

Francesco Mantelli, Pietro Fiorentino, Marzia Masini, Emanuele Cecconi, Paolo Bucci, Fabio Cioni, Paola Orsini, Gabriele Bertini, Mauro Cresti.

Dipartimento Provinciale ARPAT di Firenze, via Ponte alle Mosse, 211 – Firenze.

Verso l'attuazione del D. lgs. 31/01: evoluzione dei parametri di controllo delle acque destinate al consumo umano

*L'acqua è un diritto di base per tutti gli esseri umani.
Senza acqua non c'è futuro. L'acqua è democrazia”
(Nelson Mandela, Johannesburg, agosto 2002)*

----- Pubblicato su Boll. Chim. Igien. Vol. 53, pp.279 – 298, 2002. Atti del XXX Congresso Nazionale dell'Unione Italiana dei Chimici Igienisti, Palermo, 5-7 giugno 2002 -----

Riassunto

Con la prossima entrata in vigore del D. lgs. n. 31 del 2 febbraio 2001, fra le varie innovazioni nel controllo delle acque destinate al consumo umano, si osserva una modifica evidente dei parametri chimici e microbiologici cui deve conformarsi la qualità di tali acque.

Rispetto al DPR 236/88, nel nuovo decreto vi è un maggiore orientamento verso il controllo delle sostanze tossiche. Viene evidenziato inoltre un maggiore livello di precauzione basato sull'acquisizione di nuove evidenze tossicologiche, mantenendo l'invito a indagare sulla presenza di sostanze non esplicitamente indicate nel decreto. Si assiste inoltre alla riduzione dei valori limite di arsenico, idrocarburi aromatici policiclici, piombo e altri parametri.

Il D. lgs. n. 31/01 consente che alcuni degli obiettivi di qualità possano essere raggiunti in tempi successivi alla sua entrata in vigore, data la complessità delle attuali tecniche di potabilizzazione, la necessità, in alcuni casi, di reperire adeguate fonti di approvvigionamento e i forti investimenti per la sostituzione di vecchie reti di distribuzione: una rete idrica obsoleta non solo è responsabile delle perdite, ma anche dell'alterazione dei requisiti di qualità dell'acqua trasportata.

Viene riportata inoltre l'esperienza di controllo delle acque destinate al consumo umano nella Provincia di Firenze, ritenuta di interesse per il numero di abitanti serviti, per la presenza di aree ad elevata urbanizzazione, per l'impiego di fonti di approvvigionamento molto diversificate che richiedono differenti soluzioni nella realizzazione e conduzione dei relativi impianti di potabilizzazione.

Per quanto riguarda lo stato dei controlli da parte dei laboratori pubblici, emerge la necessità che questi si dotino di moderna strumentazione analitica per determinare alcuni parametri a livelli di sensibilità molto elevata; per alcuni parametri lo stesso decreto riconosce le difficoltà tecniche di raggiungere alcuni limiti di rivelabilità.

Summary

In this paper, the new law on drinking water control in Italy is presented. Further, the experience in drinking water control in Florence province is presented, taking into account the important innovations introduced by the D. lgs. 2.2.2001. In comparison with the DPR 236/88, formerly ruling, the new D. lgs. is more oriented towards the control of toxic substances. Continuous investigation on substances not explicitly mentioned in D. lgs. n. 31 is invited. Threshold values for several substances (arsenic, polynuclear aromatic hydrocarbons, lead,) are lowered. On the other hand, targets for water quality are set by D. lgs. n. 31 with a measure of temporal flexibility, keeping into account the complex necessities in terms of water treatment and the large capital investments involved.

The Florence area is a very interesting testing ground, for the high number of customers, the high level of urbanisation and for the presence of different sources of drinking water, each requiring specific solutions for management of treatment plants.

Parole chiave: acqua potabile, D. lgs 31/01, tecniche di analisi

Key words: drinking water, D. lgs 31/01, technical of analysis

Introduzione

Vecchi documenti che risalgono alla fine degli anni sessanta, sfuggiti a ingenti operazioni di pulizia e di rinnovamento che da qualche tempo vengono svolte in molte strutture pubbliche di controllo, mostrano quali erano i parametri chimici di quei tempi nel controllo delle acque destinate al consumo umano. Nella tabella 1, dove è riportata un'analisi chimica del novembre 1969 di un campione di acqua dell'acquedotto di Empoli (Firenze), si osserva che i parametri erano numericamente molto ridotti e che alcuni di questi erano analizzati con metodiche che non fornivano risultati numerici. In quegli anni non era tanto la mancanza di tecniche analitiche adeguate (già all'inizio del '900 si disponeva di analisi di acque, per lo più di uso termale, con tanto di bilancio ionico dei componenti principali e con determinazioni di elementi minori), quanto la mancanza di una cultura sulla chimica delle acque potabili, poiché si privilegiavano, e non senza ragione, gli aspetti microbiologici. Non si dimenticano comunque le varie isole di sensibilità sul tema acque "ad uso umano" nelle stesse strutture pubbliche di controllo anche in anni ormai lontani: ne sono testimonianza i primi lavori sui nitrati di Biffoli nell'allora laboratorio di Igiene e Profilassi di Firenze (1, 2).

<i>Prunecchio, Comune di Empoli (Firenze)</i>	
Caratteri fisici-organolettici	normali
Ione nitrato	tracce
Ione nitrito	assente
Ione ammonio	assente
Ferro	0,06 mg/L
Manganese	assente
Residuo fisso a 180 °C	0,5560 g/L
Durezza totale	41 °F
Alcalinità tot. espressa in CaCO ₃	0,350 g/L
Alogeni totali espressi ione cloruro	47,8 mg/L
Tensioattivi	assenti
Sostanze organiche espresse in mg O ₂ per litro	0,2

Tabella 1- Analisi chimica di un'acqua di acquedotto in provincia di Firenze (Novembre 1969).

Bisogna giungere al DPCM 8 febbraio 1985 (3), per trovare una prima normativa organica sulle acque destinate al consumo umano e successivamente al 1988, con l'entrata in vigore del DPR 236 (4), in pratica entrambe derivanti dall'applicazione di una direttiva Europea (5). Con quel decreto si assegna alle acque potabili finalmente il ruolo insostituibile nell'ambito umano, mentre leggi successive in tema di acque

arrivano a correlare lo stato e l'uso di altre acque a quelle potabili, così come viene definito anche nell'art. 2 della Legge n° 36 del 5 gennaio 1994 (6): “*L'uso dell'acqua per il consumo umano è prioritario rispetto agli altri usi del medesimo corpo idrico superficiale o sotterraneo. Gli altri usi sono ammessi quando la risorsa è sufficiente e a condizione che non ledano la qualità dell'acqua per il consumo umano*”.

Dal 1988 ad oggi sono trascorsi molti anni: sarebbe ingeneroso negare l'importanza che il DPR 236/88 ha avuto sulla tutela della salute pubblica attraverso la fornitura di acqua di migliore qualità rispetto al passato. Resta comunque difficile disporre di dati oggettivi per affermare quanto l'acqua potabile sia migliore rispetto a quella fornita circa 15 anni fa perché è mancata e ancora manca una sistematizzazione dei dati che possa consentire di verificare l'evoluzione di molte variabili inerenti questa materia. Per fare un esempio, il primo computer è comparso nella struttura di controllo dell'allora Servizio Multizonale di Prevenzione di Firenze (ora dipartimento ARPAT) all'inizio degli anni 90, mentre il primo programma informatico regionale di data base per la trasmissione dei dati ambientali e sanitari alle varie strutture decisionali (Ministero della Salute, Aziende Sanitarie, Regioni e Province) è operativo dal 1 gennaio 2001.

Appare comprensibile che nell'attuale carenza di dati analitici organizzati, quindi facilmente trasferibili a tutti i soggetti interessati, abbiano trovato spazio altre forme di produzione e di diffusione delle informazioni sulla materia “acqua potabile”, cioè quelle basate su momenti e ondate emozionali sulla scia di qualche evento clamoroso o prodotte in ambito divulgativo con supporti scientifici spesso non adeguati a trattare una materia così complessa.

Pur in un contesto ad evoluzione molto rapida, che sicuramente non mancherà di apportare interessanti innovazioni sulla gestione e conoscenza delle acque distribuite dai pubblici acquedotti, il quadro conoscitivo nel nostro Paese dello stato di queste acque è incompleto e quasi mai rappresentativo di quello reale, in parte frammentato e confinato in pregevoli lavori scientifici che non possono essere rappresentativi che di situazioni limitate a certi territori.

Sul piano prettamente tecnico-scientifico, per le acque destinate al consumo umano resta da percorrere ancora molta strada, sia per quanto riguarda i controlli, di fronte all'avanzare di nuovi contaminanti ambientali che prima o poi trovano in acque superficiali e sotterranee (che costituiscono la materia prima nei processi di potabilizzazione) la loro naturale e spesso prolungata “nicchia ecologica”, sia per i processi di gestione delle acque stesse.

