

Acque ad uso umano

Cenni sulle origini, la composizione, i metodi di trattamento



INDICE

1.- Cenni sulle origini	1
1.1.- L'acqua: cos'è e come arriva a noi	3
1.2.- L'acqua potabile	3
2.- La composizione dell'acqua	4
2.1.- Principali costituenti dell'acqua	4
2.2.- Principali contaminanti chimici inorganici	5
2.2.1.- Lo ione ammonio	5
2.2.2.- Nitriti e nitrati	5
2.2.3.- Caratteristiche organolettiche	5
2.2.4.- Metalli pesanti	6
2.3.- Principali contaminanti chimici organici	6
2.4.- Principali contaminanti microbiologici	8
3.- Tipologia delle analisi consigliabili	8
3.1.- Valori limite per le acque ad uso umano	9
4.- I metodi di trattamento delle acque potabili	11
4.1.- Potabilizzazione	11
4.2.- Filtrazione	11
4.3.- Chiarificazione	11
4.4.- Sedimentazione e decantazione	11
4.5.- Sterilizzazione e disinfezione	12
4.6.- Deodorazione, decolorazione, rimozione delle sostanze organiche	12
4.7.- Addolcimento	12
4.8.- Distillazione	12
4.9.- Demineralizzazione	12

4.10.- Desalinizzazione – Osmosi inversa	12
4.11.- Condizionamento chimico	12
5.- Acque minerali naturali	13
5.1.- Come “leggere” l’acqua minerale	14
5.2.- Consigli utili per la scelta dell’acqua minerale	14
5.2.1.- Residuo fisso	14
5.2.2.- Acque ad uso alimentare	15
5.2.3.- Acque oligominerali o leggermente mineralizzate	15
5.2.4.- Acque ricche di sali minerali	15
5.2.5.- Acque curative	15
5.2.6.- pH	15
5.2.7.- Conducibilità elettrica	15
5.2.8.- Durezza	16
5.3.- I componenti principali delle acque minerali	16
5.3.1.- Cationi	16
5.3.1a.- Sodio	16
5.3.1b.- Potassio	17
5.3.1c.- Calcio	17
5.3.1d.- Magnesio	17
5.3.2.- Anioni	17
5.3.2a.- Cloruri	17
5.3.2b.- Solfati	17
5.3.2c.- Bicarbonato	18
5.3.2d.- Fluoruri	18
5.3.2e.- Nitrati	18
5.3.2f.- Elementi in traccia	18
6.- Acque di sorgente	19
7.- Acque termali	19
8.- Appendice	21
8.1.- La filtrazione dell’acqua	22
8.2.- L’addolcimento dell’acqua	24
8.3.- La demineralizzazione dell’acqua	27
8.4.- La deferrizzazione dell’acqua	32
8.5.- I carboni attivi	34

Il materiale riportato in questo documento è stato tratto da:

<http://www.arpat.toscana.it> (Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana)
<http://www.nobelitaly.it> (Nobel - Impianti di trattamento dell’acqua)

Acque ad uso umano

1.- Cenni sulle origini

Sotto la dizione "acque ad uso umano", che non è una definizione ufficiale, vengono raggruppate tutte le tipologie di acque che, secondo l'attuale normativa, sono distinte in acque potabili, di sorgente, minerali-naturali e termali.

1.1.- L'acqua: cos'è e come arriva a noi

L'acqua, sostanza primaria per l'esistenza della vita, si muove continuamente nel ciclo naturale evaporazione-condensazione. Infatti, il calore del sole provoca l'evaporazione delle acque di superficie (fiumi, laghi, mari, ecc.), l'acqua evaporata forma i corpi nuvolosi dai quali hanno origine le precipitazioni atmosferiche che riportano l'acqua sulla superficie terrestre. Parte di quest'acqua scorre superficialmente formando i fiumi, parte si infiltra nel sottosuolo e, attraverso percorsi più o meno complessi, ne fuoriesce spontaneamente dalle sorgenti o forzatamente dai pozzi costruiti dall'uomo.

L'acqua che di per sé è un composto chimico unico, ben definito: H_2O ; ovvero due atomi di idrogeno (H_2) e un atomo di ossigeno (O), in realtà contiene numerose sostanze disciolte di qualità e in quantità variabili, a seconda del percorso sotterraneo effettuato e delle sostanze che costituiscono le falde attraversate.

Mentre con l'evaporazione, l'acqua si distilla, ovvero abbandona i sali minerali e le sostanze in essa disciolte, nel percorso atmosferico, inizia il processo di arricchimento/assorbimento di sostanze presenti nell'aria e, al contatto del terreno dopo la precipitazione, l'acqua inizia a sciogliere e a trascinare con sé parte delle sostanze con cui viene a contatto come sabbia, terriccio, sostanze organiche, inquinanti lasciati dall'uomo (concimi, insetticidi, pesticidi, rifiuti in genere).

Nella fase di infiltrazione nel terreno, l'acqua si purifica, nel senso che subisce una filtrazione naturale dovuta al passaggio lentissimo attraverso i vari strati del sottosuolo; processo che permette anche la degradazione della maggior parte degli inquinanti naturali. Contemporaneamente, l'acqua scioglie i sali minerali che incontra, in misura diversa in funzione della loro natura e del tempo di contatto. Questo processo di arricchimento prosegue fino al momento in cui l'acqua ritorna al mare. Quando l'uomo, per i propri bisogni, attinge dell'acqua in un determinato punto del suo ciclo naturale, deve valutare l'idoneità di quest'acqua per i propri scopi.

1.2.- L'acqua potabile

L'acqua viene definita potabile quando le sue caratteristiche sono tali da permetterne l'uso prolungato nell'alimentazione umana senza provocare danni fisiologici. L'acqua non deve quindi contenere sali tossici (generalmente da metalli pesanti: nichel, cromo, cobalto, mercurio, ecc.), sostanze organiche riconosciute tossiche (prodotti della decomposizione organica o inquinanti quali insetticidi, pesticidi, diserbanti, ecc.), né batteri che potrebbero dare luogo a vere e proprie manifestazioni patologiche.

In alcuni casi un'acqua, anche se definita potabile, può non essere indicata per persone predisposte per particolari disfunzioni fisiologiche. Ad esempio, l'acqua fortemente calcarea è sconsigliata a soggetti con predisposizione ai calcoli renali, mentre la stessa acqua è benefica per l'apporto di calcio al sistema osseo. La presenza di particolari sostanze potrebbe conferire all'acqua odori e sapori sgradevoli, ma ciò, in concentrazioni molto basse, può non incidere sulla potabilità dell'acqua stessa (sapore di cloro, ferruginoso, ecc.).

Da quanto fino ad ora esposto, risulta chiaro che i parametri in grado di definire se un'acqua potabile, sono numerosissimi e spesso non qualificabili con esattezza (ad esempio, alcuni parametri sono interdipendenti tra di loro).

Dal punto di vista giuridico-sanitario, la legislazione vigente stabilisce dei valori guida e dei valori limite ammessi delle concentrazioni delle varie sostanze, ai fini della potabilità dell'acqua.

Qualsiasi tipo di acqua può, più o meno facilmente, essere "trattata", ovvero modificata nelle sue caratteristiche in modo che le stesse rientrino nei parametri di potabilità.

Per acque potabili si intendono principalmente le acque distribuite tramite pubblici acquedotti, ma anche in cisterne, in bottiglie e altri contenitori, impiegate per usi domestici, nelle industrie alimentari e nella preparazione dei cibi e bevande.

Le fonti di approvvigionamento possono essere diverse: si possono usare sia acque sotterranee che superficiali anche salmastre, se opportunamente trattate.

Per essere considerata potabile un'acqua deve presentare alcuni requisiti, in particolare quelli stabiliti da apposite norme (DPR 236 del 24 maggio 1988 n° 236 e dal Decreto legislativo 2 febbraio 2001 n° 31, quest'ultimo di prossima attuazione), che riportano le concentrazioni massime ammissibili (C.M.A.) per le sostanze che possono essere presenti nell'acqua destinata al consumo umano: il superamento di un solo dei parametri previsti determina la non potabilità di un'acqua. I limiti sono stabiliti tenendo conto dell'assunzione massima giornaliera su lunghi periodi, della natura del contaminante e della sua eventuale tossicità.

Nella maggior parte degli acquedotti le acque sono sottoposte a disinfezione. Ad eccezione del trattamento con raggi ultravioletti, la disinfezione comporta sempre il contatto con sostanze chimiche che lasciano "tracce" e alterazioni dell'acqua; i composti del cloro, comunemente impiegati per tale scopo, determinano la formazione di derivati organoalogenati, sostanze dotate di una tossicità più o meno elevata in funzione della loro natura e quantità. Ne consegue che non tutte le acque di acquedotto manifestano quella "gradevolezza" che sarebbe necessaria per un loro impiego potabile: il trattamento di disinfezione, più o meno intenso, a cui deve essere sottoposta un'acqua da immettere in rete, modifica molto spesso i caratteri organolettici (odore e sapore).

Per questo motivo le acque di acquedotto vengono talvolta sottoposte a trattamenti, definiti genericamente (e impropriamente) di depurazione, sia presso l'utilizzo domestico, sia presso ristoranti, comunità e mense;

Le acque potabili possono venire distribuite anche tramite confezionamento in bottiglie o altri contenitori. Tutte le acque imbottigliate richiedono alcune cautele per la loro conservazione da parte dei consumatori: quando sono lasciate in bottiglie aperte in luoghi non idonei, assumono cattivi odori che non sono quasi mai imputabili alle caratteristiche dell'acqua in origine. Anche all'interno del frigorifero domestico, un'acqua in bottiglia aperta può assorbire sostanze che possono determinare un'alterazione dell'odore e del sapore.

2.- La composizione

2.1.- Principali costituenti dell'acqua

Le sostanze che si trovano disciolte nell'acqua sono sali che provengono dal naturale processo di dissoluzione dei minerali costituenti le rocce ed i suoli attraversati dall'acqua di origine piovana. Quest'acqua è povera di sostanze disciolte ma possiede un'azione "aggressiva" a causa dell'anidride carbonica raccolta dall'aria.

I sali sono presenti come particelle cariche sia positive che negative (ioni). La tipologia di sali presenti dipende dal tipo di roccia attraversata e dal tempo di contatto. Le rocce calcaree (marmo, dolomite ecc.) cedono ioni bicarbonato, calcio, magnesio; le rocce contenenti gesso (solfato di calcio) cedono oltre al calcio anche lo ione solfato; gli ioni sodio

e cloruro possono invece provenire da rocce contenenti cloruro di sodio. In certi casi il contenuto salino rimane pressoché costante nel tempo per qualità e quantità ed è tipico di quell'acqua.

Gli ioni presenti nell'acqua sono importanti per gli organismi viventi le cui cellule svolgono le varie funzioni perché sono immerse in soluzioni saline a concentrazione costante; i sali assunti con l'acqua contribuiscono a mantenerle nel giusto equilibrio.

L'acqua potabile è una soluzione di ioni (ione calcio, ione sodio, ione bicarbonato ecc..) in concentrazione ottimale; L'acqua distillata ad esempio è da considerare non potabile perché priva di sali disciolti, lo stesso vale per l'acqua piovana o di fusione della neve.

Ma quale è il quantitativo ideale degli ioni nell'acqua potabile? Già da molti anni ci sono studi in proposito che hanno stabilito queste quantità. Dal punto di vista legislativo è stato definito, per molte delle sostanze che possono essere presenti nell'acqua, un valore limite o una "soglia di concentrazione" che non deve essere superata; se in un'acqua sono presenti uno o più composti in quantità superiore al valore limite, essa non presenta più i requisiti di potabilità. La contaminazione di un'acqua può avere cause naturali o derivare dall'attività dell'uomo collegata ad insediamenti urbani, industriali o agricoli-zootecnici.

2.2.- Principali contaminanti chimici inorganici

2.2.1.- Lo ione ammonio (NH_4^+) deriva principalmente dalle deiezioni umane o animali dove è contenuto assieme all'urea risultante dal metabolismo delle proteine. La sua presenza nelle acque, specialmente in quelle sotterranee, è dovuta in alcuni casi a cause geologiche quali ad esempio la degradazione di materiale in via di fossilizzazione (resti di piante, giacimenti di torba, ecc.). Queste acque, con ione ammonio che può raggiungere valori elevati (5 - 10 mg/litro) ma pure dal un punto di vista microbiologico, possono essere considerate potabili se non ci sono alterazioni di altri parametri. Al contrario la sua presenza associata ad analisi microbiologiche sfavorevoli costituisce un sicuro indice di inquinamento da scarichi fognari o zootecnici. L'Organizzazione Mondiale della Sanità e la legislazione vigente in altre nazioni non fissano alcun limite per questa sostanza nelle acque potabili in virtù della sua possibile origine "naturale" e della sua trascurabile tossicità. In Italia invece la legge ha introdotto un valore limite pur classificando lo ione ammonio fra le "sostanze indesiderabili" e non fra le "sostanze tossiche".

