facilmente: $\text{O}_3 \longrightarrow \text{O}_2 + \text{O}$. Si forma una molecola di ossigeno biatomico ed un atomo di ossigeno dotato di un fortissimo potere ossidante. L'ozono possiede un potenziale di ossido-riduzione più elevato del cloro, esercita una maggior attività ossidante, battericida, virulicida più velocemente del cloro; è considerato l'ossidante più energetico nella rimozione degli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici). L'uso dell'ozono non ha effetti molesti secondari in quanto non altera il colore, l'odore. In Italia esistono impianti che eseguono il trattamento con l'ozono, ma l'azione del disinfettante che, per legge deve essere presente nelle acque condottate, viene mantenuta dal biossido di cloro.

Il cloro può reagire con la sostanza organica formando i "cloroderivati" o "alogeno derivati" che includono la formazione dei "trialometani (THM)" e sono: cloroformio (CHCl_3), bromodiclorometano (CHBrCl_2), bromoformio o tribromometano (CHBr_3), dicloriodiometano (CHCl_2I). Molti di questi si trovano in natura e derivano da processi putrefattivi o da processi di bromurazione, iodurazione, clorurazione del metano. L'interesse di questi composti deriva dal sospetto di tossicità e cancerogenicità, limite ammesso 100 µg/litro. Gli alogeno – derivati hanno lo stesso interesse, dal punto di vista della salute umana, dei trialometani; la loro concentrazione in acqua è tollerata fino a 1 µg/litro.

“La distribuzione” >**Scheda 6**: raccolta e resa potabile l’acqua, necessita ora di essere portata al centro urbano e distribuita al consumatore. Abbiamo già accennato agli acquedotti romani che condottavano con canalini a cielo libero, ma questi per ragioni igienico – sanitarie sono stati abbandonati. Oggi si usano le condotte forzate cioè dei tubi metallici di ghisa o di acciaio di diametro appropriato al numero di utenti che debbono essere riforniti di acqua. In questi tubi l’acqua scorre in pressione (per evitare le infiltrazioni dall’esterno) e sempre pieni. Sappiamo che il fabbisogno di acqua da parte di un centro abitato subisce fluttuazioni considerevoli durante il giorno. E’ conveniente quindi immagazzinare l’acqua in prossimità dell’aggregato urbano per far fronte agli ingenti bisogni durante le ore di punta. Abbiamo quindi i serbatoi che accumulano l’acqua, i serbatoi di compensazione che possono essere quelle strutture con una vaga forma di fungo molto alte o torri vere e proprie (alte circa tra i 40-60 metri). Queste strutture, riconoscibili perché alte, sono collegate tra loro dalla rete di distribuzione e servono, oltre a controllare il consumo, ad evitare cadute di pressione o aumenti di pressione improvvisi all’interno delle condotte.

All’interno delle tubazioni avvengono fenomeni di incrostazione, corrosione, formazione di biofilms che possono alterare le caratteristiche dell’acqua; per esempio l’acqua gialla è un’acqua che ha avuto una elevata quantità di ferro (spesso sono proprio le tubazioni di casa a cederla) ecc. A tale scopo si effettuano lavaggi per sanare e pulire le condotte.

“Il Laboratorio” >**Scheda 7**: dal 1988, cioè dall’entrata in vigore del DPR 24/05/1988 n. 236, viene definito in maniera univoca il concetto di acqua potabile, fissando le sue caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche, cioè tutti quei parametri per i quali diciamo che l’acqua è potabile. In dettaglio i requisiti di qualità di un’acqua sono definiti da:

- 4 parametri organolettici
- 15 parametri chimico – fisici
- 24 parametri concernenti le sostanze indesiderate
- 13 parametri concernenti le sostanze tossiche
- 6 parametri microbiologici

4 parametri organolettici: Colore, Torbidità, Odore, Sapore.

15 parametri chimico – fisici: Temperatura, Concentrazione ioni idrogeno (pH), Conducibilità elettrica, Cloruri, Solfati, Silice, Calcio, Magnesio, Sodio, Potassio, Alluminio, Durezza Totale, Residuo Fisso, Ossigeno disciolto, Anidride Carbonica.