Certamente per l'“affare acqua”, il passaggio più o meno evidente, da risorsa da amministrare ai fini del servizio pubblico a materia oggetto di investimenti ai fini della produzione di utili, talvolta può non essere di aiuto: l'acqua di qualità scadente prodotta da qualche acquedotto in alcune aree del nostro Paese, prontamente sostituita in quelle stesse aree da acque alternative trasportate e “vendute a domicilio” da privati (notizie verificabili su molta stampa recente), è quanto meno sospetta. Non pochi si interrogano sulla trasformazione ormai di fatto dell'acqua in *bene economico* e del passaggio della sua gestione nelle mani di poche multinazionali (7).

Certamente le notizie della carenza idrica in alcune regioni meridionali dell'Italia, già ad inizio estate 2002, con le gravi ripercussioni sulla dotazione idrica individuale e anche per l'agricoltura, fenomeni in larga parte previsti da tempo, disegnano un quadro di grande attenzione e di rinnovato impegno nella gestione di una risorsa non inesauribile.

Occorre anche riconoscere che una maggiore dinamica nell'ambito delle acque potabili era indispensabile così come erano indilazionabili i tempi per una riforma della gestione del sistema acqua: introiti bassissimi, quindi scarse possibilità di rinnovare gli impianti, conduzioni frammentate (migliaia i gestori, fra pubblici, privati e misti che gestivano acquedotti o fognature) e di insufficiente livello tecnico erano ormai divenute inaccettabili. Speriamo che il mercato abbia almeno il vantaggio di ridurre sprechi (chi può si farà comunque una piscina in aree a carenza idrica cronica), di recuperare almeno in parte quel 27 % di acqua che va mediamente perduto nel nostro Paese a causa di reti obsolete, di indurre maggiori controlli, di permettere confronti sul prodotto fornito, di rendere alla fine più trasparente il rapporto fra chi produce e chi utilizza.

I parametri chimici e microbiologici per la definizione dei requisiti di qualità delle acque destinate al consumo umano

Per valutare l'evoluzione dei parametri di controllo delle acque destinate al consumo umano con la prossima entrata in vigore del D. lgs. 2 febbraio 2001, n. 31 (8), attuazione della direttiva comunitaria 98/83/CE (9) è indispensabile ricordare, anche se brevemente, lo stato degli attuali controlli.

I requisiti di qualità delle acque destinate al consumo umano sono attualmente valutati sulla base dei valori e delle indicazioni relative a 56 parametri chimici e 6 biologici riportati nell'allegato 1 del DPR 236/88. Al momento si continua a ritenere come valori limite per lo stato di qualità le *concentrazioni massime ammissibili* (CMA). Queste saranno sostituite dai *valori di parametro* indicati nell'allegato 1, parte A e B dal D. lgs. 2 febbraio 2001, n. 31; si ricorda che recentemente è stato emanato un altro decreto inerente le acque potabili, il D. lgs. 2 febbraio 2002, n. 27 che ha introdotto modifiche ed integrazioni al precedente decreto (10).

Per la valutazione della qualità delle acque destinate al consumo umano, il DPR 236/88 definisce tipologia dei parametri e loro frequenza in funzione del numero di abitanti serviti e secondo quanto ritenuto necessario da parte delle autorità sanitarie competenti sulla base delle criticità ambientali che possono indurre contaminazioni particolari delle acque, siano queste legate ad attività umana o per cause naturali. Generalmente, anche in seguito ad accordi con le autorità sanitarie, viene determinato, con attività di controllo ordinario, un numero ridotto dei 62 parametri chimici e microbiologici indicati nell'allegato 1 del D.P.R. 236/88. I parametri che vengono prevalentemente determinati per stabilire i requisiti di potabilità delle acque sono riportati nelle tabelle 2 e 3.

<i>Routine</i>		<i>Controlli mirati</i>
Colore		Boro
Odore		Bicarbonati
Torbidità		Prodotti fitosanitari
pH		Cloro libero residuo
Conducibilità elettrica		Potassio
Fluoruro		Fenoli
Cloruri		Policlorobifenili
Nitrati		Idrocarburi aromatici policiclici
Solfati		Antimonio
Nitriti		Arsenico
Ammoniaca		Mercurio
Fosfati		Nichel
Idrocarburi disciolti o emulsionati		Rame
Sodio		Selenio
Calcio		Vanadio
Magnesio		Zinco
Composti organoalogenati		
Alluminio		
Ferro		
Manganese		
Cadmio		
Cromo		
Piombo		

Tabella 2 - Parametri chimici determinati dall'entrata in vigore del DPR 236/88 per stabilire i requisiti di potabilità delle acque destinate al consumo umano.

Routine		Controlli mirati
Coliformi totali		Spore di clostridi solfitoriduttori
Coliformi fecali		Stafilococchi patogeni
Streptococchi fecali		Enterobatteri patogeni
Carica batterica a 36 °C		Batteriofagi anti-E.coli
Carica batterica a 22 °C		Enterovirus
		Pseudomonas aeruginosa
		Protozoi
		Elminti
		Alghe

Tabella 3 - Parametri microbiologici determinati dall'entrata in vigore del DPR 236/88 per stabilire i requisiti di potabilità delle acque destinate al consumo umano.

Le scelte relative ai parametri di controllo, pur nelle diverse realtà delle varie province e regioni, vengono condotte, generalmente, secondo i seguenti criteri:

- Il modello seguito è quello indicato nell'allegato II del DPR 236/88 in cui vengono individuati 4 diversi tipi di controllo così definiti: controllo minimo C1; controllo normale C2; controllo periodico C3; controllo occasionale C4.
- Non rientrano, di solito, nella *routine di controllo* i parametri per i quali non è disponibile la relativa CMA, infatti il dato ricavato non è utilizzabile per esprimere un giudizio di qualità; es. cobalto, T.O.C., potassio e altri. Sono ritenuti di scarso utilizzo ai fini del controllo delle acque distribuite in rete parametri come silice, idrogenocarbonato, anidride carbonica, ossigeno disciolto (alcuni di questi possono comunque essere di interesse da parte dell'ente gestore o in casi particolari).
- Alcuni parametri non vengono ricercati in quanto relativi a sostanze non presenti in alcune zone del territorio sotto controllo (es. gli antiparassitari non vengono ricercati nelle acque captate in zone dove non si fa, o non si è fatto, uso di queste sostanze).
- Accertata presenza in una serie di acquedotti di una o più sostanze in concentrazioni molto più basse delle relative CMA: valutazioni su un numero significativo di dati pregressi dimostrano la possibilità di ridurre quel tipo di controllo (ad esempio, nel caso della provincia di Firenze, dopo un'attenta valutazione dei dati pregressi, si potrebbe ridurre il controllo di cadmio e cromo)(11).

Sulla base dei criteri sopra riportati, vengono stabiliti dei piani di controllo congiuntamente alle Aziende Sanitarie locali in modo da ottemperare in sufficiente misura a quanto stabilito dall'art. 10 (*frequenza di campionamento e metodi di analisi*) del D.P.R. 236/88. Mentre i primi 3 tipi di controllo (parametri di tipo C1, C2, C3) costituiscono materia di ordinaria routine, con un numero e una tipologia di parametri chiaramente definiti, è stata talvolta non facile l'individuazione dei parametri C4, in quanto, per questo tipo di controllo occorre tenere presente la nota allegata: *i parametri sottoelencati dovranno figurare, in tutto o in parte, tra i parametri degli altri tipi di controllo quando, a giudizio dell'autorità sanitaria competente, lo richiedano particolari condizioni locali connesse a fenomeni naturali e non*. Per molti di questi parametri è stato indispensabile individuare le *particolari condizioni locali* che consentono di stabilire la necessità di un loro controllo. In pratica il criterio guida nella individuazione dei parametri utilizzati per il controllo C4 è soprattutto la relazione con le caratteristiche specifiche del territorio ed è basato sulle conoscenze delle possibili fonti di inquinamento di origine antropica e di cessioni di origine naturale.