2.2.2.- Nitriti e nitrati invece possono essere prodotti in natura da processi ossidativi dello ione ammonio oppure da fenomeni conseguenti all'impiego dei fertilizzanti azotati in agricoltura. Lo ione nitrato è infatti presente come componente di sali molto solubili impiegati come fertilizzanti, pertanto può passare velocemente nelle acque sotterranee per dilavamento del suolo agricolo. Esistono comunque trattamenti di potabilizzazione, tecnologicamente avanzati e piuttosto complessi, che permettono di ridurre la concentrazione di nitriti e nitrati fino alla loro totale eliminazione.

2.2.3.- Le caratteristiche organolettiche (colore, odore, sapore e torbidità) dell'acqua potabile possono essere alterate da sostanze di origine naturale. Le acque sotterranee sono generalmente povere d'ossigeno e riescono a tenere disciolte, mostrandosi limpide, **il ferro e il manganese** nella forma "ridotta" (ione "ferroso" e "manganoso") anche a concentrazioni superiori ai valori limite. Un'acqua sotterranea che contiene ferro e manganese in quantità elevate quando viene portata in superficie si trasforma in breve tempo (da pochi minuti a qualche ora) in una soluzione torbida e giallastra dall'aspetto poco invitante. In pratica il contatto con l'ossigeno atmosferico trasforma la forma ionica di questi materiali da "ridotta" a "ossidata" (ione "ferrico" e "manganico") e dà luogo a prodotti poco solubili. Si ha così la separazione per precipitazione di fanghiglie colorate dal giallo-ruggine al nero. Un'acqua con queste caratteristiche non presenta rischi sanitari, ma ha

caratteristiche indesiderabili: uno sgradevole sapore metallico, possibilità di dar luogo a fenomeni di corrosione delle tubature e di macchiare la biancheria durante il lavaggio. Gli acquedotti che attingono acque ricche di ferro e/o manganese dispongono di adeguati impianti per la rimozione di questi metalli.

Un'altra sostanza d'origine naturale che frequentemente altera la qualità dell'acqua di possibile uso potabile è l'acido solfidrico (o idrogeno solforato), un gas facilmente riconoscibile per il caratteristico odore di uova marce. Questa sostanza è ritenuta a torto un indice di scarsa qualità dell'acqua potabile: ci sono acque sotterranee contenenti acido solfidrico assolutamente pure da un punto di vista microbiologico, ed è noto da molti secoli l'impiego terapeutico delle acque sulfuree anche come bevande. La normativa delle acque potabili prevede che questa sostanza non sia presente nelle comuni acque potabili perché l'odore dell'acqua è sgradevole e perché è comunque sconsigliabile l'assunzione per lunghi periodi. L'acido solfidrico è facilmente eliminabile per ossigenazione.

La torbidità è un fattore che influenza frequentemente la qualità dell'acqua potabile: valori elevati possono essere dovuti a presenza di materiale argilloso oppure a idrossidi di ferro o alluminio, sostanze, queste ultime, usate nel processo di potabilizzazione delle acque superficiali e che possono erroneamente finire nella rete acquedottistica. Talvolta fenomeni di corrosione delle tubature danno luogo ad acque "rosse" per presenza di idrossido di ferro.

2.2.4.- I metalli pesanti. Tra i componenti inorganici che possono essere presenti nelle acque alcuni sono tossici: si tratta di quelli comunemente noti come "metalli pesanti" (**cadmio, cromo, piombo, arsenico, mercurio, nichel, ecc.**) pur rientrandovi anche elementi a basso peso atomico o che non manifestano proprietà tipicamente metalliche (**arsenico e selenio**).

I metalli pesanti possono essere presenti in natura o derivare da attività umane. Mentre nel primo caso si trovano nelle rocce quasi sempre sotto forma di composti pochissimo solubili (ossidi, solfuri, ecc.), così che le acque circolanti solo raramente risultano contaminate da questi metalli, i metalli pesanti rilasciati nell'ambiente dalle attività umane non sono sempre in forma innocua. I metalli pesanti, data la loro tossicità, hanno una soglia di concentrazione ammessa molto bassa, generalmente dell'ordine dei microgrammi (milionesimi di grammo) per litro. Un metallo è tanto più tossico quanto più basso è il suo valore limite: talvolta è sufficiente una quantità piccolissima di un qualsiasi metallo pesante per rendere un'acqua non idonea all'uso potabile: ad es. sono sufficienti 5 milligrammi di cadmio per contaminare 1 metro cubo di acqua; fanno eccezione il rame e lo zinco che per la loro minore tossicità hanno valori limite più alti.

2.3.- Principali contaminanti chimici organici

Fra le sostanze che possono contaminare le acque si trovano numerosi composti organici. Si tratta di sostanze che contengono carbonio e che sono presenti in natura ma che sono anche prodotte dall'attività umana (sono alla base della chimica della plastica, del legno, della carta, del petrolio e derivati, dei solventi delle vernici). La ricerca scientifica ne inventa continuamente di "nuovi" dalle proprietà tossicologiche sconosciute ed il cui destino, una volta immessi nell'ambiente, è incerto. Spesso si tratta di sostanze non degradabili o che impiegano tempi lunghissimi per decomporsi perché "sconosciute" ai microrganismi che operano la biodegradazione. Si ritiene che attualmente siano alcuni milioni le sostanze chimiche conosciute. Quelle effettivamente disponibili sul mercato sono circa 100.000 di cui circa 8000 tossiche e 200 ritenute cancerogene e sospette cancerogene; solo per 2100 prodotti sono stati individuati i rispettivi valori limite di tossicità. Ovviamente questi prodotti organici non sono tutti presenti contemporaneamente nell'ambiente: l'eventuale presenza in una zona è legato all'esistenza di industrie di produzione o all'utilizzo locale di singoli prodotti o classi di prodotti.

Tra i contaminanti organici si riscontrano più frequentemente:

- Trielina, tetracloroetilene e composti organoalogenati in genere; i primi due sono prodotti in uso nelle lavanderie e in industrie metalmeccaniche; nelle acque si possono incontrare anche altri solventi (1,2 dicloropropano, metilcloroformio, ecc.) comunemente usati per lo sgrassaggio dei pezzi meccanici.
- Idrocarburi; sono componenti delle benzine e degli oli lubrificanti; lo sversamento di queste sostanze nel suolo può determinare gravi inquinamenti delle acque.
- Aloformi (derivati alogenati del metano); fra questi si trova il cloroformio ed altri composti simili. La presenza di aloformi nelle acque potabili (di acquedotto) non è da collegarsi con i fenomeni di inquinamento del territorio: nella maggior parte dei casi queste sostanze si formano durante alcuni processi di potabilizzazione per reazione chimica del cloro, impiegato come disinfettante, con sostanze organiche naturali di origine vegetale sempre presenti nelle acque di approvvigionamento a livello di pochi mg/L.

2.4.- Principali contaminanti microbiologici

Sono microrganismi (invisibili ad occhio nudo) che, se ingeriti, possono provocare un danno alla salute del consumatore.

Le malattie che possono essere trasmesse dall'acqua sono alquanto numerose e sono causate da varie specie di microrganismi (dai più grandi ai più piccoli): elminti, protozoi, miceti (funghi), batteri e virus. Gli agenti patogeni più diffusi nei nostri climi sono riportati nella tabella che segue:

Agenti eziologici e patologie da ingestione di acqua contaminata

Classificazione	Patologia	Specie
Elminti (vermi)	Elminitiassi	Schistosoma (larva)
		Fasciola Epatica (larva)
		Taenia solium (uova)
		Echinococcus (uova)
Protozoi	Dissenteria amebica	Entameba histolitica
	Giardiasi	Giardia intestinalis
	Criptosporidiosi	Cryptosporidium parvum
Batteri	Tifo e paratifo	Salmonella typhi e paratyphi A e B + altre salmonelle
	Gastroenterite	Shigella (varie specie)
		Yersinia enterocolitica
		Escherichia coli (enteropatogeno)
Colera	Campylobacter jejuni	
Virus	Gastroenterite	Vibrio cholerae
		Adenoirus
		Echovirus
Epatite	Norwalk virus	
		Epatite A, Epatite E

Le acque potabili in natura sono sempre più rare, soprattutto per la contaminazione microbiologica. Solo le sorgenti di montagna, localizzate in aree dove sono assenti insediamenti umani, possono offrire buone garanzie di sicurezza; tuttavia già la presenza di animali selvatici può indurre fenomeni di contaminazione delle acque.

E' quindi sconsigliabile bere acqua non controllata perché non valgono requisiti come la limpidezza, la freschezza e l'isolamento della zona per garantire l'assenza di rischio. Anche l'acqua di pozzi profondi, che dovrebbe essere meglio protetta dall'inquinamento, non offre sempre garanzia di purezza perciò è opportuno controllarla periodicamente e all'occorrenza ricorrere a trattamenti di potabilizzazione.

3.- Tipologia delle analisi consigliabili

Un'acqua può essere dichiarata idonea all'uso potabile solo quando è stata analizzata sia sotto il profilo chimico che microbiologico: nessuna altra indicazione (l'assenza di torbidità, il senso di gradevolezza, l'isolamento ambientale del corso idrico o della sorgente) costituisce un elemento sufficiente per dichiarare un'acqua "buona" o esente da rischi.

Per le acque distribuite da reti acquedottistiche il tipo di controllo analitico e la frequenza sono dettati dalla legge.

Per gli approvvigionamenti privati, stabilito che le opere di captazione siano state fatte a regola d'arte, è consigliabile eseguire un'analisi di tipo batteriologico. Se questa ha esito favorevole si può procedere ad un'analisi chimica di base per caratterizzare il tipo d'acqua che si va ad impiegare. All'occorrenza vanno ricercati specifici contaminanti in relazione alle condizioni ambientali: presenza di industrie, agricoltura ecc.

Se l'esame batteriologico ha avuto esito sfavorevole o si abbandona la risorsa oppure si procede ugualmente agli esami chimici per meglio decidere sui trattamenti di potabilizzazione da eseguire.

3.1.- Valori limite per le acque ad uso umano

Le tabelle che seguono offrono un confronto fra i valori limite previsti per le varie tipologie di acque ad uso umano. Entrambe le tabelle riportano nella prima colonna i limiti previsti per le acque potabili dal DPR 236/88 che costituisce l'attuale normativa di riferimento, nella seconda colonna i limiti previsti dal Decreto Legislativo 2 febbraio 2001 n.31 che entrerà in vigore il 25 dicembre 2003.

Nella tabella 1, relativa ai parametri di composizione, si nota che per le acque potabili e di sorgente alcune sostanze non presentano valori limite (es. calcio, potassio, bicarbonati...) perchè queste sostanze non determinano rischi sanitari indipendentemente dalla loro concentrazione (fermo restando il non superamento della soglia di 1500 mg/L per il residuo fisso). Per le acque minerali la legge non prevede alcun limite, tuttavia, visto l'uso generalizzato come acque da tavola, è probabile che per alcuni parametri si proceda alla loro individuazione.

Tabella 1 - Confronto tra valori limite per i parametri di composizione in acque ad uso umano

Parametri	Unità di misura	Acque potabili (DPR 236/88) Acque di sorgente (D.lgs. 339/99)	Acque potabili (D. lgs. 31/01)	Acque minerali (Decreto 542/92)
Cloruri*	mg/L	200	250	-
Solfati	mg/L	250	250	-
Bicarbonati	mg/L	-	-	-
Sodio**	mg/L	150 - 175	200	-
Potassio	mg/L	-	-	-
Calcio	mg/L	-	-	-
Magnesio	mg/L	50	-	-
Residuo fisso	mg/L	1500	1500	-
Conducibilità	µS/cm a 20 °C	-	2500	-

* Per il parametro cloruri il DPR 236/88 non presenta una concentrazione massima ammissibile ma una "concentrazione che è opportuno non superare", pari appunto a 200 mg/L

** Per il sodio il DPR 236/88 indica due valori di concentrazione; la distinzione è stata superata dal D.Lgs 31/01 con la definizione di un unico valore

Nella tabella 2 è riportato il confronto tra i valori limite per le principali sostanze contaminanti in acque destinate al consumo umano e in acque minerali.

