

SEP POLLUTION 2007

Le migliori tecnologie in uso nella potabilizzazione delle acque

Dott. Giorgio Temporelli - R&D S.I.T.A. giorgio.t@sitauv.com; Consulente g.temporelli@hotmail.it

Introduzione

L'acqua destinata al consumo umano deve essere salubre e pulita.

Questo è un obbligo generale previsto dall'attuale legislazione per l'acqua potabile, il cui livello di qualità ed idoneità al consumo può essere ottenuto con differenti tecnologie, più o meno complesse a seconda delle caratteristiche possedute all'origine dall'acqua stessa.

Nel nostro paese esistono molte realtà esemplari, impianti in grado di prelevare e trattare acque fluenti di cattiva qualità e trasformarle in acque perfettamente potabili; è evidente che tanto peggiore è in partenza l'acqua e tanto più massicci ed invasivi devono essere i trattamenti, con conseguenze in genere non nulle.

Non si tratta solo dei cattivi retrogusti propri delle acque trattate al cloro, ma anche e soprattutto della serie dei sottoprodotti indesiderabili che si generano inesorabilmente dall'interazione tra la sostanza disinfettante (non solo il cloro come vedremo) utilizzata e la materia organica normalmente presente nell'acqua.

Non si può tuttavia parlare di qualità dell'acqua potabile senza affrontare il complesso tema delle deroghe, che possono essere stabilite dalla Regione o dalla Provincia, di concerto con il Ministero della Sanità e dell'Ambiente, qualora l'acqua destinata al consumo umano presenti delle difformità rispetto ai parametri di legge ma l'approvvigionamento non possa essere assicurato con nessun altro mezzo congruo. I parametri interessati dal provvedimento di deroga possono essere sia naturali che di origine antropica.

L'acqua da bere deve però anche presentare caratteristiche "emozionali" accettabili, è evidente che la presenza di retrogusti di cloro piuttosto che residui solidi o altre tracce rilasciate da tubature vetuste possono indurre il consumatore ad optare per l'acqua confezionata, oppure decidere di installare un impianto di trattamento al punto d'uso per affinarne le caratteristiche organolettiche e di composizione.

Nella presente trattazione verranno contemplati aspetti sia di natura normativa, come le principali innovazioni apportate dall'attuale legislazione rispetto alle precedenti che impiantistica, ovvero le caratteristiche tecniche dei moderni impianti di potabilizzazione, sia su scala acquedottistica che al punto d'uso.

Vecchia e nuova normativa a confronto

Nel nostro paese esiste un complesso apparato legislativo preposto alla regolamentazione delle caratteristiche, dei trattamenti e dei controlli per le acque destinate al consumo umano, il quale appare sufficientemente cautelativo per la salute del consumatore¹. Tralasciando le acque naturali, la cui trattazione non è di interesse in

¹ Mantelli F., Temporelli G. (2005)

tale contesto, elenchiamo di seguito alcuni tra i principali provvedimenti legislativi oggi in vigore:

- D.Lgs 2 febbraio 2001, n. 31 *Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano*
- D.M. 21 dicembre 1990, n.443 *Regolamento recante disposizioni tecniche concernenti apparecchiature per il trattamento domestico delle acque potabili*
- D.M. 6 aprile 2004, n.174 *Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione, e distribuzione delle acque destinate al consumo umano.*
- D.M. 5 settembre 2006 *Modifica del valore fissato nell'allegato I, parte B, dal D.Lgs. 2 febbraio 2001, n. 31 per il parametro clorito*

A partire dal 25 dicembre 2003 è entrato ufficialmente in vigore il D.Lgs. 2 febbraio 2001, n. 31 che apporta sostanziali modifiche ed innovazioni, sia di carattere qualitativo che quantitativo, rispetto al precedente (DPR 236/88). Innanzitutto si nota la scomparsa dei Valori Guida, ritenuti per alcuni aspetti fuorvianti, inoltre sono state apportate sostanziali modifiche all'elenco dei parametri chimici. Alcuni elementi, ritenuti oggi di scarso significato sanitario, sono stati eliminati, mentre altri nuovi sono stati introdotti. Specifici valori limite sono stati fissati per sostanze come il clorito, il vanadio, l'acrilammide, il benzene, il benzo(a)pirene, il bromato, il dicloroetano, l'epicloridina, il tetracloroetilene ed il tricloroetilene, i trialometani totali ed il cloruro di vinile, mentre nuovi parametri per il controllo della radioattività sono stati individuati nel trizio e nella dose totale indicativa.

Valori di parametro più restrittivi sono stati fissati per l'arsenico, il nichel, il piombo, l'antimonio e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), ed allo stesso tempo sono stati eliminati dalla lista dei parametri di controllo elementi quali il magnesio, l'azoto Kjeldahl, le sostanze estraibili con il cloroformio, gli idrocarburi disciolti o emulsionabili, i fenoli, i tensioattivi, i composti organoalogenati lo zinco, il fosforo e l'argento (tabella 1).