24 parametri concernenti le sostanze indesiderate: Nitrati, Nitriti, Ammoniaca, Azoto Kjeldahl, Ossidabilità, Carbonio organico Totale, Idrogeno Solforato, Sostanze Estraiibili con cloroformio, Idrocarburi disciolti, Oli minerali, Fenoli, Boro, Tensioattivi, Composti Organo Alogenati, Ferro, Manganese, Rame, Zinco, Fosforo, Fluoro, Cobalto, Materiale in Sospensione, Cloro Residuo, Bario, Argento.

13 parametri concernenti le sostanze tossiche: Arsenico, Berillio, Cadmio, Cianuri, Cromo, Mercurio, Nichel, Piombo, Antimonio, Selenio, Vanadio, Antiparassitari, Idrocarburi Policiclici Aromatici.

6 parametri microbiologici: Coliformi totali, Coliformi fecali, Streptococchi fecali, Spore di clostridi solfito riduttore, Conta totale colonie, Conta colonie per acque confezionate.

Quando un'acqua sottende a tutti questi parametri di qualità verrà definita dall'Autorità Sanitaria preposta come potabile. È evidente che bisogna avere la certezza che tutti questi parametri di qualità vengano mantenuti nel corso del tempo. Il DPR n. 236 fissa la frequenza con cui tali parametri debbano essere analizzati. Tale frequenza è in funzione sia della popolazione servita sia dei parametri stessi; per esempio diciamo che i coliformi totali vanno analizzati almeno 120 volte in un anno se la popolazione servita arriva fino a 100.000 unità, ben 360 volte all'anno se la popolazione servita supera il milione di unità mentre il dosaggio del piombo va effettuato almeno 12 volte in un anno per popolazione di 100.000 unità e almeno 20 volte se la popolazione servita supera il milione. Gli organi preposti al monitoraggio e all'analisi di questi parametri sono le ARPA (Agenzie Regionali Protezione Ambientale) che con la frequenza del DPR controllano le Centrali di Produzione Acqua Potabile e il contenuto idrico delle reti di distribuzione sul territorio. Parallelamente esistono controlli periodici, con frequenza maggiore al DPR, eseguiti presso laboratori privati degli Enti Erogatori (Centrali di Produzione Acqua Potabile); mensilmente tutte le analisi vengono trasmesse alle ARPA, le quali possono effettuare controlli incrociati con i risultati delle analisi. Dal 25/12/2003 la legge in vigore è il Decreto Legislativo del 02/02/2001 n.31 con aggiornamento dove sono stati apportati dei cambiamenti tecnici per gli addetti ai lavori, ma la materia legislativa non è stata variata. Anche i metodi di ricerca usati nei laboratori sono scritti da organi riconosciuti dallo Stato e a livello Europeo; si tratta dell'Istituto Superiore della Sanità (ISS) che con un gruppo di ricercatori IRSA (Istituto Ricerca Sperimentazione Ambientale) e altri enti riconosciuti (ISPEL, UNI e altri) stabiliscono i metodi e i materiali di ricerca.

CADF

La Fabbrica dell'Acqua

“Le Acque di Scarico” >[Scheda 8](#)

Si definiscono rifiuti liquidi tutte le acque usate, che, per il loro contenuto in Sostanze Organiche sospese e disciolte ed in Microrganismi patogeni, possono essere di pregiudizio alla salute umana. Si distinguono:

- Acque Nere: acque cloacali provenienti dai bagni, stalle, lavabi, lavanderie, piscine, acque di rifiuto industriale
- Acque Bianche: acque meteoriche provenienti dai tetti e dalle strade

L'importanza dal punto di vista igienico-sanitario di queste acque di rifiuto risiede in quattro caratteristiche possedute in modo diseguale dai diversi tipi di acqua di scarico:

- 1) **PUTRESCIBILITA'**: i rifiuti organici e fognari vengono attaccati da una ricca flora microbica che li trasforma in numerosi prodotti, alcuni dei quali di odore ripugnante (H_2S , NH_3 , CH_4 , acidi grassi, ecc.)
- 2) **CARICA MICROBICA PATOGENA**: può sopravvivere per lunghi periodi nei rifiuti organici con uova, larve ecc. ed essere parassiti per l'uomo. I microrganismi più facilmente reperibili sono quelli responsabili del tifo e della dissenteria oltre a brucelle, micobatteri, bacilli ecc. Il pericolo per l'uomo può avvenire per trasmissione diretta cioè per contatto o indiretta tramite insetti o uso di acqua contaminata da acque luride.
- 3) **TOSSICITA'**: può riguardare l'uomo, gli animali, la vegetazione ed è collegata principalmente agli scarichi industriali con sostanze tossiche come: cianuri, cloro, solfuri, fenoli, coloranti, acidi, basi, metalli pesanti ecc. Anche le acque di rifiuto agricole possono risultare pericolose per la presenza di antiparassitari organofosforici e organoclorurati (erbicidi, larvicidi, fungicidi, rodenticidi, ecc.) e per la presenza di fertilizzanti come i sali di azoto e di fosforo.
- 4) **EFFETTO ANTIESTETICO**: è determinato soprattutto dalla formazione della schiuma dovuta alla presenza di detersivi; colorazioni anormali; comparsa di chiazze oleose; odori ripugnanti ecc.

Tra le acque di scarico industriale che possono contenere microrganismi patogeni si segnalano i macelli, le industrie che lavorano la pelle, pellicce, setole, ossa, produttori di farina di pesce, fabbriche di latticini, ecc. L'acqua di fogna di origine domestica è una soluzione acquosa, debolmente alcalina, contenente sostanze organiche e inorganiche, solide sospese colloidali e microrganismi. Sono presenti anche i prodotti finali del metabolismo come urine, feci, residui di cibi, bevande, sapone detergente, carta, residui di plastica. I liquami cloacali, nei paesi civili, hanno la stessa composizione chimica, ma varia la concentrazione di alcuni componenti. Altro fattore che influisce sul liquame è la quantità di acqua versata nella rete fognaria giornalmente per abitante. Questo volume è in rapporto con il consumo medio di acqua per usi domestici per abitante al giorno.

Nazione	consumo d'acqua l / abitante / giorno	anno
Inghilterra	150	1957
Scozia	190 – 230	1957
Svizzera	340 – 500	1963
Cecoslovacchia	265	1969
Italia	230	1969
Francia	210	1966
U.S.A	630	1960

I parametri chimici da analizzare in queste acque sporche sono:

sostanze sospese: sostanze che pur essendo uniformemente distribuite nella massa liquida formano un miscuglio meccanico

sostanze sedimentabili: sono tutte quelle sostanze che hanno la tendenza spontanea ad adagiarsi sul fondo

BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand): indica la quantità di ossigeno necessaria per l'ossidazione delle sostanze organiche nell'arco di 5 giorni. In realtà in 5 giorni, corrisponde al 68 – 75% del consumo globale di ossigeno.

COD: (Chemical Oxygen Demand): quantità di ossigeno richiesta per la totale ossidazione chimica delle sostanze organiche ed inorganiche ossidabili

TOC (Total Organic Carbon): è la determinazione del carbonio organico totale contenuto in un liquame

Azoto totale

Azoto ammoniacale

Essendo costante il contributo medio del singolo abitante, la “forza” cioè la concentrazione di alcuni componenti dipendono dal volume di acqua versato in rete.

La raccolta dei rifiuti liquidi avviene con la fognatura che può essere statica (raccolta di liquami in particolari contenitori “pozzi neri” nei quali il liquame soggiorna per un tempo più o meno lungo e va incontro al processo della putrefazione in assenza di ossigeno metabolismo anaerobico) o dinamica (in continuo si ha l’allontanamento dei liquami che vengono convogliati in un luogo di smaltimento finale “il depuratore”).