Mentre per l'utilizzo dei corpi idrici superficiali sono disponibili tutte le informazioni ricavate da oltre un decennio di controlli delle acque superficiali (dalla ex 515/82 fino al decreto 152/99) (12, 13, 14) che hanno indirizzato verso specifici controlli di tipo C4, per le acque sotterranee, pur essendo più protette e di maggior interesse ai fini dell'utilizzo nella produzione di acqua potabile, la valutazione si è fatta talvolta più complessa. Certamente le acque sotterranee utilizzate per la produzione di acqua potabile sono ugualmente conosciute in seguito a monitoraggi dedicati, ma da qualche tempo, verosimilmente in molte aree del nostro

Paese, sono più frequenti le nuove perforazioni con utilizzo di acque a volte non sufficientemente conosciute. Pur essendo previsto dal decreto 26 marzo 1991 (15) il campionamento di un nuovo pozzo per ciascuna delle 4 stagioni, per definire lo stato di qualità delle acque sotterranee, quel periodo può risultare talvolta non sufficiente, specialmente nei casi in cui, tali tempi vengono drasticamente ridotti per motivi di emergenza, come quando si verificano carenze idriche in seguito ad impatti prodotti da grandi opere infrastrutturali. Non sono da trascurare inoltre particolari acquiferi che possono determinare il rilascio di certi inquinanti presenti per fenomeni del tutto naturali: è stato uno studio approfondito di alcuni acquiferi vulcanici che ha portato, non solo all'individuazione del vanadio nelle relative acque sotterranee dell'area etnea, (16,17) ma addirittura all'inserimento nella normativa delle acque della relativa concentrazione massima ammissibile (18). E' nota infine la contaminazione di varie acque sotterranee del nostro Paese da arsenico e boro a causa delle caratteristiche litologiche di carte aree (19, 20).

Generalmente i parametri tipo C4 che, pur nelle differenti realtà acquedottistiche del nostro Paese, sono ritenuti di importanza prevalente, sono i seguenti.

1) *Composti organoalogenati* - I composti organoalogenati che comunemente si riscontrano nelle acque distribuite in rete sono in relazione con i processi di disinfezione a base di derivati del cloro; più raramente possono essere legati a contaminazione delle falde. Nel primo caso si riscontrano: cloroformio, bromodichlorometano, dibromoclorometano, bromoformio. Da alcuni anni, con la sostituzione in vari acquedotti del processo di disinfezione a base di sodio ipoclorito con sistemi a base di biossido di cloro e con nuove tecniche impiantistiche, è corrisposto una sensibile diminuzione di queste sostanze nelle acque distribuite. Quando le acque sono attinte da falde inquinate, si può riscontrare la presenza di differenti composti clorurati; fra questi trichloroetilene, tetracloroetilene, 1,1,1-trichloroetano, alcuni tipi di freon. La presenza di queste sostanze è dovuta prevalentemente a contaminazione da scarichi di origine industriale o da insediamenti artigianali. Contaminazioni imputabili a questo genere di organoalogenati sono frequenti nelle acque sotterranee della Lombardia e in certe zone della piana di Firenze (21). Alcune di queste sostanze sono divenute ubiquitarie, mentre contaminazioni indotte da scarichi di oltre 30 anni fa sono ancora attuali.

2) *Idrocarburi* - Vengono ricercati quando sussiste un sospetto di contaminazione. Benzine e altri idrocarburi, sversati e infiltrati nel suolo, possono inquinare le acque sotterranee e in alcuni casi addirittura permeare attraverso i tubi di materiale plastico con cui sono realizzate le condutture di alcuni rami acquedottistici e contaminare l'acqua. La determinazione degli idrocarburi viene inserita nella serie dei parametri individuati per la valutazione della qualità delle acque nel corso di monitoraggi particolari. Ad esempio, in seguito alle grandi opere che hanno coinvolto un esteso territorio della Toscana e dell'Emilia - Romagna per la realizzazione della ferrovia ad Alta Velocità, le acque superficiali sono a rischio di contaminazione da idrocarburi rilasciati da macchine operatrici nelle gallerie. Anche in aree carsiche della Toscana, la presenza di cave attive costituisce un rischio di contaminazione delle acque sotterranee per sversamento di idrocarburi; alcune di quelle acque sono destinate alla potabilizzazione: nel corso degli ultimi 20 anni l'inquinamento da idrocarburi si è presentato sporadicamente, ma ogni volta con impatti fortemente negativi sull'acqua erogata.

3) *Antiparassitari* - Sono presenti nel nostro Paese circa 400 differenti principi attivi. Gli antiparassitari sono solitamente oggetto di analisi di routine nelle acque superficiali destinate alla potabilizzazione, essendo meno protette di quelle sotterranee. I principi attivi ricercati sono: insetticidi organoclorurati, insetticidi organofosforati, diserbanti; non viene trascurata l'indagine su vari principi attivi non più in uso da anni data la persistenza di alcuni di questi.

4) *Magnesio* - Questo elemento è stato oggetto di determinazioni analitiche in gran parte delle acque del nostro Paese, sia per la presenza accertata in varie acque sotterranee di questo elemento in concentrazioni elevate (imputabili solo a fenomeni naturali) e per la concentrazione massima ammissibile prevista dall'allegato I del DRP 236/88 (50 mg/L) che quindi imponeva dei controlli per la verifica di conformità. Concentrazioni fino a 90 mg/L si riscontrano in alcune acque della Valdelsa (Toscana) a causa delle caratteristiche litologiche del territorio dove sono localizzati gli acquiferi utilizzati a scopo potabile. In Toscana, l'obbligo di rispettare la concentrazione massima ammissibile ha determinato la concessione di deroghe per quegli acquedotti che attingevano acque ricche in magnesio, spingendo verso l'allestimento di impianti di trattamento costosi o a dilazioni prolungate della deroga laddove gli interventi tecnici non erano stati ancora realizzati. Certamente la presenza di una CMA per questo parametro, ha creato non poche

difficoltà agli enti gestori, sia alle strutture pubbliche di controllo. La mancata citazione del magnesio nel D. lgs 31/01 sembra confermare quanto in vari ambiti scientifici da tempo si sosteneva: il magnesio in concentrazioni ragionevolmente superiori alla CMA non costituisce un problema di rilevanza sanitaria, mentre gli interventi di trattamento per la sua rimozione possono peggiorare l'acqua stessa.

5) *Manganese e ferro* – Poiché alcune acque sotterranee nel nostro Paese utilizzate ai fini acquedottistici contengono manganese e ferro in concentrazioni elevate, questi metalli vengono comunemente inseriti nei controlli di tipo C3. La CMA del manganese è molto bassa (50 µg/L), non per conseguenze sanitarie che può indurre l'assunzione di acque con questi livelli di concentrazione, ma per problemi di carattere impiantistico: il manganese in soluzione, presente in forma ridotta, si ossida e dà luogo ad un composto insolubile (ossido idrato di manganese) che determina imbrunimento delle acque e incrostazioni nelle tubazioni. Il ferro non è un metallo tossico (è, anzi, essenziale per l'organismo umano), ma la CMA di 200 mg/L è necessaria per evitare che finiscano in rete acque con concentrazioni maggiori che possono determinare comparsa di colorazione, depositi entro le tubazioni, sapore metallico.

6) *Sodio* - E' un parametro di interesse in quanto ritenuto di rilevanza sanitaria e pertanto è definita una CMA che impedisce l'assunzione delle acque ad elevato contenuto di sodio. Viene inoltre controllato quando si utilizzano acque estratte da falde esposte a fenomeni di salinizzazione, ma è di scarsa utilità un controllo ordinario quando la tipologia degli approvvigionamenti è ben conosciuta e i tenori di sodio sono bassi. Il sodio è comunque un elemento che è opportuno controllare nelle acque sottoposte ad addolcimento o dissalazione; queste tecniche di trattamento prevedono frequentemente l'impiego delle resine a scambio ionico che sostituiscono gli ioni calcio e magnesio con sodio. Queste operazioni non vengono effettuate sulle acque distribuite in rete, ma è sempre più frequente l'impiego da parte di privati di apparecchi installati nelle proprie abitazioni. Questo argomento sarà ripreso successivamente in uno specifico paragrafo.

7) *Idrogeno solforato* - Per questo parametro non è previsto un valore di CMA, poiché come limite viene utilizzata la soglia olfattiva (nell'allegato I, nella colonna delle CMA è indicato: *non rilevabile organoletticamente*). La soglia di percezione dell'odore di idrogeno solforato, funzione della sensibilità individuale, è costituita da un campo di valori di concentrazioni comprese fra 0,01 e 0,25 µg/L. Viene determinato analiticamente in quelle acque dove si avverte l'odore caratteristico di questa sostanza.

8) *Antimonio, arsenico, boro, nichel, mercurio, selenio*. Ad eccezione di situazioni locali dove l'attività industriale ha lasciato un deciso segno, in molti casi la presenza di questi elementi nelle acque utilizzate come fonti di approvvigionamento per la produzione di acqua potabile è prevalentemente imputabile a cause naturali. In passato sono state fatte indagini su questi elementi in modo da indirizzare il controllo solo verso le acque a rischio. In Toscana, ad esempio, nelle aree geotermiche e negli acquiferi di natura vulcanica delle province meridionali, vi sono acque sotterranee contenenti arsenico, boro e mercurio in concentrazioni superiori alle rispettive CMA. In quelle zone sono note le mineralizzazioni a mercurio del M. Amiata, la presenza di boro nell'area di sfruttamento dei fluidi geotermici di Larderello e l'arsenico in varie acque sotterranee delle province di Grosseto e Pisa, sempre per particolari arricchimenti dovuti alla particolare litologia dell'area delle Colline Metallifere (22, 23, 24). Pertanto in certe aree territoriali questi elementi entrano nella routine di controllo in relazione alla loro possibile presenza.