PARAMETRO	Vecchia normativa D.P.R. 236/88	Attuale normativa D.Lgs 31/01
Clorito	Parametro non previsto	700 µg/l
Vanadio	Parametro previsto senza limite	50 µg/l
Acrilammide	Parametro non previsto	0,10 µg/l
Benzene	Parametro non previsto	1,0 µg/l
Benzo(a)pirene	Parametro non previsto	0,010 µg/l
Bromato	Parametro non previsto	10 µg/l
Dicloroetano	Parametro non previsto	3,0 µg/l
Epicloridina	Parametro non previsto	0,10 µg/l
Tetracloroetilene Tricloroetilene	Parametro non previsto	10 µg/l
Trialometani totali	Parametro non previsto	30 µg/l
Cloruro di vinile	Parametro non previsto	0,5 µg/l
Radioattività	Parametro non previsto	Trizio: 100 Bq/L Dose totale: 0,10 mSv/anno

Arsenico	50 µg/l	10 µg/l
Nichel	50 µg/l	20 µg/l
Piombo	50 µg/l	10 µg/l
Antimonio	10 µg/l	5,0 µg/l
IPA	0,2 µg/l	0,10 µg/l
Magnesio	50 mg/l	Parametro non previsto
Azoto Kjeldahl	1 mg/l	Parametro non previsto
Sostanze estraibili con cloroformio	Valore guida di 0,1 mg/l	Parametro non previsto
Idrocarburi disciolti o emulsionati	10 µg/l	Parametro non previsto
Fenoli	0, µg/l	Parametro non previsto
Tensioattivi	200 µg/l	Parametro non previsto
Composti organoalogenati	30 µg/l	Parametro non previsto
Zinco	3000 µg/l	Parametro non previsto
Fosforo	5000 µg/l	Parametro non previsto
Argento	10 µg/l	Parametro non previsto

Tabella 1: Confronto parametrico tra la vecchia normativa e quella attualmente in uso

In sostanza il nuovo elenco dei componenti, che viene suddiviso in parametri chimici ed indicatori, contempla un numero minore di voci. Dal confronto riportato in tabella 1 appare evidente che se da una parte è stata omessa una serie di elementi considerati, alla luce delle nuove conoscenze, di scarso significato sanitario o con bassa probabilità di presenza nelle acque, si è rivolta maggiore attenzione ai contaminanti di natura antropica ed in particolare ai sottoprodotti della disinfezione. Il monitoraggio dei trialometani, ma soprattutto dei cloriti e dei bromati, ha avuto e avrà nel prossimo futuro delle probabili ricadute sulle attuali tecnologie utilizzate nei trattamenti di potabilizzazione, rendendo necessarie nuove ricerche e sviluppi di nuove metodiche e prodotti alternativi in grado di assicurare un migliore rapporto benefici/rischi.

Un altro punto di modifica sostanziale previsto dalla nuova normativa riguarda la rispondenza della qualità dell'acqua al punto di utilizzo: la responsabilità dell'ente di distribuzione si ferma al contatore, mentre da questo fino al rubinetto è cura del proprietario dell'immobile o dell'amministratore assicurare la potabilità qualora la stessa venisse compromessa o alterata dalla rete di distribuzione interna.

Il trattamento dell'acqua in un moderno acquedotto

Per acquedotto si intende l'insieme delle tecnologie e manufatti attraverso i quali l'acqua viene captata, trattata ed immessa nella rete di distribuzione per essere condottata sino all'utenza. Non è possibile in poche righe riassumere l'insieme dei trattamenti a cui l'acqua può essere sottoposta in un impianto di potabilizzazione in quanto gli stessi sono funzione sia dei volumi erogati che delle caratteristiche dell'acqua di partenza. Per le acque sorgive o di falda profonda è nella maggior parte dei casi ritenuto sufficiente un semplice trattamento di disinfezione, mentre per le acque superficiali, ed in particolare per quelle fluenti, la potabilizzazione avviene seguendo una filiera di trattamenti generalmente complessa (Fig. 1).