Tabella 2 - Confronto tra i valori limite per i principali contaminanti in acque destinate al consumo umano

Principali contaminanti	Unità di misura	Acque potabili (DPR 236/88) Acque di sorgente (D. lgs. 339/99)	Acque potabili (D. lgs. 31/01) di prossima attuazione	Acque minerali (Decreto 542/92 e Decreto 31/05/ 2001)
Antimonio	µg/L	10	5,0	-
Arsenico (As totale)	µg/L	50	10	50
Bario	mg/L	-	-	1
Benzene	µg/L	-	1,0	-
Benzo (a) pirene	µg/L	-	0,010	-
Boro (come B)	mg/L	1*	1,0	5,0
Cadmio	µg/L	5	5,0	3
Cianuro	µg/L	50	50	10
Cromo (Cr ^{III} + Cr ^{VI})	µg/L	50	50	50
Fenoli	µg/L	0,5	-	0,5
Piombo	µg/L	50	10 - 25	10
Mercurio	µg/L	1	1,0	1
Nichel	µg/L	50	20	-
Rame	µg/L	1000	1000	1000
Selenio	µg/L	10	10	10
Nitrati	mg/L NO ₃	50	50	45 _10 ^(**)
Nitriti	mg/L NO ₂	0,1	0,50	0,02
Idrocarburi	µg/L	10	-	10
Idrocarburi policiclici aromatici	µg/L	0,2	0,10	0,1 -0,05 (***)
Pesticidi e bifenili policlorurati	µg/L	0,5 in totale - 0,1 comp. separato	0,5 in totale - 0,1 comp. separato	0,5 in totale - 0,1 comp. separato
Tetracloroetilene e tricloroetilene	µg/L	30	10	0,1-0,5 (***)
Comp. organoalogenati	µg/L	30	30	0,1-0,5 (***)
Vanadio	µg/L	50	50	-
Zinco	µg/L	3000	-	-
Ammonio (come NH ₄)	mg/L	0,5	0,50	-
Alluminio	µg/L	200	200	-
Ferro	µg/L	200	200	-
Manganese	µg/L	50	50	2000
Tensioattivi anionici	µg/L	200	200	25-100(***)
Fluoruro	mg/L	0,7 - 1,5	1,50	-

* valore guida: il DPR 236/88 non presenta una concentrazione massima ammissibile per il boro
** valore relativo ad acque da usare per l'infanzia
*** valori limite variabili in funzione della tecnica analitica, comunque compresi nell'intervallo indicato (modifiche introdotte dal Decreto 31.05.01)

4.- I metodi di trattamento delle acque potabili

Le acque di acquedotto vengono talvolta sottoposte a trattamenti, definiti genericamente (ed impropriamente) di depurazione. Con questi trattamenti si rimuove principalmente l'odore di cloro, spesso si riduce la durezza, inoltre si possono effettuare aggiunte di anidride carbonica (gassatura), rendendo in molti casi (ma non sempre) l'acqua migliore sotto il profilo organolettico. Gli apparecchi di trattamento devono soddisfare quanto è previsto dal D. M. 21 dicembre 1990, n. 443. Generalmente le tecniche attuali consentono senza problemi di raggiungere le specifiche previste da questo decreto. Dov'è quindi il "lato oscuro"? Le criticità di questi sistemi si possono individuare sia nella scarsità dei controlli, sia nella difficoltà di tenere in buona efficienza un'apparecchiatura che richiede comunque manutenzione, sia, infine, nell'inutilità di sottoporre spesso ad addolcimento acque che non lo richiedono.

Dai dati analitici disponibili, si riscontrano spesso alterazioni evidenti della composizione nella maggior parte delle acque sottoposte ad analisi (campioni forniti da privati), principalmente per comparsa di sodio in concentrazioni elevate e per riduzione eccessiva della durezza. Meno informazioni si hanno sulle caratteristiche microbiologiche.

Per quanto riguarda altri aspetti, spesso si rimane perplessi quando in un ristorante viene servita acqua "depurata" in bottiglie di avvenente coreografia, ma con un contenuto anonimo e un prezzo anche superiore all'acqua minerale. Il sapore è certamente accettabile, ma come sarà stata trattata quest'acqua? Quale procedura per i controlli sarà stata adottata? Quando ci si trova in un ristorante, certamente non siamo nelle migliori condizioni per richiedere le specifiche di depurazione dell'acqua fornita.

Numerosissimi sono i trattamenti che possono essere effettuati sulle acque. Elenchiamo, di seguito i principali con i relativi campi di utilizzazione. Occorre tenere conto che, in molti casi, ogni trattamento può e deve essere abbinato ad altri al fine di raggiungere lo scopo desiderato.

4.1.- Potabilizzazione. In genere indica l'insieme di trattamenti che permettono di rendere potabile l'acqua che, in origine non lo sia. Fra questi ricordiamo: la filtrazione, la chiarificazione, la sterilizzazione, la desalinizzazione, (per acque salmastre o marine), ecc.

4.2.- Filtrazione. E' l'operazione che si effettua per rimuovere dall'acqua le sostanze solide in sospensione.

4.3.- Chiarificazione E' un particolare tipo di filtrazione che ha lo scopo di rimuovere sostanze solide in sospensione (acque torbide) difficilmente eliminabili con la semplice filtrazione. Essa viene effettuata su letti di sabbia, carboni, ecc., in un processo simile a quello naturale dell'infiltrazione nel terreno.

4.4.- Sedimentazione e decantazione E' un processo mediante il quale si fanno depositare le sostanze solide più pesanti presenti nell'acqua diminuendo così la quantità di materiale che si deposita sui filtri. La sedimentazione può essere coadiuvata con il processo di flocculazione, ovvero con l'aggiunta di condizionanti chimici che aiutano la precipitazione delle sostanze solide disperse.

4.5.- Sterilizzazione e disinfezione Sono trattamenti indispensabili per poter definire che un'acqua è potabile. Infatti, con questo trattamento, vengono eliminati virus e batteri che potrebbero causare alcune patologie.

La sterilizzazione e/o la disinfezione possono essere realizzate in vari modi, il più diffuso dei quali consiste nell'aggiunta di sodio ipoclorito all'acqua da disinfettare. Altri sistemi prevedono l'irraggiamento dell'acqua con i raggi UV, l'aggiunta di ozono e così via.

4.6.- Deodorazione, decolorazione, rimozione di sostanze organiche. La rimozione degli eccessi di cloro e delle sostanze che originano odori e sapori sgradevoli, degli inquinanti organici tossici (trielina, atrazina, ecc.) viene normalmente effettuata con passaggio dell'acqua su letti di carboni attivi. Per alcuni tipi di sostanze e in relazione alla loro concentrazione, si può operare la rimozione mediante stripping con aria in opportune torri di degasazione.

4.7.- Addolcimento L'addolcimento è l'operazione con la quale si eliminano dall'acqua il calcio e il magnesio. Questi due elementi, unitamente alla presenza di bicarbonati, sono le cause principali delle incrostazioni che si formano negli impianti termici (riscaldamento, lavatrici, lavastoviglie, ecc.) ed inoltre possono dare interferenza con altri prodotti in certi tipi di lavorazioni industriali. L'addolcimento viene normalmente realizzato mediante il passaggio dell'acqua su letti di resine a scambio ionico.

4.8. Distillazione. La distillazione si effettua facendo evaporare l'acqua e successivamente condensandola. In questo modo si ottiene acqua priva di sali in genere e contemporaneamente sterile, per effetto del calore. L'acqua distillata ha utilizzazioni farmaceutiche, di laboratorio, industriali.

4.9. Demineralizzazione. Con la demineralizzazione si ottiene acqua priva di sali senza l'ausilio del calore. Normalmente la demineralizzazione si effettua per mezzo di resine a scambio ionico ottenendo acqua con residuo salino inferiore a quello ottenuto con la distillazione; per contro l'acqua demineralizzata non è sterile. La tecnologia attuale permette di produrre a costi accettabili acqua demineralizzata con processo di osmosi inversa anche partendo da acque non salmastre. L'acqua demineralizzata ha innumerevoli utilizzazioni nel campo industriale (industria chimica, farmaceutica, alimentare, impianti termici ecc.).

4.10. Desalinizzazione - osmosi inversa. Questi processi permettono di ottenere acqua con un contenuto di sali accettabile, in relazione all'uso, a partire da acqua salmastra o marina. Questi trattamenti sono passaggio indispensabile per produrre acqua potabile dal mare e vengono realizzati utilizzando calore, distillazione o membrane osmotiche.

4.11. Condizionamento chimico. Con questo termine generico si indicano tutti i trattamenti che hanno lo scopo di modificare le caratteristiche dell'acqua mediante l'aggiunta di prodotti chimici. Con essi si tende quindi a limitare od esaltare, certe attitudini dell'acqua; ad esempio un'acqua con tendenza incrostante può essere additivata con particolari prodotti che impediscono la formazione di incrostazioni. Il condizionamento chimico ha innumerevoli applicazioni nel campo industriale.

Quanto accennato nella presente relazione informativa ha lo scopo di chiarire, per linee generali, cosa è l'acqua e quali sono i modi per "trattarla".

5.- Acque minerali naturali

L'acqua minerale naturale, di seguito definita per semplicità acqua minerale, è stata usata, principalmente in passato, come acqua con caratteristiche curative. In anni recenti l'uso di queste acque è divenuto principalmente quello di acque da tavola, in sostituzione delle acque di acquedotto. Le acque minerali possono avere proprietà favorevoli alla salute ma questa non è una caratteristica peculiare, infatti la normativa vigente le definisce come acque "...con caratteristiche igieniche particolari e, eventualmente, proprietà favorevoli alla salute".

La composizione di un'acqua minerale è definita da 48 parametri che costituiscono un insieme di sostanze che vengono sottoposte ad analisi per verificarne la qualità. La tipologia di questi parametri è definita dalla normativa, che stabilisce la ricerca e la determinazione dei componenti principali e dei possibili contaminanti.

Le etichette dei contenitori in cui sono commercializzate le acque riportano da questo punto di vista preziose informazioni.

DIPARTIMENTO PROVINCIALE A.R.P.A.T. di FIRENZE			
U.O. Tutela della Risorsa Idrica - (autorizzazione con D.M. 845 dell'11/10/1965)			
Esame chimico e chimico-fisico dell'acqua minerale naturale			
- (Prelievo effettuato il 18 maggio 1999)			
CARATTERISTICHE CHIMICHE E CHIMICO-FISICHE			
Temperatura dell'acqua (valore medio alle sorgenti) °C: 10,7; Conduttività elettrica specifica (µS/cm a 25°C): 262; pH a 20°C: 8,0; Residuo fisso a 180°C: mg/l 149;			
Durezza totale °F: 12,3; Ione nitroso mg/l NO ₂ ⁻ : N.R.; Ione ammonio mg/l NH ₄ ⁺ : N.R.; Anidride carbonica libera disciolta mg/l CO ₂ : 3,1.			
SOSTANZE DISCIOLTE IN UN LITRO D'ACQUA ESPRESSE IN mg/l			
cationi	Ione Sodio	Na ⁺	mg/l 5,1
	Ione Potassio	K ⁺	mg/l 0,7
	Ione Calcio	Ca ⁺²	mg/l 30,8
	Ione Magnesio	Mg ⁺²	mg/l 11,3
	Ione Fluoruro	F ⁻	mg/l <0,1
anioni	Ione Cloruro	Cl ⁻	mg/l 4,6
	Ione Nitrato	NO ₃ ⁻	mg/l 0,7
	Ione Solfato	SO ₄ ⁻²	mg/l 33,3
	Ione Idrogenocarbonato	HCO ₃ ⁻	mg/l 110
	Silice	SiO ₂	mg/l 9,4
L'analista Dr. Francesco Mantelli			
FIRENZE, 16 Giugno 1999			
E' responsabile U.O. Tutela della Risorsa Idrica D.ssa Elisabetta Pezzatini			
MICROBIOLOGICAMENTE PURA			
200 cl e			

L'acqua minerale si differenzia dall'acqua potabile sotto vari aspetti, innanzitutto per l'assenza di qualsiasi trattamento di disinfezione. Ne consegue che l'acqua minerale è spesso, anche se non sempre, di qualità superiore ad un'acqua potabile soprattutto nelle caratteristiche più evidenti come sapore e odore. Le acque minerali, pertanto, sono generalmente più gradevoli e garantiscono l'assenza di prodotti secondari della disinfezione: in questo senso esse sono più "pure" delle acque di acquedotto. L'assenza di trattamenti di disinfezione richiede una serie di precauzioni e l'uso di impianti avanzati per l'estrazione e l'imbottigliamento. Gli investimenti conseguenti sono spesso elevati: per questo un'acqua minerale ha costi tanto differenti rispetto ad altre tipologie di acque.