9) *Fluoruro*. Questa sostanza deriva spesso da acquiferi in rocce vulcaniche dove più frequentemente sono presenti mineralizzazioni accessorie a fluoruri. Per anni sono state concesse deroghe per quegli acquedotti che utilizzavano acqua con fluoruro in concentrazioni elevate, comunque non superiori a 3 mg/L (25). Pur essendo un parametro su cui si pone minore attenzione rispetto al passato perché è nota la distribuzione e la concentrazione di questo elemento nelle acque, il controllo è costante grazie alla cromatografia ionica impiegata nella determinazione ordinaria di altri anioni. Per la ricerca del fluoruro nelle acque un tempo venivano attuate campagne mirate di indagine in quanto questo parametro richiedeva un'analisi dedicata (impiego dell'elettrodo specifico).

10) *Alluminio*. Parametro di interesse quando questo metallo viene impiegato nei processi di chiariflocculazione delle acque superficiali utilizzate nella produzione di acqua potabile. Si riscontra in concentrazioni sempre molto basse in acque di tipologia bicarbonato-calcica con pH frequentemente compreso fra 7,0-8,5. In provincia di Firenze, ad esempio, in un lontano passato qualche fenomeno di superamento della CMA si verificava in impianti di potabilizzazione che conducevano probabilmente aggiustamenti di pH non corretti. Raramente si è assistito a precipitazioni di idrossido di alluminio in forma di fiocchi bianchi (tra l'altro ben evidenti) nelle acque distribuite in rete.

Vi sono inoltre parametri non previsti dall'allegato I D.P.R. 236/88, oppure mancanti di CMA, ma ritenuti di interesse per valutazioni aggiuntive dei requisiti di qualità delle acque destinate al consumo umano.

Potassio e bicarbonato - Per il potassio non è citata una CMA, mentre il parametro bicarbonato (o idrogenocarbonato) non è riportato nell'allegato I; queste scelte sembrano comprensibili in quanto questi parametri non hanno relazione con fenomeni di contaminazione della risorsa idrica e non hanno rilevanza sanitaria. Essi vengono determinati, assieme ad altri, quando è necessario disporre di un profilo idrochimico di un'acqua essendo parametri indispensabili per completare il bilancio ionico. La definizione dei parametri idrochimici di base può essere importante nella fase autorizzativa di nuove captazioni di acque sotterranee ai fini potabili; queste conoscenze permettono di individuare la tipologia dell'acqua in falda e le possibili ed eventuali connessioni fra falde diverse e quindi disporre di un quadro più chiaro sui possibili rischi di inquinamento. Si ricorda inoltre l'importanza dello ione bicarbonato nel calcolo dell'aggressività di un'acqua. Alcune acque sottoposte a trattamenti di addolcimento possono diventare aggressive, ma anche alcune acque naturali possono presentare tali proprietà. Nel nostro ambito di controllo è frequente la richiesta di misurare questo parametro sia in acque addolcite, ma anche in particolari acque sotterranee destinate alla produzione di acqua potabile.

Carbonio organico totale (TOC) – Acque ad elevato contenuto di carbonio organico sono frequenti in molte aree del nord Europa e del nord-America. Questo parametro costituisce un'utile informazione sulla presenza del carbonio organico nelle acque più interessante dell'ossidabilità secondo Kubel, anche per la vasta letteratura disponibile. Mentre dal punto di vista dell'ente gestore questo parametro è di notevole interesse (precursore dei triometani), il TOC è stato fino ad oggi determinato sporadicamente nelle acque distribuite in rete in quanto erano assenti i riferimenti ad una qualsiasi CMA e per la mancanza in molti laboratori di controllo della strumentazione necessaria. Il D. lgs. 31/01 non riporta un valore limite, ma indica che non devono “*riscontrarsi variazioni anomale*” suggerendo quindi una determinazione di questo parametro; viene precisato inoltre che il TOC può sostituire l'ossidabilità sec. Kubel.

Amianto – Mentre sono ormai noti e documentati gli effetti delle fibre di amianto sull'apparato respiratorio, minori informazioni sono disponibili sugli effetti a livello dell'apparato digerente. Nonostante siano stati effettuati recenti studi, sia attraverso indagini epidemiologiche, sia con sperimentazioni su animali, non sono disponibili al momento informazioni sufficienti per definire con certezza l'associazione fra l'ingestione di fibre di amianto e l'insorgenza di tumori gastro-intestinali. L'acqua potabile è una delle possibili fonti di introduzione delle fibre di amianto nell'apparato digerente. La concentrazione dell'amianto nelle acque è valutata in MFL (milioni di fibre per litro). Mentre sono note in varie zone del Canada e degli USA contaminazioni di acque contenenti migliaia di MFL, in Europa sono scarse le informazioni relative alle concentrazioni di amianto nelle acque, sia potabili che naturali.

Nella metà degli anni 90 il Dipartimento ARPAT di Firenze ha eseguito uno studio esteso alle principali acque destinate al consumo umano nella regione Toscana per la verifica del contenuto delle fibre di amianto. Pur non essendo un parametro previsto dal DPR 236/88, essendo noto l'impiego del cemento-amianto nella composizione delle tubazioni per il trasporto dell'acqua, le amministrazioni di questa regione hanno finanziato una ricerca sulla presenza delle fibre nelle acque distribuite in rete. L'amianto nelle acque potabili può essere dovuto sia a cessioni direttamente nelle acque (prevalentemente superficiali) da parte dei minerali presenti in natura, sia ai rilasci dalle condutture di erogazione costruite in cemento-amianto. In effetti, la

ricerca era motivata da varie circostanze: 1) molti chilometri di tubazioni in cemento amianto ancora in uso; 2) possibile presenza di fibre di origine naturale per la circolazione di acque entro acquiferi costituiti da ofioliti, rocce dove è possibile la presenza di amianto; 3) utilizzo di alcune acque con caratteristiche aggressive (possibilità di disgregazione della struttura cementizia delle tubazioni e liberazione delle fibre). Questa indagine sulle acque dei più importanti acquedotti ha fornito un primo quadro sulla presenza di amianto nelle acque potabili di questa regione. L'indagine è stata effettuata su 60 campioni di acque prevalentemente distribuite in rete. Il livello di contaminazione riscontrato nelle acque destinate al consumo umano in Toscana si colloca a concentrazioni inferiori a 0,2 MFL, valore che il *Safe Drinking Water Committee* della *National Academy Science* americana indica come capace di indurre un eccesso di 1 tumore gastrointestinale su 100000 abitanti per un consumo di 2 litri al giorno in un arco vitale di 70 anni (26, 27).

Sulla base di nuove conoscenze scientifiche o a causa di particolari situazioni ambientali, potrebbero divenire oggetto di interesse altri parametri. Ad esempio, il bario viene considerato dall'O.M.S. un elemento di significato sanitario nelle acque potabili; a questo elemento viene assegnato un valore di 0,7 mg/L come *Guideline value* (28), ma non è stato preso in considerazione dal D. lgs. 31/01. Anche per altri elementi come tallio, uranio e altri, non è fissato al momento un valore limite per le acque destinate al consumo umano.

I fattori di criticità delle acque distribuite in rete -- L'esperienza della provincia di Firenze --

Un esame delle criticità di natura chimica delle acque di acquedotto della provincia di Firenze può essere di un certo interesse in quanto si tratta di un territorio ad elevata antropizzazione, con un forte sviluppo produttivo e con fonti di approvvigionamento idrico molto diversificate.

Nella Piana fiorentina e empoiese si concentra la maggior parte delle attività produttive costituite prevalentemente da imprese piccole e medie che operano nel settore vetro, cristallo, legno, alimentare, chimico, nonché gran parte dei servizi e del turismo (forti flussi nel territorio comunale fiorentino nel corso di tutto l'anno); sono infine presenti industrie medio-grandi che operano nel settore meccanico. Inoltre, da alcuni anni una vasta fascia del territorio è esposta a forti pressioni ambientali in seguito alla realizzazione della tratta appenninica del Treno Alta Velocità (29), con prossimi interessamenti non solo delle aree montane ma anche di quelle urbane. E' in corso infine la realizzazione della terza corsia del tratto fiorentino della autostrada A1 e della variante di valico nel tratto Bologna-Firenze. Queste significative e diffuse pressioni ambientali, possono riflettersi (e in parte si sono già riflesse) negativamente sulle risorse idriche: può quindi essere di interesse riportare una sintesi sull'attuale stato di qualità delle acque destinate al consumo umano distribuite nella provincia di Firenze. In questo territorio sono presenti differenti tipologie di acque che vengono utilizzate per la produzione di acqua potabile: da quelle sotterranee negli acquiferi dei sedimenti fluvio-lacustri del quaternario (ghiaie e sabbie) e della serie marnoso-arenacea del terziario, a quelle superficiali con i corpi idrici in aree più o meno antropizzate costituiti da torrenti montani o da laghi di differenti dimensioni, fino al fiume Arno che costituisce la principale fonte di attingimento per la produzione di acqua potabile per la città di Firenze e di alcuni comuni limitrofi per circa 500.000 abitanti serviti.