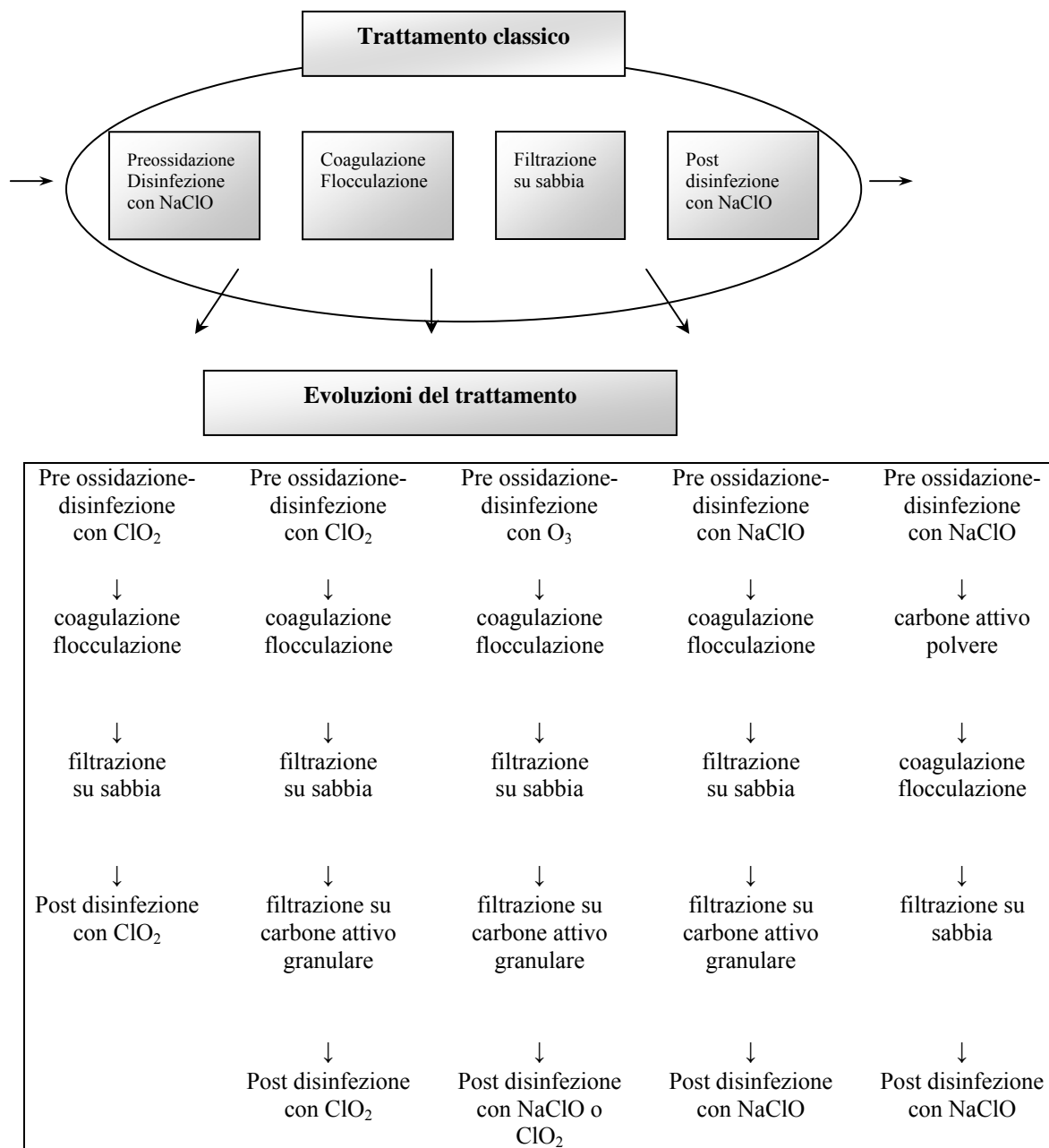


Fig.1: Principali sistemi di potabilizzazione utilizzati in Italia per il trattamento delle acque superficiali: dal trattamento classico alla sua evoluzione in 5 diversi schemi impiantistici



Fig.2: Batteria di filtri a carbone attivo operativi presso un moderno acquedotto

Le cause di alterazione delle qualità per le acque destinate al consumo umano sono molteplici, vanno senz'altro considerate le vecchie tubazioni, le vasche, i serbatoi e quant'altro è necessario per condottare, distribuire e stoccare l'acqua dall'impianto di potabilizzazione sino al rubinetto dell'utente.

L'acqua erogata dagli acquedotti percorre generalmente molti chilometri in tubazioni che, in alcuni casi, sono vecchie (con conseguenti perdite, infiltrazioni e cessioni di materiale); inoltre sono molte le abitazioni in cui ancora oggi si utilizzano vasche di accumulo in eternit² (Fig.3) o comunque serbatoi che vengono raramente ispezionati e puliti con regolarità, con possibile formazione di depositi e proliferazione della carica batterica. In tutti questi casi la qualità dell'acqua al punto d'uso può differire sostanzialmente da quella erogata dall'acquedotto, motivando così l'applicazione, al punto d'ingresso o al punto d'uso, di idonei sistemi di affinamento.

² Mentre sono documentati gli effetti delle fibre di amianto sull'apparato respiratorio, non si può dire la stessa cosa per quanto riguarda l'apparato digerente. L'OMS reputa che non esiste alcuna prova documentabile circa la pericolosità per la salute dovuta all'ingestione di amianto e che per questo motivo nessun valore guida è stato formulato, inoltre nell'attuale normativa nazionale e comunitaria non sono previste prescrizioni relative alla sostituzione dei cassoni in eternit utilizzati per l'acqua potabile.



Fig.3: Vasche di accumulo in eternit in uso presso un'abitazione privata.

Gli impianti di trattamento al punto d'ingresso (POE) e al punto d'uso (POU).

E' risaputo che l'acqua durante il tragitto nelle tubature e lo stazionamento in vasche di accumulo può subire alterazioni nelle caratteristiche di composizione, a volte più evidenti (acquisizione di odori e sapori sgradevoli, intorbidimenti e colorazioni dovuti al rilascio di materiale da parte delle tubazioni), altre impercettibili ma non per questo da sottovalutare (rilascio di metalli pesanti in soluzione, proliferazione batterica).