Le acque minerali presentano una grande varietà di composizione: non c'è un limite per il contenuto dei sali disciolti, al contrario di quanto avviene per le acque potabili per le quali tale limite è fissato a 1500 mg/L. Molte acque minerali presentano comunque una composizione che cade nel campo caratteristico delle acque potabili, pertanto in molti casi possono essere sostitutive delle acque potabili; solo con riferimento ad acque con residuo fisso molto elevato o bassissimo l'uso alternativo e costante alle acque potabili può determinare degli squilibri e il loro impiego dovrebbe essere limitato ai casi nei quali è opportuna un'azione coadiuvante alle terapie mediche.

Le acque minerali presentano dei limiti di accettabilità per alcune sostanze definite contaminanti o indesiderabili (articolo 6 Decreto 542/92) diversi dai corrispondenti limiti per

le acque potabili. Ciò dipende dal fatto che le acque minerali erano in passato utilizzate prevalentemente a scopo curativo e ne era previsto un uso limitato nel tempo. La recente modifica dell'articolo 6 del citato decreto, attuata con Decreto Legislativo 31 maggio 2001 n.31, va nella direzione di operare un ravvicinamento dei valori limite fra le due tipologie di acqua, anche se ancora si osservano evidenti differenze fra alcuni parametri tra i quali, ad esempio, l'arsenico.

Per la valutazione delle caratteristiche delle acque minerali sono inoltre previsti esami farmacologici e clinici e valutazioni degli effetti sull'organismo umano (articolo 2, punto d, Decreto lgs. 105/92 e successive modifiche).

Mentre è evidente la differenza fra acque potabili e minerali, sembra più difficile cogliere la diversità fra queste ultime e le acque di sorgente; in sintesi si rimarcano le principali differenze fra le due tipologie di acque:

- per le acque di sorgente si adottano gli stessi valori limite delle acque potabili;
- sono diversi i valori limite per le sostanze contaminati;
- non è prevista per le acque di sorgente la valutazione sul piano farmacologico, clinico e fisiologico (Articolo 1 punto 3, lettera d del Decreto lgs. 105 e succ. modifiche); non si possono quindi attribuire alle acque di sorgente proprietà favorevoli alla salute. Questa differenza è comunque "sfumata" in quanto il citato punto 3, in relazione a quelle valutazioni, riporta per le acque minerali: "se necessario, farmacologico, clinico e fisiologico";
- le acque minerali sono imbottigliate in contenitori della capacità massima di 2 litri; per le acque di sorgente non sono previste limitazioni di capacità.

5.1.- Come "leggere" l'acqua minerale

Le acque minerali sono commercializzate in contenitori che riportano etichette con numerose informazioni. Per la lettura di un'etichetta, occorre ricordare che la composizione di un'acqua minerale è definita da 48 parametri che costituiscono un insieme di sostanze che vengono sottoposte ad analisi per verificarne la qualità. La tipologia di questi parametri è definita dal Decreto n. 542/92 (modificato con il recente Decreto 31 maggio 2001), che stabilisce la ricerca e la determinazione sia dei componenti principali delle acque, sia dei possibili contaminanti.

5.2.- Consigli utili per la scelta di un'acqua minerale

Non tutte le Acque Minerali sono uguali: gusto e sapore sono in funzione dei Minerali in esse disciolti, ma la scelta di un tipo di un'Acqua Minerale deve principalmente tenere conto se quella che andiamo a bere è di uso Alimentare o Curativo.

Ricordando che il Residuo Fisso (RF) rappresenta il peso in grammi delle sostanze ottenute dall'evaporazione completa di 1 Litro di Acqua, esaminiamo allora le varie Acque presenti.

5.2.1.- Residuo fisso

I componenti principali (talvolta chiamati macrocostituenti o sali disciolti) delle acque minerali sono: sodio, potassio, calcio, magnesio, cloruri, solfati e bicarbonati. Talvolta anche i nitrati fanno parte dei componenti principali ma la loro presenza a certi livelli di concentrazione non costituisce un buon segno.

Le acque minerali si differenziano fra loro per il diverso contenuto di queste sostanze: avremo acque con contenuto di sali elevato, medio e basso. E' il residuo fisso il parametro che esprime il quantitativo dei sali disciolti in un'acqua (mineralizzazione). Sulle etichette è

sempre riportato il Residuo fisso a 180 °C: questo valore corrisponde alla parte solida che rimane, dopo aver evaporato alla temperatura di 180 °C, un litro di acqua. Nelle acque minerali il residuo fisso costituisce un parametro di notevole importanza perché permette di classificare le acque minerali e di scegliere le acque in base alle varie esigenze. La classificazione prevista dal Decreto Lgs. 105/92 è la seguente:

- minimamente mineralizzata: fino a 50 mg/L
- oligominerale o leggermente mineralizzata: da 50 a 500 mg/L
- ricca di sali minerali: oltre 1500 mg/L

Non esiste una dizione per l'intervallo 500 - 1500 mg/L: nello spazio lasciato da questa che sembra una dimenticanza si potrebbe introdurre la definizione "mediamente mineralizzata".

5.2.2.- Acque di Uso Alimentare (RF <1.500 mg/Litro) sono quelle che il Consumatore beve per il normale reintegro giornaliero dei liquidi eliminati con il Metabolismo. Per queste Acque non è richiesta una particolare mineralizzazione, cioè il contenuto salino è ridotto.

Rientrano in questa categoria le Acque Potabili, Oligominerali e Minerali o Mineralizzate. E' opportuno quindi, nell'acquisto di un'Acqua, esaminare attentamente l'Etichetta al fine di stabilire se il prodotto che andiamo ad assumere è compatibile con le nostre esigenze, e, in caso contrario, scartare quelle Acque che possiedono un contenuto eccessivo o minimo di componenti, ricordandosi che le Acque Minimamente Mineralizzate (RF < 50 mg/Litro), ad esempio, sono assorbite velocemente per via gastrica, e ciò potrebbe non essere richiesto in taluni soggetti.

5.2.3.- Le Acque Oligominerali o Leggermente Mineralizzate (RF < 500 mg/Litro) sono indicate nei pasti e in accompagnamento ai cibi leggeri e quindi più adatte al consumo quotidiano. Le Acque Minerali o Mineralizzate (501 < RF <1.500) invece possono portare un eccesso di Sali nella Dieta, specie per quanto riguarda il Sodio (controindicato per gli Ipertesi) per cui sarebbe opportuno alternarle con Acque Oligominerali.

5.2.4 Le Acque Ricche di Sali Minerali sono sconsigliate per il Consumatore quotidiano, (RF > 1.500) in quanto possiedono elevati contenuti di Sodio, Solfati, Potassio, Magnesio, ecc.

5.2.5.- Acque Curative sono quelle che tendono a migliorare talune Patologie e quindi vengono utilizzate per periodi strettamente richiesti dalla terapia da seguire. L'assunzione di questo tipo di Acque deve avvenire sempre sotto il diretto controllo del Medico.

5.2.6.- pH

Il pH è un modo per misurare quanto un'acqua è acida (caratteristiche dell'aceto e del limone) o basica (caratteristiche della soda); ad esempio l'aceto ha pH (circa) 4, il limone 3, mentre una soluzione di bicarbonato di sodio (circa) 9. Il pH dell'acqua distillata e priva di anidride carbonica disciolta è 7,00 a 25 °C. Questo valore di pH definisce la condizione di neutralità; pH inferiori a 7 indicano condizioni di acidità, superiori di basicità. Il pH delle acque minerali naturali è generalmente compreso tra 6,5 e 8,0 ma in certe acque termali si registrano anche valori inferiori a 5 per caratteristiche legate alla geologia del territorio; queste acque sono usate a scopo curativo e non sono di interesse per un comune impiego come acque da tavola.

5.2.7.- Conducibilità elettrica

I sali disciolti nell'acqua consentono il passaggio della corrente elettrica perché sono in forma ionica, cioè dotati di una o più cariche elettriche: nell'acqua avremo ioni sodio, ioni potassio, ioni solfato e altri. Poiché si riscontra un aumento della conducibilità elettrica in

modo proporzionale alla quantità delle sostanze disciolte, questo è un parametro utile per ottenere una misura, seppur approssimata, del contenuto di sali disciolti in un'acqua minerale. L'acqua molto "pura" (distillata, deionizzata, ecc.) presenta una conducibilità elettrica molto bassa (circa 1 microsiemens per cm - $\mu\text{S}/\text{cm}$). La conducibilità dipende dalla temperatura e quindi occorre riportare i valori misurati a quelli teorici che si avrebbero ad una temperatura di riferimento di 25 °C (oppure di 18 °C o 20 °C). La misura della conducibilità elettrica costituisce un metodo indiretto, seppur approssimato, per ricavare il residuo fisso di un'acqua. La maggior parte delle acque minerali commercializzate presenta conducibilità elettrica compresa fra 100 e 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

5.2.8.- Durezza

La durezza è connessa al contenuto di calcio e magnesio ed è espressa in gradi francesi: 1 grado francese corrisponde a 10 mg/L di carbonato di calcio. Il termine "durezza" è stato usato in passato per quantificare la capacità di un'acqua a causare la precipitazione di composti insolubili di calcio e magnesio dai corrispondenti saponi alcalini usati come detergenti. In origine il concetto di durezza esprimeva quindi la maggiore o minore capacità di un'acqua nel produrre schiuma quando veniva addizionata di una certa quantità di sapone: la presenza di calcio e magnesio ne riduce infatti la formazione e quindi limita il "potere lavante" dell'acqua. Per questa ragione nelle macchine per lavaggio vengono impiegati sistemi di "addolcimento" per portare l'acqua a valori di durezza non superiori a 5-10 °F. Vi sono diverse scale di classificazione della durezza delle acque che quasi mai sono in accordo; fra queste si può riportare la seguente:

- leggere o dolci: durezza inferiore a 15 °F;
- mediamente dure: durezza compresa tra 15 e 30 °F;
- dure: durezza superiore a 30 °F.

Si tenga presente che non esiste un valore limite per la durezza né per le acque minerali, né le acque potabili, ma un intervallo consigliato per queste ultime compreso fra 15 e 50 °F a dimostrazione che tutte le persone sane e di qualunque età possono bere acque con tali valori di durezza. Una durezza media o elevata potrà determinare variazione nel gusto dell'acqua, ma non problemi sanitari.

5.3.- I componenti principali delle acque minerali

5.3.1.- Cationi

5.3.1a.- Sodio

È un elemento molto diffuso sulla crosta terrestre ed è uno dei costituenti base di molti tipi di rocce. È sempre presente nelle acque minerali principalmente a causa dell'elevata solubilità. Nelle acque il sodio deriva dalla lisciviazione dei depositi superficiali e sotterranei di sali, dalla alterazione dei minerali silicei, dalle intrusioni di acqua marina negli acquiferi di acqua dolce; apporti, infine, molto contenuti, ma comunque evidenti in alcune acque, sono dovuti alla pioggia che contiene, in certe aree, aerosol marino.

Il sodio è un elemento molto importante nel metabolismo umano (il fabbisogno giornaliero è circa 4 grammi). Se le acque con contenuto elevato di questo elemento non sono consigliate alle persone affette da malattie cardiovascolari, non c'è comunque motivo di pubblicizzare in modo eccessivo quelle acque a basso contenuto di sodio, come se questo fosse il componente delle acque più a rischio per l'organismo umano. Si tenga infine presente la necessità di reintegrare questo elemento nell'organismo, specialmente durante il periodo estivo quando la sudorazione è abbondante.

5.3.1b.- Potassio

Il potassio proviene per lo più dai principali silicati costituenti le rocce magmatiche o argillose. Le quantità che normalmente si riscontrano nelle acque minerali di media mineralizzazione sono basse, spesso intorno a 1 mg/L. Poiché è un elemento indispensabile per l'organismo umano e spesso in bassa quantità nella maggior parte delle acque (minerali e potabili), non è stato definito un limite per l'assunzione di questo elemento dalle acque.

5.3.1c.- Calcio

Il calcio è un elemento molto abbondante ed è presente in molti minerali costituenti la crosta terrestre. Quantità elevate di calcio nelle acque indicano generalmente la provenienza da rocce come calcari (carbonato di calcio) e dolomie (carbonato doppio di calcio e magnesio). Nelle acque minerali i valori di calcio che più frequentemente si riscontrano sono compresi fra 50 e 150 mg/L. Quando il tenore di calcio è superiore a 150 mg/L l'acqua può essere definita "calcica". Il calcio è un elemento necessario per la formazione dei denti e del tessuto osseo; le acque calciche sono consigliate sia durante la gravidanza, sia in età avanzata per combattere l'osteoporosi. Anche nel caso di malattie cardiovascolari non ci sono controindicazioni all'impiego di acque contenenti calcio.