La fognatura dinamica può essere realizzata con un sistema unitario, ciò comprende un’unica rete per acque bianche e nere, oppure può essere a sistema separato con due reti una per le acque bianche ed una per le nere, oppure può essere a sistema misto unico, sistema per acque bianche, nere e di lavaggio autostradale e meteoriche.

“La depurazione delle Acque di Scarico” >[Scheda 9](#)

I liquami, trasportati con appositi mezzi quando provengono dai pozzi neri o convogliati direttamente nel caso di fognatura dinamica, prima di essere avviati al vero e proprio sistema di smaltimento, vengono sottoposti ad una serie di pretrattamenti con lo scopo di alleggerire il compito dei processi depurativi.

Pretrattamenti: la grigliatura provvede a separare dal liquame le sostanze solide più grosse come carte, plastica ecc. Queste saranno triturate e reimmesse nei liquami per subire i successivi trattamenti. La de-sabbiatura toglie sabbia e detriti minerali e consiste nel far passare il liquame in vasche a bassa velocità. Deoleazione o sgrassatura, con cui vengono eliminate le sostanze grasse sfruttando il minor peso specifico rispetto all’acqua e asportate per sfioro. Con la sedimentazione vengono separate le sostanze organiche (viene abbattuto il 40% del BOD).

Il fango che si raccoglie sul fondo delle vasche, dopo questi pretrattamenti, viene allontanato mediante aspirazione e segue il destino dei fanghi che si formeranno nei trattamenti successivi.

Dopo i pretrattamenti i liquami possono essere smaltiti in tre modi:

Smaltimento naturale: irrigazione, immissione in corpi idrici (diluizione in fiumi, mari, ecc.). Questo tipo di smaltimento può compromettere la flora e la fauna acquatica e portare malattie all’uomo, i batteri anaerobi prevarrebbero determinando la demolizione delle sostanze organiche che verrebbero trasformate in sostanze maleodoranti e nocive.

Smaltimento artificiale: metodi aerobi, metodi anaerobi (depuratore)

I sistemi di smaltimento in via artificiale comprendono un trattamento primario, che corrisponde ai pre-trattamenti appena descritti, ed un trattamento secondario, che mira ad eliminare le sostanze organiche che consumano ossigeno con metodi biologici, aerobi ed anaerobi.

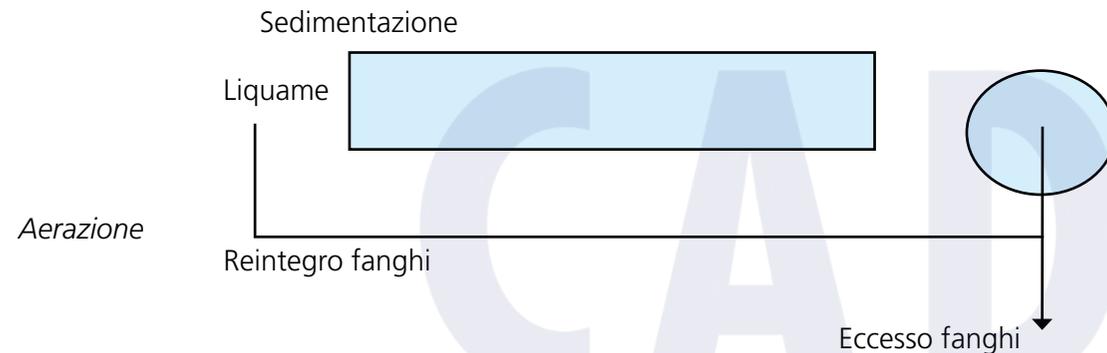
Metodi Aerobi

Filtrazione biologica: consiste nel passaggio del liquame attraverso un mezzo filtrante formato da pietrisco, ciottoli, scorie di carbone o altro materiale che serve da supporto e habitat ad una popolazione biologica aerobia (schizomiceti, funghi, protozoi) che forma un film gelatinoso.