Va osservato a tal proposito che una maggiore consapevolezza di questi aspetti da parte della categoria degli installatori idraulici e degli amministratori di condominio consentirebbe di creare nuove opportunità lavorative; con l'ausilio di idonee apparecchiature di trattamento si potrebbe intervenire sulla qualità dell'acqua di rete assicurandone le caratteristiche di potabilità sino al rubinetto (nel caso in cui nel tratto contatore-rubinetto essa venisse meno), o semplicemente migliorandone la gradevolezza. Interventi a livello domestico devono tuttavia essere condotti con tecnologie certificate e realizzati solo nel caso in cui si ravvisi un'evidente necessità di affinamento, infatti il rischio di indurre peggioramenti alle caratteristiche dell'acqua potabile "tal quale" non è trascurabile (eccessivi addolcimenti e/o impoverimento del tenore di sali minerali, alterazione del pH, aumento della carica microbica, ecc).

Per quanto concerne l'ambito della grande ristorazione le acque purificate devono essere chiaramente identificate (sulla brocca con cui viene servita l'acqua oppure sull'impiantino stesso di depurazione) con la dicitura "acqua potabile trattata" o "acqua potabile trattata e gassata"; tale denominazione (prevista dal D.Lgs 181/2003) serve per informare il consumatore che l'acqua che gli è stata servita in caraffa non è

minerale naturale bensì una tradizionale acqua di rete sottoposta ad un processo di affinamento. In tale settore è applicabile anche il D.Lgs 26 maggio 1997, n.155³ preposto all'individuazione delle fasi critiche per l'igiene degli alimenti; i bar ed i centri di ristorazione, dove vengono impiegati i purificatori d'acqua, devono prevederne l'inserimento nel loro manuale di corretta prassi igienica.

Risulta invece paradossalmente assente un provvedimento tecnico specifico riguardante le apparecchiature per il trattamento dell'acqua che contempli, per esempio, le caratteristiche degli elementi filtranti, le frequenze previste per i controlli di manutenzione periodica, le analisi da effettuarsi dopo il trattamento e quant'altro possa influenzare le caratteristiche dell'acqua stessa. Il Ministero della Salute sta da anni elaborando un regolamento che, se venisse attivato, andrebbe a colmare la lacuna presente nell'attuale normativa nazionale ed europea e rappresenterebbe sicuramente l'evoluzione più significativa nel settore del trattamento delle acque degli ultimi quindici anni.

Gli impianti di trattamento domestico, adeguatamente dimensionati e mantenuti, possono portare benefici qualitativi all'acqua del rubinetto (fig. 4) tal quale; inoltre può rivelarsi particolarmente utile l'applicazione di questi dispositivi per le abitazioni che non sono direttamente collegate alla rete acquedottistica. La tecnologia ci offre infatti già da molti anni elementi filtranti in grado di eliminare la presenza di eventuali odori e retrogusti, ma anche di rimuovere eventuali elementi indesiderabili, compresi i sottoprodotti della disinfezione.



Fig. 4: Esempio di applicazione domestica al POU

³ Documento meglio noto come H.A.C.C.P. (HAZARD and Critical Control Point)

Attenzione però:

- Non sempre l'acqua dell'acquedotto richiede di essere affinata
- E' importante individuare il trattamento più idoneo in funzione del tipo di acqua in quanto non tutte le acque presentano gli stessi problemi
- La mancata sostituzione/pulizia degli elementi filtranti nei giusti tempi può dar luogo a peggioramenti della qualità originaria.
- In molti dispositivi, soprattutto dopo un certo periodo di ristagno, possono aver luogo significative crescite della flora batterica

Come sottolineato in precedenza il settore domestico del trattamento delle acque è attualmente subordinato alle disposizioni del decreto 443/90, il quale contempla una serie di condizioni generali e speciali stabilite affinché le acque così trattate non vengano sottoposte a rischi di inquinamento o di peggioramento della qualità iniziale.

Il decreto precisa inoltre che nessuna apparecchiatura destinata alla correzione delle chimiche-fisiche o microbiologiche venga presentata con la generica dizione di "depuratore", ma esclusivamente con una denominazione che specifiche chiaramente l'azione svolta (ad es. addolcitore). Vediamo alcuni esempi:

- *Addolcitori*: utilizzano resine a scambio ionico (cationiche forti) in grado di sostituire gli ioni calcio (Ca^{2+}) e magnesio (Mg^{2+}) con lo ione sodio (Na^+). In questo processo non viene alterato il carico salino globale mentre viene modificata la composizione qualitativa; i sali di calcio e magnesio (incrostanti) vengono infatti sostituiti con sali di sodio (non incrostanti) ed il pericolo dei depositi calcarei viene scongiurato. Per l'impiego potabile è richiesta la presenza di una valvola di miscelazione (per non addolcire eccessivamente l'acqua in uscita) e di un dispositivo automatico di disinfezione delle resine. L'acqua così trattata non deve risultare aggressiva.

- *Dosatori di reagenti*: sono apparecchi utilizzati per dosare, proporzionalmente alla portata da trattare, determinati prodotti al fine di proteggere gli impianti da incrostazioni, corrosioni e depositi ovvero per sistemi di disinfezioni. I reagenti devono rispondere alle prescrizioni di purezza previste dal settore alimentare inoltre, in uscita dall'impianto, le concentrazioni nell'acqua degli ioni aggiunti non devono superare i limiti previsti.