5.3.1d.- Magnesio

Anche il magnesio è un elemento diffuso in molti minerali della litosfera. Concentrazioni elevate si riscontrano nelle acque che hanno un lungo tempo di residenza in acquiferi costituiti da sabbie e ghiaie contenenti dolomia o da ofioliti (rocce vulcaniche formatesi in ambiente marino). In questi casi si raggiungono valori fino a 100 mg/L. Quando il tenore di magnesio supera il valore di 50 mg/L l'acqua si definisce "magnesiaca". Non vi sono controindicazioni all'impiego di acqua con magnesio in quantità ragionevolmente più elevata, anche se quantità molto alte possono determinare proprietà purgative. L'organismo umano necessita di almeno 500 mg di magnesio al giorno. Acque magnesiache trovano impiego nella prevenzione dell'arteriosclerosi perché determinano una sensibile dilatazione delle arterie.

5.3.2.- Anioni

5.3.2a.- Cloruri

I cloruri sono presenti in tutte le acque fluviali, lacustri e sotterranee grazie alla mobilità e solubilità di questo ione. In acque sotterranee, generalmente, si possono riscontrare concentrazioni da pochi mg/L fino a 1000 mg/L; quantità più elevate sono presenti nelle acque che vengono in contatto con rocce evaporitiche (salgemma). Non esiste un valore limite per le acque minerali, comunque valori superiori a 200 mg/L determinano il sapore salato dell'acqua. Le acque ricche in ioni cloruro facilitano la secrezione gastrica.

5.3.2b.- Solfati

I solfati sono presenti in tutte le acque fluviali, lacustri e sotterranee; in certe acque sotterranee si possono riscontrare concentrazioni da pochi mg/L fino 1500 mg/L e oltre; quantità più elevate si osservano nelle acque che vengono a contatto con sedimenti evaporitici a gesso. In Toscana, dove è presente una notevole variabilità geologica, si verificano frequenti situazioni che determinano la circolazione di acque con solfati, spesso in concentrazione elevata e superiori a quel valore di 200 mg/L che definisce le acque minerali "solfate". Quando i solfati sono associati al magnesio e sono in quantità piuttosto elevate, le acque possono manifestare proprietà purgative. Recenti studi negli USA indicano che queste

caratteristiche si manifestano con concentrazioni di solfati maggiori di 1000 mg/L, valori quasi mai raggiungibili nella maggior parte delle acque minerali del nostro Paese.

5.3.2c.- Bicarbonato

Il bicarbonato (chiamato anche idrogenocarbonato) proviene per lo più dalla dissoluzione di rocce calcaree e dolomitiche, ma anche da rocce silicatiche, per azione dell'acqua piovana di infiltrazione, spesso ricca di anidride carbonica. Quando il tenore del bicarbonato è superiore a 600 mg/L sull'etichetta può essere riportata la seguente indicazione "Contenente bicarbonato". Le acque contenenti bicarbonato, bevute durante i pasti stimolano la secrezione gastrica facilitando la digestione.

5.3.2d.- Fluoruri

Il fluoro è un elemento indispensabile per l'organismo umano in quanto è un costituente dei denti e delle ossa; tuttavia quantità elevate di fluoruri introdotte con le acque e gli alimenti possono indurre formazione di chiazze scure nella dentatura e alterazione del processo di calcificazione delle ossa (fluorosi). Mentre per le acque di acquedotto esiste un valore limite (1,5 mg/L), al momento questo non è previsto per le acque minerali. Le acque minerali con contenuto di fluoro superiore ad 1 mg/L possono riportare la seguente indicazione "fluorata" o "contenente fluoro".

5.3.2e.- Nitrati

I nitrati sono presenti in tutte le acque per fenomeni naturali (in questo caso gli apporti sono sempre molto modesti), ma soprattutto per conseguenza di attività umane. Composti azotati, successivamente trasformati in nitrati, si formano nell'atmosfera per azione delle scariche elettriche. Con la pioggia penetrano nel suolo e raggiungono le acque sotterranee. Altri fenomeni naturali (nitrificazione delle sostanze vegetali) concorrono alla produzione di nitrati. Quantità elevate di nitrati nelle acque sono imputabili all'azione dei fertilizzanti azotati: dopo lo spargimento sul terreno essi vengono dilavati dalle piogge e trasferiti nelle acque superficiali o infiltrati in quelle sotterranee. Nelle acque minerali, per i nitrati sono previsti due differenti limiti: 45 mg/L nelle ordinarie acque minerali e 10 mg/L in quelle destinate all'infanzia.

5.3.2.f.- Elementi in traccia

Talvolta sulle etichette compare la scritta Elementi in traccia seguita da una serie di elementi mancanti del valore relativo alla loro quantità per litro. Informazioni riportate in questo modo aggiungono ben poco alla conoscenza della composizione dell'acqua, in quanto a livello di bassissime quantità, nell'acqua si può trovare la quasi totalità degli elementi costituenti la crosta terrestre.

Per elementi in traccia si intendono sia gli elementi presenti in minime quantità come litio, bario, stronzio (sempre presenti nelle acque naturali), ma anche i metalli pesanti come piombo, cadmio, nichel, mercurio ed altri. Fra gli elementi in traccia vi sono sia quelli essenziali all'organismo umano (ad esempio, come componenti di enzimi), sia quelli tossici: pertanto è di interesse la loro determinazione analitica.

Si ricorda che alcuni elementi (rame, selenio, cromo, ecc.) sono essenziali quando sono assunti in bassi quantitativi nell'organismo umano, ma diventano tossici quando sono introdotti in quantità elevate in quanto la dose efficace a livello fisiologico è, per alcuni di questi, molto vicina alla dose tossica; inoltre, altri elementi (piombo, mercurio e altri) non sembrano avere alcuna funzione biologica.

Metalli e altri elementi di natura non metallica, sia essenziali che tossici, sono inseriti nell'elenco riportato nell'articolo 6 del Decreto 542/92 e classificati come sostanze contaminanti o indesiderabili; essi, generalmente, sono presenti nelle acque minerali in quantità molto basse, certamente inferiori ai rispettivi valori limite riportati nel citato

articolo, altrimenti l'acqua minerale non potrebbe essere messa in commercio. Una loro eventuale indicazione su un'etichetta accompagnata dai rispettivi valori della concentrazione, potrebbe essere di interesse per capire quanto tali quantità sono al di sotto dei valori limite, mentre la serie di elementi in traccia non accompagnata dai rispettivi quantitativi, riportata su alcune etichette, è da ritenersi del tutto inutile.

6.- Acque di sorgente

La disciplina delle acque di sorgente è contenuta nel Decreto Legislativo 4 agosto 1999 n. 339. Le principali caratteristiche di queste acque sono:

- origine rigorosamente sotterranea: possono provenire da un'emergenza naturale o da pozzi;
- nessuna disinfezione: sono consentiti solo alcuni trattamenti (gli stessi che sono permessi per le acque minerali), fra cui: rimozione dell'arsenico, separazione dei composti instabili del ferro, manganese e zolfo; è possibile inoltre l'eliminazione totale o parziale dell'anidride carbonica e la possibilità di reintrodurla successivamente. Sono acque che non possono essere trasportate (se non attraverso le tubature di adduzione allo stabilimento) e quindi confezionate all'origine;
- la composizione chimica e la temperatura non devono subire variazioni significative nel tempo;
- i valori dei parametri organolettici (odore, sapore, ecc), di composizione e le sostanze contaminanti devono rispettare i valori limite indicati per le acque destinate al consumo umano (DPR 236/88); i parametri microbiologici, invece, devono rispettare quanto previsto dal Decreto 12 novembre 1992 n. 542 per le acque minerali;
- il contenuto dei sali disciolti non può superare il valore di 1500 milligrammi per litro;
- grazie all'assenza del trattamento di disinfezione, queste acque manifestano caratteristiche molto simili alle acque minerali naturali per quanto riguarda i parametri organolettici; non si possono comunque attribuire a queste acque proprietà favorevoli alla salute;
- nelle etichette sui contenitori, a differenza di quanto avviene per le acque minerali naturali, non è obbligatorio riportare la composizione chimica;
- sono acque per le quali è previsto il riconoscimento del Ministero della sanità.

L'attuale produzione di queste acque si aggira intorno a 50 milioni di litri/anno: rispetto a quelle minerali naturali è una produzione molto bassa.

7.- Acque termali

L'impiego delle acque termali in Italia ha una tradizione che risale a tempi antichissimi: molte acque sono conosciute a fondo nelle loro proprietà chimiche, chimico-fisiche e terapeutiche. Più complessa è invece l'identificazione dal punto di vista legislativo: molti sono gli elementi in comune con le acque minerali, di cui possono essere considerate una categoria. Entrambe le tipologie per essere riconosciute tali necessitano di:
- 4 analisi microbiologiche e 4 analisi chimiche e chimico-fisiche nel corso di un anno
- le medesime indagini cliniche e farmacologiche.

La recente legge 24 ottobre 2000 n. 323 definisce le acque termali come "le acque minerali naturali, di cui al regio decreto 28 settembre 1919 n. 1924, e successive modificazioni, utilizzate a fini terapeutici". Ma non sempre la distinzione è nitida: in alcuni casi, ad esempio, quando le acque termali hanno caratteristiche di composizione tali da potere essere impiegate anche come "comuni" acque minerali (principalmente salinità non elevata e parametri nei limiti previsti dalla normativa), possono venire regolarmente messe in commercio per tale utilizzo. Non è raro infatti osservare sulle etichette di alcune note acque

minerali la dicitura: "Terme di ...". Al fine di stabilire il regime giuridico applicabile, più che alla origine occorre far riferimento alla utilizzazione delle acque.

Per quanto riguarda gli aspetti microbiologici, le acque termali seguono quanto è previsto dalla normativa per le acque minerali mentre per gli aspetti chimici non si applica l'articolo 6 del Decreto 542/92 relativo alle sostanze contaminanti o indesiderabili. Questo articolo è da riferirsi, secondo il contenuto della nota del Ministero della sanità del 19.10.1993, esclusivamente alle acque destinate all'imbottigliamento. Il tenore di certi elementi (boro, arsenico, bario e altri) è ammesso nelle acque termali in misura superiore a quanto previsto per le acque minerali imbottigliate: il loro uso infatti, oltre ad essere molto limitato nel tempo, avviene sotto controllo medico. Occorre inoltre ricordare che talvolta è proprio la concentrazione di alcuni elementi a determinare l'attività farmacologica delle acque termali. In Toscana ad esempio sono diffuse acque termali con boro in concentrazione superiore al valore limite previsto per le acque minerali, così come è noto l'impiego delle acque termali arsenicali-ferruginose in alcuni impianti termali italiani.

APPENDICE

- 7.1.- La filtrazione dell'acqua
- 7.2.- L'addolcimento dell'acqua
- 7.3.- La demineralizzazione dell'acqua
- 7.4.- La deferrizzazione dell'acqua
- 7.5.- I carboni attivi

7.1.- LA FILTRAZIONE

Cenni sui principi e le modalità di realizzazione

FILTRI DISSABBIATORI

Questi filtri sono utilizzati per rimuovere dall'acqua le sostanze solide in sospensione. Il funzionamento, molto semplice, è simile a quello di un setaccio, con fori di grandezza variabile, a seconda dell'utilizzo dell'acqua filtrata.

I più comuni filtri dissabbiatori, detti del tipo a cartuccia, sono costituiti da un contenitore, all'interno del quale è posto l'elemento filtrante (la cartuccia), di solito di forma cilindrica e con una grande quantità di fori sulla superficie esterna.

Il contenitore è costituito da una testa con estremità filettate per il collegamento alla rete idraulica, ed una tazza collegata alla testa stessa.

Il passaggio dell'acqua attraverso la cartuccia (di solito dall'esterno all'interno) fa sì che le sostanze solide di grandezza superiore a quella dei fori della cartuccia, si fermano sulla cartuccia stessa.

La grandezza dei fori (grado di filtrazione), è solitamente di 50 μm ($1 \mu = 0.001 \text{ mm}$) per acque potabili, maggiore o minore per altre applicazioni. Le cartucce filtranti più comuni sono realizzate in nylon oppure in acciaio inox (entrambe di tipo lavabile), oppure in filato di polipropilene avvolto su un supporto dello stesso materiale (tipo a perdere).

La testa può essere realizzata in materiale plastico (normalmente polipropilene) oppure metallico (ottone o acciaio inox).

La tazza, di solito in materiale trasparente (AS, Trogamid T, polipropilene), per permettere di controllare lo stato della cartuccia all'interno.

Alcuni filtri (auto-pulenti) permettono la pulizia della cartuccia semplicemente agendo su una valvola, senza necessità di aprire il filtro.