Filtri o letti percolatori: il liquame viene distribuito sulla sommità di un letto in modo da arricchirsi di ossigeno, filtra subendo un processo di depurazione ossidativa e si raccoglie infine in una canaletta perimetrale. La sostanza organica viene mineralizzata diventando color bruno scuro, simile all'humus naturale. I filtri percolatori necessitano di un tempo di maturazione perché si formi il film biologico.

Filtrazione biologica e filtri percolatori sono efficienti ma presentano alcuni inconvenienti non trascurabili come produzione di cattivi odori, sviluppo di insetti, notevole superficie di ingombro.

Metodo dei fanghi attivi, schema:



Il metodo della depurazione a fanghi attivi si basa sul fatto che aerando intensamente un liquame nel quale venga aggiunta una certa quantità di fango ricco di microrganismi ossidanti, se ne ottiene la depurazione in poche ore. I protozoi ciliati sono i più attivi nella depurazione. Gli impianti a fanghi attivi producono una gran massa di fango; dopo il trattamento in vasche ben aerate, il liquido passa in vasche di sedimentazione dove il fango precipita, una parte di esso viene reimpressa nel bacino del trattamento primario, cioè serve da inoculo per i liquami in arrivo, ed una parte viene eliminata. I processi che si verificano sono:

- flocculazione dei colloidi vasche di chiariflocculazione
- ossidazione sostanze organiche vasche di ossidazione
- ossidazione dell'ammoniaca a nitrato vasche di nitrificazione

Particolare importanza assume la disponibilità di sostanze nutritive poiché sia in difetto che in eccesso (fosforo e azoto) possono portare a rallentare il processo depurativo e alla perdita della capacità del fango di sedimentare per diminuzione del peso specifico "bulking".

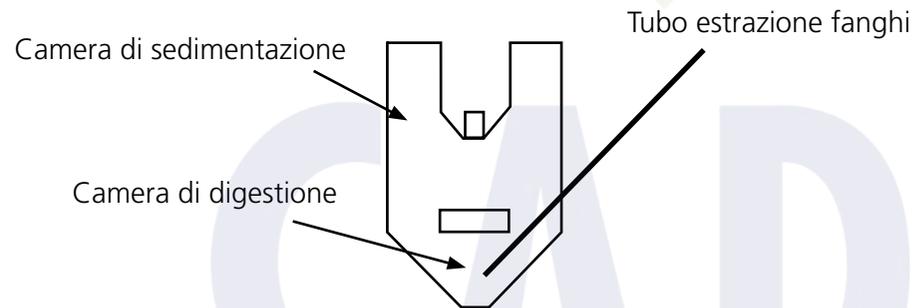
Il metodo a fanghi attivi consente una riduzione dell' 80 – 90% del BOD.

Percolatori sommersi o biodischi: altro metodo aerobio biologico per la depurazione dei liquami. Consistono in una serie di dischi di materiale plastico su un albero rotante e semisommersi in bacini artificiali. La biomassa che cresce sui biodischi assorbe durante l'immersione una notevole quantità di materiale organico che si ossigena durante l'emersione. Abbattono il 90% del BOD, ma sono adatti ad impianti piccoli.

Metodi Anaerobi

Si tratta di lasciare a se i liquami in modo che si decompongano lentamente con produzione di gas contenente metano e anidride carbonica. Particolarmente indicati per piccoli insediamenti sono le vasche settiche Emscher o Imhoff, dove la sedimentazione avviene in due compartimenti intercomunicanti tramite fessura; nella parte inferiore si deposita il fango ove si svolge la digestione anaerobia.

Sezione vasca Imhoff



I gas che vengono sviluppati dentro queste vasche possono essere raccolti e usati per il riscaldamento. Di tanto in tanto è necessario asportare il fango digerito; esso si presenta di colore nerastro e privo di odore sgradevole, è usabile come fertilizzante.

Con i metodi meccanici biologici descritti per il trattamento delle acque di scarico, si ha l'eliminazione dell'80 – 90 % delle sostanze organiche e del 20 – 50 % dei composti dell'azoto e del fosforo; questi risultati sono accettabili se l'effluente si immette in acque correnti. L'eccessivo apporto di fosforo e azoto e altre sostanze nutritive in acque costiere stagnanti può risultare estremamente dannoso provocando il fenomeno dell'eutrofizzazione. Può essere necessario un trattamento terziario atto ad eliminare composti organici, azoto, fosforo, per acque particolarmente ricche. Il terzo stadio comprende: coagulazione, adsorbimento, ossidazione chimica, microgrigliatura.