Le valutazioni di seguito riportate sono prevalentemente relative agli aspetti chimici, in quanto alla fine del 1999 il controllo dei requisiti di qualità microbiologica delle acque destinate al consumo umano è passato alle strutture analitiche della Azienda Sanitaria di Firenze. Comunque, a quella data risultava che circa l'1% dei campioni prelevati dai pubblici acquedotti risultava non conforme per i parametri microbiologici.

I parametri di tipo chimico che sono responsabili delle alterazioni dei requisiti di qualità delle acque distribuite al consumo umano in provincia di Firenze sono riportati nella tabella 4 assieme al numero dei campioni sottoposti ad analisi effettuate nel corso degli anni 1997-2001. Da questa tabella si ricava che i principali fattori di alterazione dei requisiti di qualità sono torbidità, composti organoalogenati, ferro e manganese. Di seguito è riportato un sommario esame sui parametri di quelle acque responsabili delle non conformità ai valori limite.

	Anno 1997	Anno 1998	Anno 1999	Anno 2000	Anno 2001
Numero campioni	1970	1754	1446	1922	1887
Torbidità	14	12	20	17	23
Odore	-	-	5	1	-
Nitrati	-	-	-	4	-
Nitriti	-	1	1	2	2
Ammoniaca	-	-	-	-	3
Idrocarburi	-	-	1	-	-
Ferro	2	6	3	5	4
Manganese	3	1	3	6	2
Cloro libero residuo	-	1	-	-	-
Composti	1	2	18	3	30

Tabella 4 - Numero superamenti, rispetto alle CMA, dei parametri in acque di acquedotto in provincia di Firenze nel corso degli anni 1997-2001.

odore: imputabile frequentemente a clorazioni elevate e quindi relativo ad una fenomenologia ben conosciuta. Sulla presenza del cloro libero residuo vi sono state in passato interpretazioni diverse da parte dei vari organi di controllo: anche se quasi sempre veniva inteso il valore indicato nel DPR 236/88 (0,2 mg/L) come una concentrazione da rispettare in ogni punto della rete per garantire un'efficace clorocopertura, alcuni ritenevano questo valore come concentrazione massima ammissibile e pertanto da non superare. In realtà il valore di 0,2 è un valore consigliato ed è opportuno, quando viene effettuata una disinfezione, che in ogni punto della rete vi sia una quantità minima di cloro libero residuo; tuttavia rimane sempre il problema dei sovradosaggi nelle immediate vicinanze dell'impianto di potabilizzazione. Pertanto, anche se raramente, in alcuni campioni si riscontrano valori molto elevati di cloro, tali da non ritenere che l'acqua prodotta possa essere adibita ad uso potabile.

nitrati: presenti in concentrazioni mediamente basse. Nella tabella 5 si osserva una distribuzione dei valori dei nitrati in 1551 campioni di acque di acquedotto determinati nel corso dell'anno 2001. Il valore mediano di 5,6 mg/L, assieme al 75° percentile di 10,5 mg/L indica una situazione scarsamente critica indotta da questa sostanza. Nella maggior parte delle acque di acquedotto della provincia di Firenze, i superamenti costituiscono episodi molto rari e imputabili a operazioni mal condotte di miscelazione di pozzi a contenuto elevato di nitrato con acque a basso contenuto.

numero campioni	1551
valore medio	7,6
valore minimo	0,1
25° percentile	2,3
valore mediano	5,6
75° percentile	10,5
valore massimo	59,4

Tabella 5 - Distribuzione dei valori dei nitrati in 1551 campioni di acque di acquedotto determinati nel corso dell'anno 2001.

nitrati e ammonio: i superamenti, molto episodici, si sono presentati con valori molto prossimi alla CMA e quindi non in grado di determinare rischi per la salute umana; certamente la presenza di queste sostanze in concentrazioni significative va sempre confrontata con lo stato degli indicatori microbiologici.

idrocarburi: un solo episodio nel corso degli ultimi 5 anni, tuttavia molto grave per introduzione di gasolio in una griglia di presa di un acquedotto che captava acqua da una galleria;

ferro e manganese: i ricorrenti superamenti sono imputabili ad una diffusa presenza di questi metalli per cause naturali nelle acque sotterranee utilizzate nella produzione di acque per uso acquedottistico. Nonostante la presenza degli impianti di trattamento, in alcuni casi si possono avere passaggi in rete di ferro e manganese; non è da trascurare la rimozione di depositi, in particolare di manganese, da vecchie tubazioni durante gli interventi di manutenzione.

torbidità: parametro abbastanza critico nelle acque della provincia di Firenze imputabile a due cause: 1) trattamenti di potabilizzazione non adeguati quando si impiegano acque superficiali, prevalentemente di corsi idrici montani che confluiscono in piccoli impianti non sempre dotati di adeguati sistemi di rimozione di materiale sospeso. Queste acque, limpide per la maggior parte dell'anno, sono soggette a rapidi intorbidamenti in occasione di eventi meteorologici particolarmente intensi; 2) utilizzo di acque di piccole sorgenti in aree montane, talvolta con scarsa protezione e pertanto soggette ad intorbidamento in occasione di piogge intense. L'attuale valore limite di 4 unità Jacksono (4 NTU) contribuisce a sottostimare il fenomeno essendo un limite troppo permissivo, infatti il nuovo valore indicato dal D. lgs. 31/01 è 1,0 NTU, applicabile "in caso di trattamento delle acque superficiali", cioè nel caso più frequente in cui si verificano superamenti.

composti organoalogenati: non solo oggi, ma anche in anni recenti, i composti organoalogenati hanno costituito uno dei problemi emergenti delle acque distribuite dai pubblici acquedotti, non solo nella provincia di Firenze. La presenza dei triometani (THM) è funzione del contenuto di sostanza organica, della concentrazione del cloro aggiunto e dello ione bromuro presente nelle acque. Da un esame dei dati disponibili nella provincia di Firenze (Tabella 4), si osserva che dopo un periodo in cui i livelli dei composti organoalogenati nelle acque distribuite in rete erano sensibilmente diminuiti, nell'anno 2001 si è verificato un incremento dei superamenti della CMA di questo parametro. Tale aumento può essere imputabile a situazioni di particolare siccità nel corso della seconda metà del 2001 che può avere determinato un incremento delle concentrazioni dello ione bromuro nelle acque, in quanto è questo ione quello che poi determina la formazione di bromoformio, composto che rispetto agli altri THM, fornisce un contributo importante al superamento della CMA. Altre cause possono avere determinato un incremento di queste sostanze nelle acque potabili: fra queste un aumento della clorazione decisa dai vari responsabili di acquedotto per motivi di sicurezza in seguito ai fatti dell'11 settembre 2001. Nella figure 1 e 2 si osserva la distribuzione degli episodi di superamento della CMA nel corso degli anni 1999 e 2001 nelle acque distribuite in rete della provincia di Firenze; si riscontra che una maggior frequenza di superamenti si verifica nei periodi fine estate-autunno, probabilmente anche per influenza della consueta siccità estiva.