- *Filtri meccanici*: vengono utilizzati per trattenere, mediante barriere di tipo fisico, le particelle sospese nell'acqua. I filtri ammessi devono avere rete sintetica o metallica, con grado di filtrazione non inferiore a 50 μm , inoltre devono essere facilmente lavabili manualmente o automaticamente.

- *Filtri a carbone attivo*: sono apparecchiature contenenti carbone attivato, di origine vegetale o minerale, caratterizzati da un elevato potere adsorbente (trattenimento sulla superficie). L'elevata superficie disponibile per unità di massa (circa 1500 m^2/g) consente di effettuare un'efficace filtrazione, di eliminare gli sgradevoli sapori ed odori

connessi al trattamento con il cloro e di rimuovere alcuni microinquinanti chimici. Tuttavia, visti i documentati rischi di proliferazione microbica, il solo carbone attivo “sciolto” non è ammesso nel trattamento delle acque potabili.

- *Filtri a struttura composita*: sono apparecchiature che, all’azione filtrante meccanica e/o dei carboni attivi e/o di altre sostanze, associano anche un’azione antibatterica. Esistono in commercio delle cartucce filtranti nelle quali al carbone attivo viene aggiunta una percentuale di sali d’argento, mentre il non rilascio delle particelle di carbone viene assicurato da una rete di contenimento con maglia sub micrometrica.

- *L’osmosi inversa*: si tratta di una tecnica di separazione che basa il suo principio di funzionamento sul processo chimico-fisico di permeazione dell’acqua attraverso una membrana semipermeabile e la conseguente separazione (anche oltre il 99%) del contenuto salino. Questa tecnologia prevede un ingresso, quello dell’acqua grezza, e di due uscite: quella dell’acqua “pura” ovvero il permeato e quella che va indirizzata allo scarico perchè contenente la quasi totalità dei sali e denominata “concentrato”.

Anche se non sempre giustificata l’installazione onerosa di questi impianti offre innegabili vantaggi quando l’acqua di rete, seppur potabile, non presenta caratteristiche di eccellenza, come ad esempio in alcune zone dove la risorsa idropotabile è costituita da acqua di falda con elevata concentrazione di nitrati. Va ricordato che un’acqua osmotizzata è sostanzialmente priva di contenuto salino⁴ e va pertanto rimineralizzata, o con un’aggiunta equilibrata di sali oppure miscelandola con una percentuale di acqua grezza.

- *Sistemi fisici*: sono apparecchiature che vengono proposte per impedire e/o ridurre la formazione di incrostazioni calcaree mediante l’applicazione di campi magnetici statici o elettromagnetici. Tali dispositivi vengono presentati sul mercato con i nomi più diversi (anticalcare magnetici o elettronici, condizionatori magnetici, acceleratori ionici, decalcificatori elettrodinamici) ma sono tutti raggruppabili in due tipologie che si distinguono appunto per la natura del campo fisico generato.

La rapidità di installazione e l’assenza di manutenzione ha consentito un forte sviluppo commerciale di questi impianti per i quali, tuttavia, non è ancora stata dimostrata un’efficacia certa, come peraltro evidenziato dallo stesso decreto 443/90 all’art.4 “*l’ammissibilità di queste apparecchiature dal punto di vista sanitario non sottointende un riconoscimento dell’efficacia, ricordando che sui principi di funzionamento e sull’utilità pratica le ricerche non sono ancora giunte a risultati conclusivi*”.

- *Sistemi UV*: le prime applicazioni dei sistemi UV in ambito acquedottistico risalgono al 1910, quando Helbronner, Henry e Recklinghausen ne installarono uno nell’impianto di potabilizzazione di Marsiglia. Attraverso la luce UV-C (2537 Å) emessa da speciali lampade a vapori di mercurio, il DNA dei microrganismi adeguatamente irraggiati viene alterato impedendone la corretta replicazione.

⁴ Va a tal proposito ricordato che, in letteratura, non vi è accordo in merito al significato sanitario della durezza dell’acqua e del contenuto salino tanto che, negli USA, la distillazione è considerata una tecnica di potabilizzazione

Se per un disinfettante chimico l'efficacia dell'effetto biocida dipende dal prodotto $C \cdot t$ (dove C è la concentrazione espressa in mg/l e t è il tempo di contatto espresso in secondi) per i sistemi UV esiste una relazione analoga che rappresenta la dose di irraggiamento: $D = I \cdot t$ (dove I è l'irraggiamento emesso dalle lampade espresso in mW/cm^2 e t è il tempo di esposizione espresso in secondi).

Grazie al loro principio di funzionamento gli impianti UV consentono di effettuare un'efficace barriera microbiologica pur senza alterare in nessun modo le caratteristiche dell'acqua (né dal punto di vista chimico, né organolettico) e per questo motivo ha trovato un terreno fertile nell'applicazione a valle degli impianti di trattamento acque ad uso domestico. Tuttavia se questi dispositivi non presentano sostanziali controindicazioni la loro efficacia risulta influenzata da un gran numero di parametri (trasmittanza dell'acqua, invecchiamento della lampada, sporcamento delle guaine protettive al quarzo, presenza di solidi sospesi, natura e quantità della carica microbica in ingresso, ecc) i quali, se non adeguatamente valutati in fase di dimensionamento, possono compromettere pesantemente i risultati del trattamento stesso.