La linea di filtri a cartuccia della Nobel include filtri con testa in polipropilene, ottone cromato, inox, con tazza trasparente oppure opaca; inoltre sono disponibili modelli di filtri auto-pulenti.

Le cartucce filtranti sono disponibili in nylon, acciaio inox, polipropilene avvolto; tutti i materiali sono di grado alimentare, anche se il DM Ministero della Sanità 443/90 pone delle restrizioni sull'utilizzo di alcuni tipi di filtri: sono ammessi solo filtri lavabili (es nylon, acciaio inox) e solo con grado di filtrazione non inferiore a 50 μ .

FILTRAZIONE SU LETTI DI SABBIA (FILTRI DUAL MEDIA)

Questo processo permette di rimuovere dall'acqua tutte le sostanze in sospensione che causano la torbidità dell'acqua, come limo, fango, colloidali; pertanto è utilizzato per la filtrazione di acque di pozzo così come di superficie.

Il processo consiste semplicemente nel passaggio dell'acqua attraverso vari strati di quarzite selezionata, od altro materiale inerte, con diversa granulometria ed uno strato di antracite (filtri dual media o multi media). Il letto filtrante è contenuto in un serbatoio, di solito in vetroresina od in acciaio rivestito oppure in acciaio inox.

L'acqua attraversa il letto filtrante dall'alto verso il basso, e le sostanze man mano trattenute sul primo strato superiore di sabbia aumentano l'efficacia filtrante degli strati successivi.

Così come è stato brevemente descritto, è evidente che questo processo di filtrazione non fa altro che ripetere il processo naturale dell'acqua che attraversa i vari strati di terreno per raggiungere la falda sotterranea.

Rigenerazione

Naturalmente, le perdite di carico sul letto filtrante aumentano continuamente, man mano che procede l'azione di filtrazione.

Quando la perdita di carico raggiunge il valore massimo accettabile, in genere non oltre 0.9 bar (90 kPa), è necessario procedere alla pulizia (rigenerazione) del letto filtrante.

La rigenerazione consiste nel lavaggio in controcorrente del letto filtrante, che si effettua facendo passare acqua (oppure acqua ed aria) attraverso il filtro, dal basso verso l'alto; l'acqua di controlavaggio trascina le sostanze in precedenza filtrate ed è convogliata allo scarico.

Spesso la fase di controlavaggio è seguita da una breve fase di lavaggio in equicorrente (passaggio di acqua dall'alto verso il basso ed allo scarico), in modo da pulire gli strati più bassi del letto filtrante.

Di solito questa fase di lavaggio non è prevista quanto il controlavaggio è effettuato con acqua filtrata.

La rigenerazione può essere comandata manualmente oppure automaticamente, ad intervalli prefissati di tempo od in base alla perdita di carico rilevata da un manometro differenziale.

La migliore efficacia nella filtrazione si ottiene quando i solidi sospesi sono in forma flocculata; in molti casi, pertanto, può essere richiesta l'additivazione all'acqua di un idoneo condizionante chimico (flocculante), a monte del filtro a sabbia.

L'efficacia dell'azione filtrante dipende principalmente dalla velocità di attraversamento dell'acqua attraverso il filtro (più lento è il flusso dell'acqua migliore è l'azione filtrante) e secondariamente dall'altezza di strato del letto.

La velocità di filtrazione più idonea andrà identificata caso per caso, ma in genere si suggerisce di non oltrepassare un valore di $20 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, dove m^3/h è la portata di acqua e m^2 è la superficie del filtro.

Piscine : una speciale applicazione

Anche l'acqua di ricircolo delle piscine è filtrata attraverso dei letti di sabbia; per queste applicazioni la velocità di filtrazione può anche essere molto alta (fino a $50 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$), con un'altezza di strato del letto più bassa.

Filtri a sabbia (dual media) Nobel

Tutti i modelli di filtri a sabbia Nobel sono automatici e prevedono anche la possibilità di un comando semiautomatico della rigenerazione.

Gli apparecchi delle serie standard sono progettati in base ad una velocità di filtrazione di $20 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ alla portata di esercizio nominale.

Per maggiori e dettagliate informazioni sui filtri a sabbia Nobel si possono consultare i cataloghi dei filtri Nobel serie FCV/T e FC/D.

GUIDA AL DIMENSIONAMENTO

I parametri operativi per un corretto dimensionamento sono :

- migliore velocità di filtrazione : $< 20 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
 - massima velocità di filtrazione : $40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
 - massima perdita di carico ammessa sul filtro : 0.9 bar (90 kPa)
 - portata dell'acqua in controlavaggio corrispondente ad una velocità di c.ca $30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
- Quanto accennato nella presente relazione informativa ha lo scopo di chiarire le linee generali dei principi e delle applicazioni dei processi di trattamento considerati.

7.2.- L'ADDOLCIMENTO DELL'ACQUA

Cenni sui principi e le modalità di realizzazione.

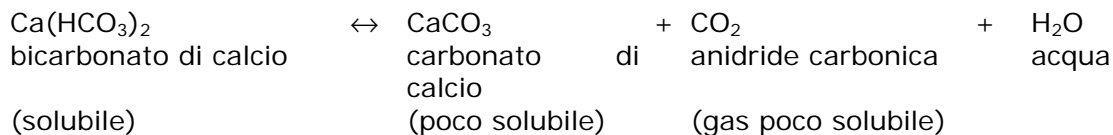
Il calcare.

L'acqua che l'uomo preleva dalle falde o dalle sorgenti contiene disciolte sostanze di varia natura.

In particolare la presenza di bicarbonati di calcio e magnesio, in funzione della loro concentrazione e dell'uso cui l'acqua è destinata, può dare origine a seri inconvenienti.

Nell'acqua, i bicarbonati di calcio e magnesio (sostanze solubili) sono in equilibrio con i carbonati di calcio e magnesio e con l'anidride carbonica. Un aumento della temperatura dell'acqua provoca il liberarsi di parte dell'anidride carbonica (che essendo un gas è sempre meno solubile man mano che la temperatura aumenta), con conseguente sbilanciamento dell'equilibrio precedente. La reazione chimica fa sì che per ripristinare l'equilibrio, altra anidride carbonica venga prodotta, trasformando pertanto i bicarbonati di calcio e magnesio in carbonati di calcio e magnesio, sostanze poco solubili e che tendono a precipitare formando l'incrostazione chiamata "calcare".

Equilibrio carbonico nell'acqua.



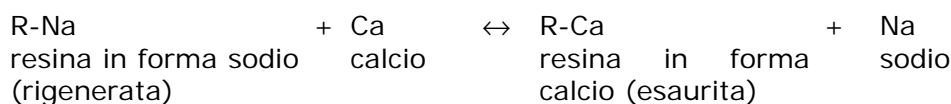
È interessante notare che lo squilibrio della reazione avviene già a temperature relativamente basse; ad esempio, nel caso di acqua erogata a 10-15 °C, è sufficiente il riscaldamento fino a 30-35 °C, per innescare il processo di precipitazione calcarea.

I sali di calcio e magnesio sciolti nell'acqua ne costituiscono la "durezza". Essa viene misurata in parti per milione (ppm) di carbonato di calcio; nell'uso più frequente si utilizza come unità di misura il grado francese (°Fr), dove 1°Fr. corrisponde a 10 ppm. di carbonato di calcio. Fra i vari metodi esistenti per eliminare calcio e magnesio dall'acqua (precipitazione controllata, scambio su zeoliti, ecc.), ci soffermiamo in particolare su quello oggi più diffuso, ovvero l'addolcimento con resine a scambio ionico.

Le resine per addolcimento.

Le resine sono sostanze organiche prodotte artificialmente che hanno la prerogativa di avere un gruppo funzionale "mobile", ovvero una parte che è in equilibrio chimico tra la resina stessa e gli ioni disciolti nell'acqua.

Equilibrio ionico delle resine.



Quando dell'acqua contenente calcio e magnesio attraversa una resina in forma sodio, questi vengono trattenuti al posto del sodio presente, il quale viene rilasciato all'acqua. Abbiamo così ottenuto il nostro scopo, ovvero eliminare calcio e magnesio i cui

carbonati sono incrostanti, sostituendoli con del sodio, il cui carbonato è perfettamente solubile,

Naturalmente si arriverà a un punto tale che la resina non sarà più in grado di fermare calcio e magnesio, in quanto saranno ormai rimasti pochissimi ioni sodio disponibili per lo scambio. A questo punto la resina viene definita "esaurita", e per ripristinare la forma sodio originaria occorre effettuare la rigenerazione. Per fare ciò si fa passare attraverso la resina acqua contenente una forte concentrazione di ioni sodio, tale da rovesciare l'equilibrio verso la ricostituzione della resina in forma sodio, con rilascio del calcio e magnesio precedentemente trattenuti. L'acqua di rigenerazione è una soluzione di cloruro di sodio (sale da cucina); attraversata la resina la stessa viene scaricata, arricchita del calcio e magnesio asportati dalla resina.

Gli addolcitori.

Gli addolcitori sono gli apparecchi che permettono di addolcire l'acqua utilizzando le resine a scambio ionico. L'addolcitore in se è semplicemente un contenitore riempito con delle resine e attraverso il quale passa l'acqua da addolcire.

Tale contenitore deve però permettere l'effettuazione della rigenerazione delle resine e pertanto esistono diversi tipi di addolcitori che si differenziano tra loro (oltre che per le dimensioni) per il modo con cui viene effettuata la rigenerazione.

L'addolcitore più semplice prevede un'apertura attraverso la quale si introduce direttamente sulle resine il sale, facendo poi passare acqua in modo da scioglierlo lentamente. Fermo restando i principi di funzionamento menzionati, i metodi di rigenerazione si sono man mano evoluti; attualmente la rigenerazione si effettua facendo in modo che una soluzione salina concentrata (salamoia) venga aspirata e fatta passare attraverso le resine per mezzo dell'energia idraulica dell'acqua stessa (eiettori), senza dover aprire il contenitore delle resine.

Da qui in avanti esistono sistemi di rigenerazione via via più raffinati fino ad arrivare agli automatismi integrali. Fra questi ultimi, che ormai sono i più diffusi, ricordiamo gli automatismi temporizzati (la rigenerazione viene effettuata automaticamente nei giorni e all'ora stabilita), quelli volumetrici (la rigenerazione viene effettuata automaticamente solo dopo il passaggio della quantità d'acqua prefissata), quelli misti tempo-volume (la rigenerazione avviene dopo il passaggio della quantità d'acqua prefissata, ma comunque ad una data ora).

Sono inoltre diffusi impianti a doppia colonna, normalmente con comando volumetrico, i quali permettono l'erogazione continua (24 ore su 24), avendo una colonna di resine in esercizio ed una in rigenerazione. Ovviamente la scelta del tipo di automatismo da utilizzare è in relazione all'applicazione specifica dell'addolcitore.

Usi dell'acqua addolcita.

L'acqua "dura" ovvero l'acqua contenente calcio e magnesio in quantità elevata, provoca vari inconvenienti. Fra essi il più diffuso è senz'altro la formazione di incrostazioni calcaree che impediscono il regolare scambio termico (il calcare è un ottimo isolante, c.ca 100 volte più del ferro!!), in caldaie, scambiatori, scaldabagni, caldaie murali, resistenze di lavatrici e lavastoviglie, ecc.; le stesse incrostazioni possono anche impedire il passaggio dell'acqua nelle tubazioni, provocare il grippaggio di valvole, saracinesche, miscelatori, stimolare l'instaurarsi di fenomeni corrosivi, provocare rotture per carichi elettrici anomali.

In alcuni processi chimici, inoltre, la durezza presente nell'acqua interferisce con la lavorazione, reagendo direttamente con i prodotti trattati.

Vanno infine menzionati tutti gli inconvenienti che si riscontrano nell'ambito strettamente domestico: l'utilizzo di acqua dura rende ruvidi ed opachi gli indumenti ed i capelli, la pelle è più secca in quanto il calcare tende ad ostruirne i pori, il gusto ed il sapore dei cibi e delle bevande preparate con acqua dura è alterato e meno gradevole, è necessario aumentare le dosi di detersivo per il bucato, ecc. A questo ultimo proposito va anche segnalato un risvolto "ecologico" del fenomeno, in quanto l'uso di acqua addolcita permette di utilizzare e quindi scaricare una quantità inferiore di detersivi che possono contenere sostanze inquinanti (fosfati, ecc.)

L'acqua addolcita ha quindi numerosissime utilizzazioni sia in campo civile che industriale, ovvero ovunque l'acqua abbia la possibilità di provocare inconvenienti come accennato.