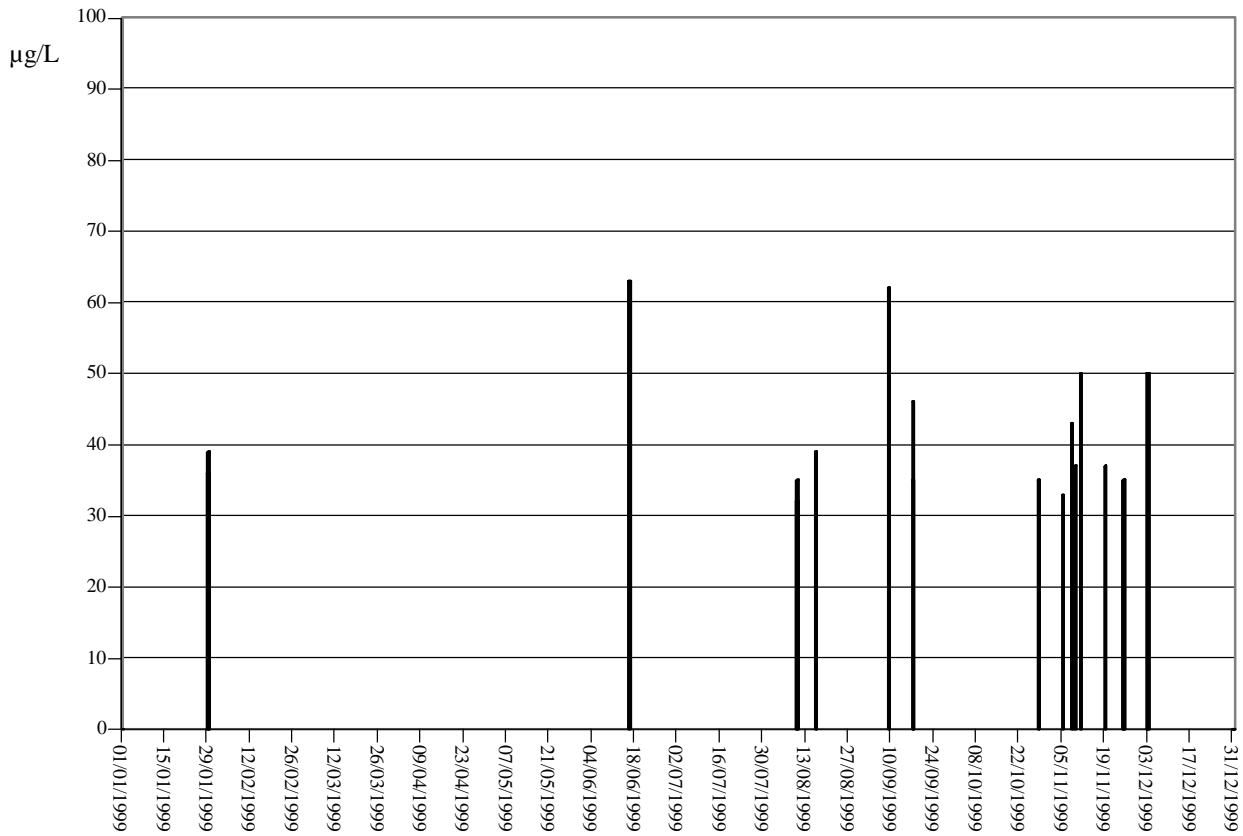


Figura 1 - Andamento dei valori superiori a 30 µg/L dei composti organoalogenati nelle acque di acquedotto in provincia di Firenze nel corso dell'anno 1999.

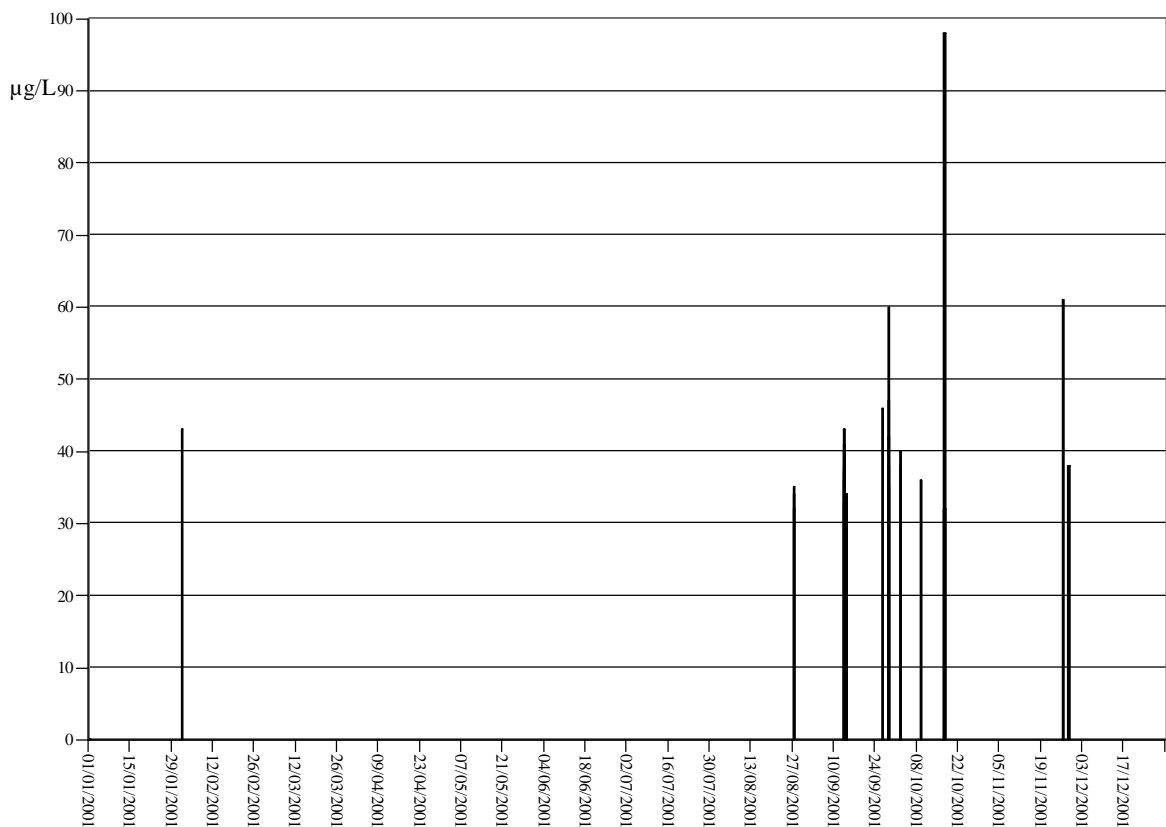


Figura 2 - Andamento dei valori superiori a 30 µg/L dei composti organoalogenati nelle acque di acquedotto in provincia di Firenze nel corso dell'anno 2001.

Si ricorda che gli attuali valori limite del DPR 236/88 per i parametri chimici delle acque destinate al consumo umano si applicano anche ad una tipologia di acque da poco sul mercato, le acque di sorgente, previste dal Decreto lgs. 4 agosto 1999 n. 339 (30). L'attuale produzione di queste acque si aggira intorno a 40 milioni di litri/anno: rispetto a quelle minerali naturali è una produzione molto bassa, ma che tuttavia sembra in costante crescita. Le principali differenze con le acque di acquedotto sono indicate nei punti 1 e 2:

1. le acque di sorgente sono esclusivamente di origine sotterranea: possono provenire da un'emergenza naturale o da pozzi; la composizione chimica e la temperatura non devono subire variazioni significative nel tempo.
2. le acque di sorgente non sono sottoposte a disinfezione. Sono consentiti solo alcuni trattamenti (gli stessi che sono permessi per le acque minerali), fra questi: 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 documentazione per il riconoscimento è uguale a quella prevista per le acque minerali: domanda di riconoscimento, permesso di ricerca, relazione idrogeologica, 4 analisi chimiche e microbiologiche nelle rispettive stagioni in un anno. Il rispetto dei valori limite indicati nell'allegato I del DPR 236 è precisato nell'articolo 1, punto 6, lettera b, del D. lgs. 339/99 che riporta testualmente: "*I valori dei parametri organolettici, fisici, fisico-chimici e chimici, devono rispettare i limiti di cui all'allegato I del decreto del Presidente della Repubblica del 24 maggio 1988, n. 236, ed i relativi metodi analitici sono quelli indicati nell'allegato III del decreto medesimo*". I parametri microbiologici, invece, devono rispettare quanto previsto dal Decreto 12 novembre 1992 n. 542 (31) per le acque minerali naturali.

Una criticità poco conosciuta: le acque potabili "depurate"

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 (32, 33). 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 (34). Generalmente le tecniche attuali consentono senza problemi di raggiungere le specifiche previste da questo decreto. Con questi sistemi vi sono comunque rischi di produzione di acque non potabili, a causa della difficoltà di tenere in buona efficienza un'apparecchiatura che richiede comunque manutenzione, sia per l'inutilità di sottoporre spesso ad addolcimento acque che non lo richiedono (determinando in questi casi un peggioramento della qualità), sia, infine, per la scarsità dei controlli. Dai dati analitici disponibili presso il Dipartimento ARPAT di Firenze, per quanto riguarda le caratteristiche chimiche, si riscontrano alterazioni evidenti della composizione nella maggior parte delle acque addolcite (campioni forniti da privati), principalmente per comparsa di sodio in concentrazioni elevate e per riduzione eccessiva della durezza (Tabella 6). Meno informazioni si hanno sulle caratteristiche microbiologiche, ma sicuramente sono molto critiche in quanto è ben nota la capacità proliferativa dei batteri, anche opportunisti patogeni, nei filtri a carbone o nelle resine scambiatrici di ioni quando viene a mancare la protezione del disinfettante. Certamente le nuove apparecchiature in commercio tengono conto di queste problematiche, ma i controlli risultano al momento inesistenti.

<i>Denominazione campione</i>		A	A1	B	C
Data		08/10/2001	08/10/2001	03/10/2001	31/10/20
Conducibilità elettrica spec.	µS/cm 25	490	522	1915	1471
Residuo fisso		295	313	1270	882
pH		7,6	8,0	7,6	7,5
Cloruro	mg/L Cl	50,0	51,2	276	117
Nitrato	mg/L NO ₃	7,5	8,5	3,4	10,7
Solfato	mg/L SO ₄	35,0	34,4	159	160
Sodio	mg/L Na	29,0	190	411	323
Potassio	mg/L K	3,4	3,6	10,6	2,9
Calcio	mg/L Ca	50,0	2,1	12,8	<2
Magnesio	mg/L Mg	12,0	4,2	10,1	<0,5
Durezza totale	° F	17,4	2,2	7,4	< 1

Tabella 6 - Acque di acquedotto sottoposte a trattamenti di depurazione domestica. Si evidenziano alterazioni nella composizione con aumento di sodio e valori troppo bassi di calcio. I campioni A e A1 indicano, rispettivamente, la composizione dell'acqua fornita dall'acquedotto e la stessa acqua trattata.