I sottoprodotti della disinfezione

Idealmente un agente disinfettante utilizzato nei trattamenti di potabilizzazione dovrebbe possedere, oltre ad un elevato potere biocida, anche altre caratteristiche come: elevato potere di copertura nel tempo, assenza di tossicità, nessuna capacità di formare sostanze indesiderabili e di alterare i caratteri organolettici. La realtà invece ci mostra come l'utilizzo di un qualsiasi disinfettante possa influenzare pesantemente la qualità di un'acqua.

Il primo agente disinfettante a venire impiegato per il trattamento delle acque ad uso potabile è stato il cloro. I primi utilizzi risalgono al XIX secolo quando, soprattutto in Inghilterra, si hanno le prime applicazioni per la deodorizzazione dell'acqua. Il suo primo impiego come disinfettante risale alla fine del 1800 quando fu adottato, in abbinamento alla filtrazione su sabbia, negli Stati Uniti, ed in particolare nella città di Louisville. L'utilizzo sistematico di questo prodotto, soprattutto in forma gassosa, risale ai primi anni del XX secolo; dopo breve tempo numerose applicazioni trovarono realizzazione in Belgio e negli USA tanto che, già nel 1918, più di mille erano le città che regolarmente cloravano l'acqua potabile.

Attraverso la disinfezione delle acque venne drasticamente ridotta la diffusione di alcune epidemie, come il tifo, che prima di allora costituivano un problema igienico sanitario di notevole portata. Dopo alcuni decenni vennero però scoperte dai ricercatori del settore le controindicazioni di questi trattamenti: la formazione di sottoprodotti indesiderabili. Le prime segnalazioni si ebbero verso la fine degli anni 60, mentre nel 1974 Rook (Rotterdam Water Work) dimostrò la costante presenza di trialometani (THMs) nelle acque superficiali sottoposte a trattamento di clorazione.

Inizialmente ne vennero identificati soltanto quattro (il cloroformio, il bromoformio, il bromodichlorometano ed il clorodibromometano) ma successivamente venne accertata la presenza anche di numerose altre sostanze alogenate.

Altri sottoprodotti correlati all'uso del cloro, dell'ipoclorito e delle clorammine sono gli aloaldeidi, gli alochetoni, i clorofenoli, il cloruro di cianogeno (CNCl) e gli acidi aloacetici (HAAs); in particolare quest'ultima famiglia di contaminanti (acido

monocloroacetico, dicloroacetico, tricloroacetico, monobromoacetico, dibromoacetico, bromocloroacetico) è in grado di fornire un contributo pari al 30-50% rispetto ai THMs. Queste sostanze, già approfonditamente studiate negli USA, non sono ancora soggette ad alcuna normazione in Italia e nel resto dell'Europa.

Il biossido di cloro venne sintetizzato nei primi decenni del XIX secolo tuttavia, a causa delle relative difficoltà di preparazione di natura sia tecnica che economica, tale prodotto fu poco applicato per lungo tempo. Nel 1944 il biossido di cloro venne per la prima volta usato in un impianto di potabilizzazione negli Stati Uniti, ma non allo scopo di disinfettare l'acqua bensì per eliminare la presenza di gusti ed odori, mentre negli anni successivi venne utilizzato con frequenza sempre maggiore anche nel controllo delle alghe, la rimozione del ferro, del manganese e nei processi di disinfezione. Svolgendo un'azione prettamente ossidante, il biossido di cloro differisce dal cloro e dai suoi derivati soprattutto per la minore interazione con le sostanze organiche presenti nell'acqua e per la conseguente formazione di sottoprodotti assai più contenuta. Va tuttavia ricordato che, soprattutto a causa di uno dei reagenti (clorito di sodio) utilizzati per la sua sintesi, il biossido di cloro in acqua genera un altro sottoprodotto indesiderabile: il clorito.

La direttiva 98/83/CE consente che gli stati membri stabiliscano valori di parametro più restrittivi e considerino anche eventuali sostanze non contemplate nella direttiva comunitaria; è questo il caso del clorito, elemento non previsto dal legislatore europeo ma recepito in alcuni stati membri come l'Italia (700 µg/L), la Francia e la Germania (0,2 mg/L).

Anche l'utilizzo dell'ozono nei trattamenti di potabilizzazione risale al XIX secolo.

I primi esperimenti vennero condotti in Francia nel 1886 da De Maritens, mentre la prima applicazione su scala acquedottistica è del 1893 e riguarda la disinfezione delle acque del Reno in Olanda. A parte le difficoltà impiantistiche dovute alla sua produzione in situ, l'ozono si presenta come un eccellente agente disinfettante ed ossidante che non dà origine a nessuno dei sottoprodotti caratteristici dell'impiego con cloro o biossido. Tuttavia anche questo trattamento non esente da controindicazioni infatti il bromuro eventualmente presente anche in tracce nell'acqua, interagendo con l'ozono origina lo ione bromato. Il bromato è un sottoprodotto ritenuto cancerogeno e per questo motivo rigidamente normato (Tabella 3). L'utilizzo dell'ozono va quindi ponderato nei casi in cui nell'acqua venga accertata la presenza del precursore bromuro, presente significativamente nel nostro paese solo in alcune aree costiere e particolarmente in Sardegna.