In campo civile si addolcisce almeno parzialmente anche l'acqua potabile, sia per i vantaggi di tipo "igienico-sanitario" (sapore, morbidezza degli indumenti e dei capelli con essa lavati), ma anche per preservare dal calcare gli impianti domestici (lavatrici, lavastoviglie, scaldabagni, caldaie murali, miscelatori, rubinetteria in genere, ecc.).

Va sottolineato, comunque, che l'addolcimento dell'acqua non va assolutamente interpretato (come spesso accade) come una depurazione o comunque una potabilizzazione dell'acqua, in quanto ad eccezione della durezza tutte le altre caratteristiche rimangono inalterate, ivi compreso il contenuto salino totale (non vi sono più calcio e magnesio, ma al loro posto vi è del sodio).

Quanto accennato nella presente relazione informativa ha lo scopo di chiarire le linee generali dei principi e delle applicazioni dell'addolcimento dell'acqua.

7.3.- LA DEMINERALIZZAZIONE DELL'ACQUA

Cenni sui principi e le modalità di realizzazione.

La salinità dell'acqua.

L'acqua prelevata dalle falde e dalle sorgenti contiene disciolte sostanze di varia natura, la maggior parte delle quali sono sali di calcio, magnesio, sodio e potassio, che determinano quella che viene definita la "salinità" dell'acqua, variabile a seconda dei tipi di rocce e minerali incontrate nel corso del cammino prima del prelievo. Ad esempio l'acqua piovana non possiede salinità se non quella dovuta al pulviscolo atmosferico, viceversa l'acqua marina ha salinità elevatissima. Tra questi due casi estremi vi sono tutti gli altri che si incontrano più frequentemente, ovvero l'acqua di falda, di sorgente, di superficie (fiumi, laghi ecc.), che possono avere salinità estremamente variabili (un'acqua di sorgente montana ha salinità paragonabile a quella dell'acqua piovana, un pozzo vicino al mare può dare acqua salmastra se vi sono infiltrazioni, ecc.). I sali disciolti nell'acqua sono presenti in forma dissociata, ovvero essi sono "spezzati" in 2 parti (ioni), una avente carica elettrica positiva (chiamata catione) ed una con carica elettrica negativa (chiamata anione). La presenza di cationi ed anioni fa sì che l'acqua sia un conduttore elettrico, la cui conducibilità è variabile in funzione del numero di ioni presenti. Pertanto, sebbene non tutti i sali siano dissociati in egual misura, si può utilizzare la misura della conducibilità elettrica dell'acqua quale parametro indicante, con buona approssimazione, la salinità totale dell'acqua stessa. A bassa conducibilità corrisponde poca salinità, alte conducibilità indicano invece la presenza di una grande quantità di ioni presenti e quindi di sali disciolti. La salinità dell'acqua, può provocare seri inconvenienti in relazione alla sua entità ed all'uso a cui l'acqua stessa è destinata. Per eliminare la salinità dell'acqua sono possibili vari metodi, (distillazione, osmosi inversa, ecc.) ma in questa sede ci soffermiamo sulla demineralizzazione con resine a scambio ionico.

Le resine per la demineralizzazione dell'acqua.

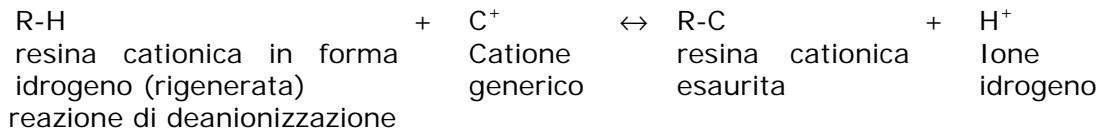
Le resine sono sostanze organiche prodotte artificialmente che hanno la prerogativa di avere un gruppo funzionale "mobile" su una base strumentale chiamata matrice. Il gruppo funzionale è in equilibrio chimico tra la matrice delle resine e gli ioni disciolti nell'acqua. In particolare le resine chiamate cationiche hanno il gruppo funzionale in equilibrio con i cationi e le resine chiamate anioniche hanno il gruppo in equilibrio con gli anioni. Si crea in tal modo la possibilità di scambio di "ioni" tra le resine e l'acqua.

Una resina cationica è in grado di scambiare ioni quando il suo gruppo funzionale è provvisto di uno ione Sodio oppure di uno ione Idrogeno. Nel primo caso la resina è in grado di scambiare solamente con ioni calcio e magnesio liberando lo ione sodio, (Na^+) e pertanto è utilizzabile per l'addolcimento dell'acqua (vedi RI 22); nel secondo caso la resina può scambiare con tutti i cationi presenti, liberando lo ione idrogeno (H^+). In tal modo è possibile ottenere acqua decationizzata, ovvero priva di cationi e contenente solo gli acidi (vale a dire anioni) relativi ai sali disciolti.

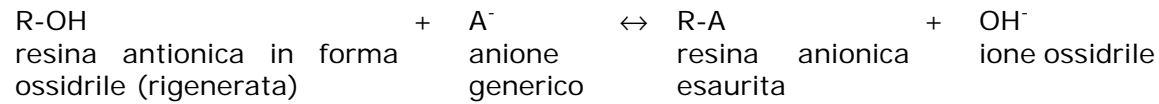
Una resina anionica al contrario può scambiare anioni quando il suo gruppo funzionale è un ossidrile (OH^-); pertanto, se attraverso una resina anionica si fa passare dell'acqua decationizzata, il risultato finale è un'acqua priva di anioni e di cationi e quindi completamente priva di sali (acqua demineralizzata).

Le reazioni che simbolizzano quanto descritto sono le seguenti :

reazione di decationizzazione



reazione di deanionizzazione



Reazione di demineralizzazione (somma delle precedenti).



dove C^+ ed A^- rappresentano la salinità in forma dissociata e H^+ e OH^- si uniscono a formare acqua (H_2O).

Le resine in forma esaurita possono essere rigenerate, ovvero si può ripristinare la loro forma originaria sfruttando l'equilibrio delle reazioni indicate. Ad esempio, aumentando notevolmente la concentrazione degli ioni H^+ nella reazione di decationizzazione, la stessa si riequilibra spostandosi verso sinistra, riproducendo cioè resina in forma idrogeno e liberando i cationi che erano uniti alle resine esaurite. Lo stesso fenomeno avviene per la resina anionica, aumentando la concentrazione degli ioni OH^- ; siccome gli ioni H^+ sono caratteristici degli acidi e gli OH^- degli alcali, la rigenerazione delle resine viene praticamente effettuata facendo passare dell'acido cloridrico (HCl) o solforico (H_2SO_4) attraverso la resina cationica e soda caustica (NaOH) attraverso la resina anionica.

Nella pratica il processo di demineralizzazione è più complesso di quanto non appaia descritto, in quanto intervengono numerosi fattori, primo tra i quali l'impossibilità di trattenere completamente tutti i cationi ed anioni sulle resine. Essendo infatti la reazione di scambio un equilibrio, è evidente che vi sarà sempre una fuga di qualche ione delle resine e, conseguentemente, la presenza di residui di salinità nell'acqua demineralizzata.

Quando vi è un fabbisogno di acqua demineralizzata occorre specificarne la qualità, ovvero il limite massimo di residuo salino accettabile in funzione dell'utilizzazione dell'acqua stessa. Si potrà quindi scegliere il più appropriato sistema di demineralizzazione per ottenere la qualità richiesta, a partire da un'acqua grezza avente determinate caratteristiche. Esistono infatti vari tipi di resine sia anioniche che cationiche, con diverse caratteristiche strutturali, di resa, operative, ecc. che possono essere utilizzate da sole o in combinazione tra loro, in modo da avere una varietà di sistemi che permetta di risolvere i diversi problemi di demineralizzazione.

Accenniamo ora ad alcuni tipi di resine con le relative utilizzazioni.

Resine cationiche forti (solfoniche).

Sono le resine che permettono la rimozione di ogni tipo di catione presente. Esse sono le più usate nella demineralizzazione.

Resine cationiche deboli (carbossiliche).

Queste resine hanno la prerogativa di fermare solo alcuni tipi di cationi, più precisamente quelli corrispondenti ai bicarbonati presenti nell'acqua.

Esse sono utilizzate principalmente per la decarbonatazione dell'acqua, fine a se stessa o come primo passaggio per la demineralizzazione totale. Sono anche utilizzate quali resine-tampone per bloccare la fuga di ioni sodio dalla resina cationica forte.

Il rapporto quantità rigenerante/resa di scambio è molto più elevato per le resine cationiche deboli che non per le cationiche forti; addirittura è possibile utilizzare quale rigenerante della debole, il rigenerante esausto proveniente dalla cationica forte.

Resine anioniche deboli.

Hanno la prerogativa di trattenere solo alcuni tipi di anioni, e quindi vengono utilizzate come passaggio intermedio o finale qualora non interessi la rimozione della silice e dei bicarbonati. La sua richiesta di rigeneranti è molto inferiore a quella delle resine anioniche forti.

Resine anioniche forti.

Sono resine in grado di trattenere ogni tipo di anione e pertanto esse sono utilizzate come passaggio conclusivo della demineralizzazione

Fra tutte queste classi di resine, vi sono poi vari tipi, quelle più o meno resistenti agli agenti ossidanti, alle sostanze organiche, quelle con maggiore o minor resa, quelle specifiche per la rimozione di particolari cationi od anioni e così via. In base alle caratteristiche dell'acqua grezza ed alla qualità richiesta per l'acqua demineralizzata da produrre, si scelgono le resine più appropriata e la migliore combinazione d'uso fra le stesse.

Più resine utilizzate contemporaneamente in una certa sequenza, definiscono una linea di demineralizzazione; un impianto differisce da un altro per la linea riprodotta, per le dimensioni, per le caratteristiche costruttive ed il sistema di rigenerazione delle resine impiegato.

Le linee di demineralizzazione.

Esistono molte diverse linee di demineralizzazione, ma in questa sede accenneremo solamente alle più diffuse. La linea base è costituita da un letto di resina cationica forte seguito da un letto di resina anionica forte (linea di demineralizzazione standard a letti separati) che lavorano secondo il principio base precedentemente esposto.

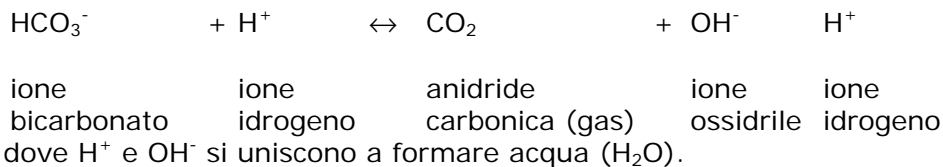
L'acqua demineralizzata prodotta da una linea siffatta avrà, mediamente, una salinità residua che corrisponde ad un valore di conducibilità specifica compreso tra 3 e 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$. ($300 \div 100 \text{ k} \times \text{cm}$). Rimane inteso che tali valori ed i parametri ad essi connessi (pH, ecc.) sono influenzati dalle caratteristiche analitiche dell'acqua grezza e dai parametri operativi utilizzati (portate, livelli rigenerativi, ecc.) e che tale influenza è rilevante per ogni tipo di linea considerata.

L'acqua trattata da una linea a letti separati può essere ulteriormente demineralizzata al fine di migliorarne la qualità. Ad esempio il passaggio finale su un letto di resina cationica debole (carbossilica) permetterà di fermare praticamente tutti i residui di ioni sodio (ottenendo così acqua a pH neutro), mentre un passaggio su un letto misto permetterà di eliminare praticamente tutti i residui di salinità, ottenendo così acqua con pH neutro, e conducibilità nell'ordine di 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($10 \text{ M} \times \text{cm}$).

Un letto misto non è altro che una intima miscela di resina cationica forte e resina anionica forte che si comporta come tanti letti separati in serie. Evidentemente ogni "micro-letto" dovrà operare su una salinità lievemente inferiore a quello che lo precede e pertanto l'acqua in uscita da un letto misto presenta caratteristiche qualitative di demineralizzazione "spinta".

Siccome la rigenerazione di un letto misto è più delicata rispetto a quella di una linea a letti separati (occorre infatti comunque separare le resine, rigenerarle e poi rimescolarle), l'utilizzazione del letto misto è principalmente quella di passaggio finale e raramente (e solo per piccolissimi impianti) viene utilizzato da solo.

Accade frequentemente che l'acqua da demineralizzare abbia una elevata quantità di bicarbonati rispetto al totale degli anioni, pertanto risulta conveniente eliminare gli stessi con un metodo chimico-fisico piuttosto che non mediante il passaggio su una resina anionica. Infatti i bicarbonati sono in equilibrio con dell'anidride carbonica che è un gas poco solubile in ambiente acido. All'uscita di un letto di resina cationica, l'acqua ha un pH nettamente acido ed è quindi facile eliminare dalla stessa l'anidride carbonica dei bicarbonati.