I parametri di controllo del D. lgs. 31/01

Il D. lgs. 2 febbraio 2001, n. 31, con le integrazioni del D. lgs. 2 febbraio 2002, n. 27, indica una generale revisione dei parametri di controllo di tipo chimico e, in misura minore, di tipo microbiologico. Non sono più riportati i valori guida, che in passato sono stati solo fonte di equivoci perché ritenuti dei valori ottimali di riferimento (*valori a cui l'autorità amministrativa deve tendere*) o addirittura valori limite. A titolo di esempio si ricorda come in qualche comunicazione scientifica si sia dissertato sulla conformità di alcune acque di acquedotto al valore guida di 25 mg/L per i solfati, quando molti acquedotti richiedevano una deroga a causa del superamento della CMA di 250 mg/L, o come in alcuni ambiti di controllo, il valore guida di 1 mg/L per il boro sia stato erroneamente considerato come concentrazione massima ammissibile.

Per la qualità delle acque potabili, come affermato in precedenza, si fa riferimento alle parti A e B dell'allegato I del D. lgs. 31/01. Non si usa più il termine *concentrazione massima ammissibile*, ma *valore parametrico*, una dizione che avrebbe potuto essere anche più esplicita, che comunque sembra indicare un valore limite, superato il quale occorre provvedere con degli interventi. A differenza del passato, quando al superamento della CMA, indipendentemente dall'entità di tale superamento e della natura del parametro, troppo spesso si rispondeva da parte delle autorità sanitarie con il divieto d'uso fino al ripristino della conformità, oggi viene fortemente raccomandato un differente approccio. L'articolo 10 del D. lgs. 27/02 è esplicito in questo senso: “nel caso in cui le acque destinate al consumo umano non corrispondono ai valori di parametro fissati a norma dell'allegato I, l'azienda unità sanitaria locale interessata, comunica al gestore l'avvenuto superamento e, effettuate le valutazioni del caso, propone al sindaco l'adozione degli eventuali provvedimenti cautelativi a tutela della salute pubblica, tenuto conto dell'entità del superamento del valore di parametro pertinente e dei potenziali rischi per la salute umana nonché dei rischi che potrebbero derivare da un'interruzione dell'approvvigionamento o da una limitazione di uso delle acque erogate”.

Poiché la presenza in un'acqua di acquedotto di 70 µg/L di manganese, pur superiore alla CMA, non è la stessa cosa di 500 µg/L di idrocarburi, si dovrebbe quindi riflettere su questa differenza e intervenire di conseguenza, senza applicare “pacchetti procedurali preconfezionati” alle non conformità come in varie realtà per troppo tempo si è fatto.

Aspetti microbiologici

L'articolo 4, al punto 2, del D. lgs. 31, indica che “*Le acque destinate al consumo umano non devono contenere microrganismi e parassiti, né altre sostanze, in quantità o concentrazioni tali da rappresentare un potenziale pericolo per la salute umana*”. Con questa affermazione viene posta una particolare attenzione sugli aspetti microbiologici: a livello mondiale e in particolare nelle aree affette da sottosviluppo, sono le contaminazioni da microrganismi patogeni principali responsabili della trasmissione di gravi malattie e della maggior parte dei decessi imputabili ad acque non idonee all'uso potabile. Sono almeno 50 milioni all'anno sul totale della popolazione della Terra i casi accertati di malattie indotte da acqua contaminata da microrganismi; questi determinano su ben 10 milioni di esseri umani esiti mortali (35). In tabella 7 è riportato un quadro di sintesi degli agenti eziologici e delle patologie da ingestione di acqua contaminata.

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

* le cercarie di *Schistosoma* che hanno per ospite una chiocciola acquatica, possono essere ingerite o penetrare la cute esposta all'acqua contaminata.

** come *altri elminti* sono indicate alcune specie che non hanno il ciclo vitale dipendente dall'acqua ma che pervenendo nell'ambiente esterno di solito come uova emesse con le feci dall'uomo o da animali, vengono veicolate dall'acqua e se ingerite provocano infestazioni (parassitosi).

Tabella 7 - Agenti eziologici e patologie da ingestione di acqua contaminata -

Le analisi microbiologiche hanno lo scopo di assicurare che l'acqua non contenga germi patogeni; questi microrganismi, quando sono presenti nelle acque, sono spesso in piccola quantità e poco resistenti. Per questa ragione il loro numero diminuisce rapidamente ed è facile che sfuggano al controllo: la loro ricerca diretta è in genere piuttosto complessa. Pertanto l'esame microbiologico, nel controllo ordinario di routine, non è diretto alla loro individuazione, ma è volto a rilevare la presenza di altri batteri che sono utilizzati come *indicatori* della possibile contaminazione. Questi microrganismi devono rispondere a precise condizioni e in particolare, rispetto all'agente patogeno, devono:

1. essere presenti contemporaneamente e in numero molto superiore;
2. avere una maggiore sopravvivenza nell'ambiente idrico;
3. possedere una più alta resistenza all'azione dei disinfettanti.

Per un efficace utilizzo della tecnica analitica si richiede che i microrganismi siano ben distribuiti, identificabili rapidamente senza ambiguità e non inibiti nella crescita da altri organismi. Infine gli indicatori non devono proliferare in ambiente acquatico e non devono essere patogeni. Per quanto attiene ai controlli analitici microbiologici, questi vertono essenzialmente sulla ricerca degli indicatori di contaminazione fecale e ambientale (parametri del controllo C3 del DPR 236/88). (Tabella 8). Inoltre, a giudizio dell'autorità sanitaria competente, possono venire ricercati i seguenti parametri accessori: alghe, Batteriofagi anti E. coli, Elminti, Enterobatteri patogeni, Enterovirus, Funghi, Protozoi, *Pseudomonas aeruginosa*, Stafilococchi patogeni.

Valori limite	
Coliformi totali	0/100 mL
Coliformi fecali	0/100 mL
Streptococchi fecali	0/100 mL
Carica batterica a 22 °C	100/mL
Carica batterica a 36 °C	20/mL

Tabella 8 – Parametri microbiologici e relativi valori limite ricercati nelle acque destinate al consumo umano nella comune pratica analitica secondo quanto previsto dal DPR 236/88.

Con il tempo i batteri del gruppo coliformi hanno perso gran parte della loro importanza perché molto sensibili agli agenti disinfettanti ed al cloro in particolare. E' infatti opinione diffusa che la clorazione possa essere ritenuta un "mascheramento" della fecalizzazione. E' inoltre possibile che un'acqua senza coliformi non sia necessariamente di buona qualità o esente da rischi. Da qui il bisogno di avvalersi di altri batteri indicatori da affiancare ai parametri del "controllo occasionale" (C4). Tra questi, le alghe, gli elminti, i funghi, i protozoi e la *Pseudomonas aeruginosa* sono considerati indicatori di qualità, infatti se ne auspica la loro assenza perché solo in particolari circostanze possono rendere pericolosa l'assunzione dell'acqua, mentre per gli altri parametri, batteriofagi anti E. coli, enterobatteri patogeni, enterovirus e stafilococchi patogeni è prescritta l'obbligatoria assenza perché di sicura origine umana o animale. Si auspica inoltre l'impiego di nuovi indicatori intravedendo in alcune specie mesofile del Gen. *Aeromonas* e *Pseudomonas* la capacità di dare informazioni sull'efficacia del processo di potabilizzazione e sullo stato trofico delle reti di distribuzione. E' in queste reti che spesso si altera la qualità dell'acqua. Destano, infatti, sempre maggiore attenzione le ricrescite batteriche, la formazione di biofilm e altri fenomeni che vanno dalla contaminazione microbica cronica, alla formazione di sostanze maleodoranti e acque colorate per la corrosione delle tubazioni mediata dai batteri (36, 37). Nel biofilm che si forma nelle tubazioni e che poi evolve in biofouling, si instaurano vere e proprie biocenosi in cui si avvicendano, oltre ai batteri, vari elementi figurati: protozoi e metazoi. La presenza di queste specie non parassite nell'acqua potabile viene considerata solo indice di scarsa qualità ma in proposito rimane qualche perplessità, se non altro per la possibilità che hanno queste specie di fare da vettore per altre ben più pericolose. Con l'emanazione del D. lgs. 31/01, nell'allegato 1, parte A, vengono introdotti i *parametri e valori di parametro* microbiologici che costituiscono i *requisiti minimi* di qualità delle acque destinate al consumo umano secondo quanto indicato, come per i parametri chimici, nell'articolo 4 del decreto sopra citato (Tabella 9). Inoltre nella parte C, fra i parametri indicatori, vengono riportati quelli che seguono:

Clostridium perfringens (spore comprese)	0/100 ml
Conteggio colonie a 22 °C	senza variazioni anomale
Batteri coliformi a 37 °C	0/100/ml

Valori parametrici	
<i>Escherichia coli</i>	0/100 mL
Enterococchi	0/100 mL
<i>Per le acque messe in vendita in contenitori</i>	
<i>Escherichia coli</i>	0/250 mL
Enterococchi	0/250 mL
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/250 mL
Conteggio colonie a 22 °C	100/mL
Conteggio colonie a 37 °C	20/mL

Tabella 9 - Parametri e valori di parametro microbiologici e relativi volumi di riferimento impiegati nella definizione dei requisiti minimi di qualità delle acque destinate al consumo umano secondo quanto indicato, dall'articolo 4 D. lgs. 31/01.