L'eliminazione dell'azoto può essere eseguita con la denitrificazione microbica, cioè con l'azione di batteri aerobi facoltativi che utilizzano l'ossigeno dei nitriti e dei nitrati per la loro respirazione, riducendo i composti azotati fino ad azoto gassoso.

I fosfati vengono eliminati con la coagulazione, aggiungendo cloruro ferrico o idrato di calcio, accoppiandola a trattamenti biologici aerobi.

Durante questi processi depurativi vengono prodotti dei fanghi semiliquidi.

Esistono tre tipi di fanghi:

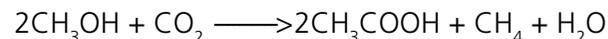
1. Fanghi derivati dalla sedimentazione primaria di colore grigio scuro, nauseabondi, abbastanza sedimentabili
2. Fanghi di humus provenienti dai filtri percolatori, di colore bruno di odore non sgradevole, difficilmente disidratabili
3. Fanghi attivi simili ai precedenti ma ancora meno sedimentabili e disidratabili

Tipo di fango	Contenuto idrico in %
Sedimentazione primaria	
Fango fresco	97.5
Fango fresco ispessito	95.0
Fango digerito umido	87.0
Fango digerito essiccato	55.0

I fanghi prima di essere avviati ai diversi tipi di trattamenti subiscono l'ispessimento avente la funzione di ridurre il contenuto idrico ed il peso specifico. Vengono immessi in particolari bacini circolari con fondo conico dove si raccoglie il fango che si è in parte liberato dell'acqua.

Tra i metodi di trattamento vero e proprio quello più diffuso è la digestione anaerobica che si svolge in due stadi:

1. Scissione idrolitica o fermentazione acida, gestita da microrganismi idrolitici che attaccano la sostanza organica producendo principalmente grassi
2. Fermentazione alcalina, gestita da microrganismi che producono anidride carbonica e la riducono a metano



La reazione avviene in condizioni di stretta anaerobiosi con un pH compreso tra 6.4 – 7.4. Il gas prodotto durante questa fermentazione contiene il 65–75% di metano e il 25–35% di anidride carbonica; è quindi un buon combustibile che può essere utilizzato. Questo processo biochimico è condotto da due diversi tipi di batteri detti mesofili (lavorano alla temperatura di 29 – 40 °C) e termofili (optimum 50 – 57 °C).

I fanghi che completano la digestione vengono estratti dal fondo del digestore e hanno un volume ridotto (al 60 – 65%) non presentano cattivi odori. La fase liquida contenuta all'interno del digestore viene mandata al trattamento biologico mentre il fango alla pressatura. Compresso il fango può essere utilizzato come concime o combustibile, oppure può essere essiccato in letti di essiccamento e ammassato come rifiuto.

Le acque residue dei trattamenti industriali possono essere smaltite secondo differenti sistemi in base alla loro composizione e volume.

Lo scarico diretto in acque pubbliche è consentito per acque a bassa nocività e volume limitato.

Lo scarico diretto nella rete fognaria comunale è consentito se la rete fognaria è dotata di impianto di depurazione terminale e comunque se lo scarico non contiene sostanze tossiche o aggressive capaci di danneggiare manufatti e batteri implicati nella depurazione. Spesso le industrie si corredano di depuratore interno che determina il primo pretrattamento all'interno dello stabilimento seguito da scarico nella rete fognaria comunale.

Per gli effluenti che provengono da ospedali, sanatori e alcune industrie (concerie, industrie del latte e derivati ecc.), lo scarico viene sottoposto ad idonea disinfezione o con basso dosaggio del cloro (potrebbe causare gravi inconvenienti alla fauna acquatica del corpo idrico) o con ozono.