Contrariamente ai disinfettanti chimici la radiazione ultravioletta, con riferimento alle dosi normalmente impiegate nel trattamento delle acque potabili (400 J/m²), è sostanzialmente esente dalla formazione di sottoprodotti. Per dosaggi molto più intensi possono invece aver luogo reazioni di fotoassorbimento in grado generare, in funzione delle caratteristiche dell'acqua, possibili sostanze indesiderabili. Ben nota è ad esempio la formazione, seppur in concentrazioni esigue, di nitrito per riduzione del nitrato.

Recentemente è stato scoperto ed è oggetto di studio da parte degli esperti del settore un nuovo inquinante: la N-nitrosodimetilammina (NDMA).

La NDMA non è normata, né a livello nazionale né in ambito europeo; nemmeno gli USA hanno previsto un limite massimo alla sua concentrazione in acqua mentre alcuni

stati come la California e l'Ontario indicano valori di soglia estremamente esigui (rispettivamente 10 e 9 ng/l) il che fa presupporre una pericolosità non trascurabile della sostanza. La NDMA nelle acque ha origine soprattutto quando come agente disinfettante vengono usate le clorammine, ma in forma minore possono derivare anche dall'impiego del cloro e dall'uso di specifiche resine a scambio ionico. Nell'ambiente può avere origini industriali ma trovarsi anche in cibi e bevande (formaggi, derivati della frutta, carni conservate, birra, distillati di mele), nonché nel fumo della sigaretta⁵. Si è recentemente scoperto che la luce UV (200-400 nm) è in grado di degradare la NDMA mediante fotolisi⁶.

Tabella 3: Confronto delle concentrazioni limite (mg/l) di alcuni DBPs presenti nelle acque destinate al consumo umano riferito a differenti legislazioni

	EPA ⁷ (2003)	WHO ⁸ (2004)	Europa (98/83/CE)	Italia (D.Lgs. 31/01) (D.M. 5 sett. 06)
THMs				0,03
<i>Cloroformio</i>	0,08	0,2	0,1 (0,15 sino al 11/2008)	
<i>Bromoformio</i>		0,1		
<i>Clorodibromometano</i>		0,1		
<i>Bromodichlorometano</i>		0,06		
HAAs				
<i>Acido monocloroacetico</i>	0,06	-	-	-
<i>Acido dicloroacetico</i>				
<i>Acido tricloroacetico</i>				
<i>Acido monobromoacetico</i>				
<i>Acido dibromoacetico</i>				
<i>Acido bromocloroacetico</i>				
Clorito	1,0 → 0,8 (goal)	0,7	-	0,2 (0,8 sino 25/12/2006) (0,7 dal 25/12/2006)
Bromato	0,010 → 0 (goal)	0,01	0,01	0,01 (0,025 sino 25/12/08)

Nella tabella 3 i dati riportati, a parte quelli riferiti allo ione bromato per il quale c'è un assoluto allineamento dei valori, si presentano abbastanza disomogenei e ciò può far riflettere in merito al concetto "legale" di potabilità.

Per alcuni parametri non è possibile pretendere la stessa attenzione che viene posta dai paesi europei rispetto a quelli del terzo mondo, dove gli aspetti legati all'approvvigionamento ed alla contaminazione microbiologica (conseguenze immediate sulla salute umana) sono sicuramente prioritari rispetto a quelli igienico sanitari dovuti alla presenza di inquinanti chimici (possibili conseguenze a lungo termine sulla salute umana).

⁵ Lasagna C. (2007)

⁶ Temporelli G., Porro R. (2005)

⁷ Environment Protection Agency (Ente di protezione ambientale degli Stati Uniti)

⁸ World Health Organization (Organizzazione Mondiale della Sanità – OMS)

Le deroghe ai valori di parametro

Il legislatore, consapevole dell'attuale stato della tecnologia e delle reti acquedottistiche, ha previsto delle deroghe ai valori parametrici di alcuni elementi indesiderabili e tossici; a tal scopo sono stati fissati dei periodi transitori durante i quali, in attesa di raggiungere i limiti definiti, è consentita l'erogazione dell'acqua. Il piombo per esempio sarà ammesso sino al 2013 con una concentrazione di 25 µg/l (anziché 10 µg/l); stessa concentrazione è ammessa sino al 2008 per il bromato.

Il D.Lgs. 31/2001 consente che alcuni degli obiettivi di qualità possano essere raggiunti in tempi successivi alla sua entrata in vigore, poiché, in seguito all'abbassamento dei valori limite di alcuni parametri (ad esempio l'arsenico: 50 µg/L vecchia normativa 10 µg/L nuova normativa) non è possibile in tempi brevi disporre di risorse idriche che possano soddisfare tali requisiti o attivare adeguati impianti di trattamento. Nel nostro paese le diffuse formazioni di natura vulcanica e le manifestazioni geotermiche sono causa di frequenti arricchimenti di alcune acque sotterranee in arsenico, boro e altri elementi, le cui concentrazioni spesso entrano in regime di deroga.