L'eliminazione viene operata in una torre, chiamata torre di decarbonatazione, nella quale l'acqua piovra dall'alto mentre dal basso viene insufflata aria.

L'acqua decarbonatata, che ormai contiene solamente una piccola parte dell'anidride carbonica totale, viene raccolta in un serbatoio alla base della torre e da qui rilanciata con una pompa sul letto di resina anionica. Il maggior costo impiantistico dovuto alla torre ed accessori (pompe, vasca, ecc.) viene compensato dalla minor quantità di resina anionica necessaria, e, nel tempo, dal minor consumo di rigenerante per la stessa. Ovviamente, tale compensazione è tanto più veloce quanto più grande è la richiesta di acqua e pertanto questo tipo di linea viene raramente adottata nei piccoli impianti.

Ricordiamo che la decarbonatazione può anche essere fine a se stessa, ovvero che vi sono utilizzazioni in cui è richiesta acqua solamente decarbonata e non demineralizzata (ad esempio industria della birra).

Le stesse linee sopra descritte possono essere modificate inserendo colonne di resine deboli (sia anioniche che cationiche) in aggiunta alle colonne standard. Esse vengono utilizzate quando sono richieste grosse quantità di acqua da demineralizzare, in quanto i maggiori costi impiantistici vengono facilmente ammortizzati con il risparmio di rigeneranti.

Gli impianti di demineralizzazione.

Un impianto di demineralizzazione è costituito da una serie di bombole contenenti le resine adatte, ed attraverso le quali passa l'acqua da demineralizzare. Siccome le resine devono essere periodicamente rigenerate, un impianto si differenzia da un altro (oltre che per le dimensioni e per il tipo di linea riprodotta), per il modo con cui viene effettuata la rigenerazione. Il demineralizzatore più semplice prevede delle aperture, attraverso le quali introdurre manualmente i rigeneranti, che vengono poi fatti fluire attraverso le resine.

Fermo restando il principio di funzionamento menzionato, i sistemi di rigenerazione si sono via via evoluti e diversificati ampiamente, fino a raggiungere i più sofisticati sistemi di automazione con controllo elettronico.

Riteniamo comunque utile differenziare fra i vari tipi di automatismo possibili quelli che effettivamente, garantiscono affidabilità, durata, precisione da quelli che, seppur funzionanti, non rispondono ai moderni criteri di gestione industriale. Esistono infatti economici automatismi con valvole multivia che non permettono rapide diagnosi, né possibilità di regolazione di tempi delle varie fasi di esercizio - rigenerazione.

A questi sistemi delicati si contrappongono invece gli automatismi che prevedono la deviazione dei flussi con valvole singole pilotate da elettrovalvole e programmatori ciclici. Con questo sistema ogni temporizzazione può essere appropriatamente modificata e poi fissata e così pure possono essere regolati i flussi nelle varie fasi di rigenerazione.

Quanto accennato nella presente relazione informativa ha lo scopo di chiarire le linee generali dei principi e delle applicazioni della demineralizzazione dell'acqua.

7.4.- LA DEFERRIZZAZIONE DELL'ACQUA

Cenni sui principi e le modalità di realizzazione.

Il ferro può essere presente nell'acqua in forma disciolta oppure come precipitato in sospensione.

La rimozione del ferro in sospensione, normalmente costituita da idrossido ferrico, non comporta particolari problemi; può infatti essere effettuata mediante una normale filtrazione meccanica (filtri meccanici, filtri a sabbia dual media).

La rimozione del ferro presente in forma disciolta, normalmente sotto forma di ione ferroso, comporta innanzitutto la sua ossidazione a ione ferrico, quindi la sua precipitazione e finalmente, dopo aver ottenuto la forma in sospensione si procede alla filtrazione meccanica.

Dal punto di vista chimico il ferro disciolto, sotto forma di Fe^{++} , deve essere trasformato, mediante ossidazione, in Fe^{+++} .

Il pH dell'acqua da trattare deve avere un valore superiore alla neutralità (pH 7), in quanto un eventuale ambiente acido ostacola la precipitazione dello ione ferrico.

Metodi di deferrizzazione

Nel caso la quantità di ferro presente sia piuttosto bassa ed il pH dell'acqua sia favorevolmente alcalino (0.5-1 ppm, pH >7.5), è possibile ossidare e precipitare il ferro disciolto insufflando aria nell'acqua all'interno di una vasca prima di procedere alla filtrazione.

L'efficacia di tale metodo, di per se valido solamente in condizioni chimiche molto favorevoli, può essere aumentata additivando all'acqua un agente ossidante, come ad esempio ipoclorito di sodio, lasciando poi un adeguato tempo di contatto affinché la reazione di ossidazione si possa completare.

Nei casi più comuni, in cui il pH dell'acqua è intorno alla neutralità ed il quantitativo di ferro presente è superiore a 1 ppm, si preferisce operare un'ossidazione catalitica congiuntamente alla filtrazione.

Il processo si ottiene con il passaggio dell'acqua attraverso uno speciale letto filtrante, in grado di effettuare entrambi i processi, di ossidazione e di filtrazione.

Questo letto filtrante è costituito da uno strato inferiore di quarzite selezionata come supporto, uno strato intermedio della massa filtrante ossidante ed infine uno strato superiore di materiale inerte come coadiuvante di filtrazione.

La capacità ossidante di questo letto filtrante è mantenuta o ripristinata attraverso l'iniezione di permanganato di potassio (un forte agente ossidante).

L'iniezione del permanganato di potassio è effettuata in modo continuo, mediante un gruppo di dosaggio proporzionale ed a monte del filtro vero e proprio, oppure in modo discontinuo, di solito immediatamente dopo un controlavaggio del letto filtrante.

La scelta tra il sistema di iniezione continua oppure discontinua del permanganato di potassio andrà effettuata considerando diversi fattori, quali le caratteristiche dimensionali dell'impianto, la composizione chimica dell'acqua con particolare riguardo all'eventuale presenza di manganese (spesso presente nell'acqua congiuntamente al ferro).

Con l'uso delle masse filtranti catalitiche è necessario che il pH dell'acqua sia superiore a 7.0 e che non vi sia eccesso di cloro libero.

Parametri per il dimensionamento

I parametri operativi da prendere in considerazione per un corretto dimensionamento dei filtri deferrizzatori sono :

- velocità di filtrazione ottimale $< 10 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$
- velocità di filtrazione massima $20 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$
- perdita di carico massima ammessa attraverso il filtro 0.9 bar (90 kPa)
- portata di acqua di controlavaggio corrispondente ad una velocità di circa $30 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$

E' il caso di ricordare che spesso il processo di deferrizzazione risulta integrabile con altri tipi di trattamento; ad esempio l'ossidazione preliminare del ferro per mezzo di ipoclorito comporta anche la sterilizzazione dell'acqua, mentre la filtrazione catalitica opera anche la filtrazione delle altre sostanze presenti in sospensione.

Ai fini della corretta scelta del processo è importante, già in fase analitica, distinguere tra la presenza di ferro in sospensione e ferro disciolto; infatti l'entità del primo influisce prevalentemente sul dimensionamento del sistema di filtrazione, mentre la presenza del secondo determina la tipologia del metodo di ossidazione.

I filtri deferrizzatori Nobel delle serie FDV/T , FD/T , FD/D , sono progettati in base ad una velocità di filtrazione di circa $20 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$, con additivazione discontinua di permanganato di potassio.

Essi risultano atti alla rimozione di ferro e manganese presenti nell'acqua in quantità fino a 3.0 ppm complessive, ma con un massimo di 1.0 ppm per il solo manganese; l'acqua deve comunque avere un pH superiore a 7.

Quanto accennato nella presente relazione informativa ha lo scopo di chiarire le linee generali dei principi e delle applicazioni della deferrizzazione dell'acqua.

5.- I CARBONI ATTIVI

Cosa sono i carboni attivi

I carboni attivi sono, come dice il nome stesso, delle sostanze costituite essenzialmente da carbone. Il carbone, di origine vegetale o minerale, diventa "attivo" mediante un processo di attivazione. Tale processo, realizzato in appositi forni con vapore ad alta temperatura, provoca la formazione di minuscoli passaggi all'interno dei granuli di carbone, chiamati micropori, la cui presenza ne determina l'attività. Un carbone attivo si distingue da un altro per la natura del carbone (vegetale, minerale), per dimensione media della sua porosità, per il numero delle stesse, per la dimensione media dei granuli che lo costituiscono (granulometria del carbone). Conseguenze dirette di tali caratteristiche sono la densità apparente e la superficie specifica (in genere elevatissima, nell'ordine dei 1000 m² per grammo di carbone).

I carboni attivi esplicano la loro funzione principalmente in base a tre meccanismi di azione:

1. Azione chimica

È una azione di catalisi nei confronti della riduzione di alcuni gruppi inorganici.

2. Azione chimico-fisica

La principale prerogativa dei carboni attivi è il potere di adsorbimento, ovvero la capacità di trattenere, nelle proprie porosità, particolari tipi di molecole.

3. Azione fisica

È la capacità di un letto di carboni attivi di operare la filtrazione meccanica, con risultati simili se non migliori di quelli ottenuti con la filtrazione su letti di sabbia.

Si riscontra inoltre un'efficacia del carbone attivo nel favorire i processi biologici di degradazione degli inquinanti organici, con un'azione simile a quella che si verifica naturalmente con l'infiltrazione dell'acqua nel terreno.

Le applicazioni dei carboni attivi

I carboni attivi trovano innumerevoli applicazioni nei più svariati campi, nella depurazione dell'acqua e dell'aria, nell'industria dello zucchero, nell'enologia e così via. In particolare, nella depurazione dell'acqua essi vengono utilizzati:

- per la rimozione del cloro (sfruttando l'effetto catalitico che favorisce la riduzione del cloro a ione cloruro)
- per l'eliminazione di odori e sapori sgradevoli (operando l'adsorbimento delle sostanze organiche che danno loro origine)
- per l'eliminazione di sostanze inquinanti (operando l'assorbimento) quali solventi clorurati, insetticidi, pesticidi, detersivi, ecc.
- per la filtrazione (sfruttandone il potere filtrante)

Il letto di carbone attivo ha anche un'azione filtrante meccanica simile a quella dei filtri a sabbia. Occorre però tenere conto che sui filtri a carbone attivo è meglio effettuare il minor numero di controlavaggi possibile, in modo da evitare rimescolamenti del letto che porterebbero parte dei carboni potenzialmente inquinati (quelli in alto), nelle zone inferiori.

La saturazione delle porosità a seguito dell'azione di adsorbimento non viene in generale rimossa con il controlavaggio; il carbone saturo può essere riattivato mediante uno speciale trattamento termico, operazione che risulta economicamente interessante solo con grossi quantitativi di carbone.

I parametri operativi per l'uso dei carboni attivi sono variabili in funzione dello scopo a cui sono destinati. L'altezza di strato del letto viene normalmente mantenuta fra gli 80 e i 120 cm. Nel caso di dechlorazione, si mantiene un tempo di contatto minimo di due minuti, aumentando il quale è possibile ottenere una maggiore durata del carbone unitamente ad una minore perdita di carico (maggiore tempo di contatto = maggiore quantità di carbone = maggiore superficie del letto = minore velocità lineare di attraversamento).

In ogni caso, a parità di costituzione del letto filtrante, l'efficacia della rimozione degli inquinanti aumenta al diminuire della portata dell'acqua.

NOTE PARTICOLARI PER FILTRI DECLORATORI A CARBONE ATTIVO

La durata del carbone attivo in rapporto al trattamento del cloro (riduzione a ione cloruro) è estremamente elevata.

Il carbone attivo non è selettivo nei confronti della rimozione delle varie sostanze che lo attraversano; esso trattiene anche le sostanze organiche eventualmente presenti nell'acqua trattata. Ciò comporta che il letto di carbone potrebbe saturarsi a causa dell'assorbimento di ciò che non era l'obiettivo primario del trattamento e, ancora peggio, rilasciare all'uscita parte di ciò che era stato trattenuto, con concentrazione maggiore rispetto all'ingresso.

Poiché tale esaurimento non è prevedibile né misurabile con sistemi alla portata di un qualsiasi manutentore, occorre evitare assolutamente l'uso di filtri dechloratori a carbone attivo senza adeguati pretrattamenti (filtrazione su sabbia, clorazione, ecc.).

La presente relazione informativa ha il solo scopo di chiarire le linee generali dei principi e delle applicazioni della filtrazione dell'acqua su carboni attivi.