Le deroghe non sono comunque una pratica recente, le difficoltà di adeguamento ai valori limite erano ben note dal momento in cui nuove e differenti sostanze vennero introdotte per la valutazione dei criteri di qualità delle acque destinate al consumo umano; infatti già nella Direttiva CEE 80/778 veniva presa in considerazione la possibilità di derogare alle concentrazioni massime ammissibili di certe sostanze.

Dal momento del recepimento della Direttiva CEE 80/778 con il D.P.R. 236/88 fino all'entrata in vigore del D.Lgs. 31/2001, le deroghe hanno coinvolto molte regioni soprattutto per parametri quali nitrati, fluoruri, ammonio, magnesio, manganese, ferro, solfati, ossidabilità, sodio, residuo fisso, composti organoalogenati.

Il quadro attuale relativo a questo importante tema è comunque sostanzialmente cambiato, perché sono scomparsi dalla richiesta di deroga i parametri in passato ritenuti critici e che ora fanno parte dei parametri indicatori.

Allo stesso tempo desta però perplessità il fatto che per sostanze notoriamente tossiche come l'arsenico siano concesse deroghe, tra l'altro a valori abbastanza elevati (50 µg/L), nonostante l'art 13 del D.Lgs. 31/2001 stabilisca che..... *nessuna deroga presenti potenziale pericolo per la salute umana e semprechè l'approvvigionamento di acque destinate al consumo umano conformi ai valori di parametro non possa essere assicurato con nessun altro mezzo congruo.*

Ancor più perplessità viene destata dagli enti gestori che da molti anni, grazie a convegni ed altre occasioni di confronto e di diffusione delle informazioni, sono a conoscenza delle criticità indotte in tal senso dall'entrata in vigore del D.Lgs. 31/2001. Resta l'attenuante legata al fatto che solo recentemente si sono messe a punto tecniche efficienti di rimozione dell'arsenico dalle acque. Non appare invece giustificata la permanenza della deroga per i THMs fino a valori abbastanza elevati (80 µg/L) dal momento che la tecnologia di rimozione di questi contaminanti è abbastanza conosciuta e diffusa e che già in passato molti enti gestori erano riusciti a mantenere nei loro acquedotti valori inferiori al valore di 30 µg/L stabilito dal D.P.R. 236/88. In questo senso, la concessione di deroga per i trihalometani costituisce un passo indietro in relazione ai requisiti di qualità delle acque potabili.

Il quadro attuale delle deroghe in vigore a livello nazionale, a parte qualche eccezione, risulta quasi totalmente orientato su parametri quali arsenico, boro, clorito, fluoro, e vanadio, ovvero sostanze che assunte per lunghi periodi possono avere ricadute negative sulla salute umana.

Conclusioni

Quando si ha a che fare con l'acqua da bere non si deve dimenticare l'aspetto emozionale che essa suscita, lievi difetti organolettici vengono spesso e ragionevolmente interpretati dal consumatore come una sorta di scarsa qualità e dubbia sicurezza; tuttavia solo un'analisi chimico-fisico-microbiologica può stabilire la potabilità di un'acqua, non dimentichiamoci infatti che la maggior parte delle sostanze indesiderabili e tossiche non è organoletticamente percepibile.

Il quadro normativo riguardante le acque destinate al consumo umano è sufficientemente cautelativo per la salute dei consumatori, tuttavia sono auspicabili per prossimo futuro degli ulteriori passi in avanti:

1. a livello acquedottistico l'utilizzo di tecnologie innovative che consentano di migliorare il rapporto benefici/rischi, ovvero assicurare un elevato livello di qualità e di garanzia igienico sanitaria all'utente con la minor presenza possibile di sottoprodotti indesiderabili.
2. diffondere una corretta cultura riguardante i trattamenti POE e POU in modo che, tutti quegli ambiti domestici che lo richiedano possano usufruire di tecnologie di trattamento dell'acqua sicure, certificate ed efficienti
3. al fine di regolamentare più dettagliatamente il settore della grande ristorazione, e conseguentemente tutelare al meglio la salute del consumatore, ci si augura che venga al più presto emesso dal Ministero della Salute un nuovo decreto che consenta di adeguare al progresso scientifico, tecnico e normativo le disposizioni contenute nell'attuale DM 443/90.

Bibliografia

- Mantelli F., Temporelli G. *Acque naturali e acque trattate*, Acque ad uso umano – dalle acque di rete a quelle confezionate (a cura di C. Collivignarelli e S.Sorlini, CIPA Editore, 2005)
- Premazzi G. et al *Standards and strategies in the european union to control trihalomethanes (THMs) in drinking water (1997)*
- Temporelli G., Mantelli F. *Acque potabili e minerali naturali - Le nuove disposizioni di legge in riferimento ai parametri chimici* Periodico L'ACQUA 4/2004
- Conio O., Palumbo F., Formentera V., Specchiarello M., Riganti V. *Le acque per uso alimentare in Italia Nota III - La potabilizzazione al rubinetto dell'utente*. Rivista di merceologia 1994, 33
- Temporelli G., Porro R. *La radiazione UV nel trattamento delle acque destinate al consumo umano* Franco Angeli, 2005
- Lasagna C. *Inquinanti "emergenti" di tipo chimico nelle acque destinate al consumo umano* Convegno AICA – Genova, marzo 2007