Anche in questo caso, viene ricordato, come nel precedente decreto, che a giudizio dell'autorità sanitaria competente, possono essere oggetto di controllo vari parametri accessori (Tabella 10). In questa tabella non si osservano sostanziali variazioni rispetto al DPR 236/88, ad eccezione della sostituzione degli elminti con una voce più precisa (nematodi a vita libera) e della definizione dei volumi di analisi. Si nota la scomparsa del parametro coliformi fecali sostituito da *Escherichia coli* come indicatore di fecalizzazione; allo stesso modo gli enterococchi sostituiscono gli streptococchi fecali.

Alghe	1	L
Batteriofagi anti E. coli	100	L
Nematodi a vita libera	1	L
Enterobatteri patogeni	1	L
Enterovirus	100	L
Funghi	100	mL
Protozoi	100	L
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	250	mL
Stafilococchi patogeni	250	mL

Tabella 10 - Parametri microbiologici accessori e relativi volumi di riferimento ricercati nelle acque destinate al consumo umano a giudizio dell'autorità sanitaria competente secondo quanto previsto dal D. lgs. 31/01.

Questi cambiamenti sono da mettere in relazione alla necessità di avere indicatori più precisi e di uniformare la normativa italiana a quelle già vigenti in altri paesi dell'Unione Europea. Tuttavia l'identificazione di specie comporta spesso aggravio di lavoro e tempi più lunghi di risposta.

Viene rivalutato anche il parametro *Clostridium perfringens* che sostituisce il più generico spore di clostridi solfito riduttori del DPR 236/88, divenuto indicatore di efficace potabilizzazione di acque di superficie o di eventuale contaminazione da acque superficiali. La presenza del *Clostridium perfringens* implica la ricerca

di *Cryptosporidium* le cui oocisti sono riscontrabili in acque di zone ad elevata attività zootecnica. Il sempre maggiore ricorso che si fa all'utilizzo di acque superficiali e le sempre più frequenti emergenze idriche che possono portare ad attingere acque superficiali di incerta classificazione, assieme a sistemi di potabilizzazione non sempre adeguati, specialmente nelle piccole utenze, espone gli utenti a rischi di malattie. Si può verificare che pur in assenza di classici indicatori di contaminazione fecale, perché più sensibili alla disinfezione, permane il rischio di presenza di cisti protozoarie. Non sono lontani nel tempo episodi di malattie in alcune zone dell'Inghilterra in seguito ad utilizzo di acque contaminate da *Cryptosporidium* (Tabella 11). Appare pertanto opportuna la disposizione di indagare su questo parametro lasciato in passato alla discrezione dell'autorità competenti e sovente trascurato.

<i>Data</i>	<i>Agente patogeno</i>	<i>n° casi</i>	<i>Microbiologia delle acque</i>	<i>Causa</i>
novembre-91	<i>Giardia lamblia</i>	31	Giardia lamblia	-
aprile-92	Cryptosporidium	42	negativa	-
aprile-93	Campylobacter	8	non nota	-
maggio-93	Cryptosporidium + Campylobacter	43	E. coli	-
settembre-93	Campylobacter coli	36	Campylobacter coli	-
aprile-94	Campylobacter jejuni	53	Campylobacter jejuni	-
settembre-94	Campylobacter sp.	8	Campylobacter sp.	-
settembre-94	Campylobacter jejuni	22	Coliformi fecali	-
marzo-98	Cryptosporidium	24	Cryptosporidium	Liquami ovini
giugno-98	E. coli O157	14	E. coli O157	Liquami bovini

Tabella 11 - Epidemie di origine idrica in Inghilterra negli anni 90 originate da acque contaminate da protozoi e batteri.

Aspetti chimici

Il nuovo modello di controllo della qualità delle acque destinate al consumo umano dedica una maggiore attenzione ai parametri tossici e sembra inoltre riconoscere l'inutilità di effettuare ripetizioni analitiche come ancora oggi avviene con la determinazione di quei parametri che hanno generalmente nelle acque un valore conservativo e che non possono cambiare nel tempo in modo significativo. Per fare un esempio: dato l'approvvigionamento di acque da un conosciuto campo pozzi o da corpi idrici superficiali di cui si dispone da almeno un decennio di serie di dati analitici, sembra inutile continuare il dosaggio dei cloruri, solfati, calcio, sodio e altri, specialmente quando questi sono molto inferiori ai rispettivi valori limite. Da qui è prevedibile il progressivo abbandono almeno dei controlli di tipo C1 e C2 per volgersi verso programmi di controllo progettati su realtà locali specifiche. Si pensi a quanto differente materiale analitico di maggior valore avrebbe potuto essere prodotto risparmiando decine di migliaia di determinazioni che niente hanno aggiunto né al patrimonio conoscitivo di quelle acque, né ad una maggiore tutela della salute degli utilizzatori.

Nella tabella 12 sono riportati i parametri chimici e i rispettivi *valori di parametro* stabiliti dal D. lgs 31/01 (Allegato 1, parte B); è riportato anche un confronto con quelli indicati nell'allegato 1 DPR 236/88 per mostrare le modifiche introdotte.

<i>Parametri</i>	Unità di misura	Valore limite Acque potabili DPR 236/88	Valore limite Acque potabili D. Lgs. 31/01
Acrilammide	µg/L	-	0,10
Antimonio	µg/L	10	5,0
Arsenico	µg/L	50	10
Benzene	µg/L	-	1,0
Benzo (a) pirene	µg/L	-	0,010
Boro (come B)	mg/L	1 (valore guida)	1,0
Bromato	µg/L	-	10
Cadmio	µg/L	5	5,0
Cromo	µg/L	50	50
Rame	µg/L	1000	1000
Cianuro	µg/L	50	50
1,2 dicloroetano	µg/L	-	3,0
Epicloridrina	µg/L	-	0,10
Fluoruro	mg/L	0,7-1,5	1,50
Piombo	µg/L	50	10 – 25
Mercurio	µg/L	1	1,0
Nichel	µg/L	50	20
Nitrato	mg/L NO ₃	50	50
Nitrito	mg/L NO ₂	0,1	0,1 - 0,5
Antiparassitari - Totale	µg/L	0,5 in totale - 0,1 comp. separato	0,50 in totale - 0,10 comp. separato
Idrocarburi policiclici aromatici	µg/L	0,2	0,10
Selenio	µg/L	10	10
Tetracloroetilene e tricloroetilene (somma)	µg/L	30	10
Triometani (totale)	µg/L	30	30
Cloruro di vinile	µg/L	30	0,5
Clorito	µg/L	-	200 – 800
Vanadio	µg/L	50	50

Tabella 12 - Parametri chimici indicati nella parte B allegato 1 del D. lgs 31/01; è riportato anche un confronto con quelli indicati nell'allegato 1 DPR 236/88 per mostrare le modifiche introdotte.

I parametri chimici di nuova introduzione, quelli per i quali sono stati definiti dei valori limite e quelli con valori limite modificati dalla recente normativa, sono di seguito riportati.

Acrilammide - Fra i vari usi, questo composto è impiegato nella fabbricazione di polimeri e copolimeri idrosolubili utilizzati come flocculanti. L'acrilammide, sulla base dei risultati sperimentali fino ad oggi disponibili, è considerato un composto probabilmente cancerogeno per l'uomo.

Epicloridrina - Il composto 1-cloro-2,3-epossipropano (Epicloridrina) può essere presente nelle acque per rilascio dai polimeri (polielettroliti) impiegati nella chiariflocculazione. E' anche una materia prima per la produzione di resine a scambio ionico. E' un composto tossico ed è ritenuto probabilmente cancerogeno. I valori limiti stabiliti dal D. lgs. 31/01 per acrilammide e epicloridrina sono molto bassi (0,10 µg/L): i problemi analitici per la loro determinazione di tipo routinario non sembrano completamente risolti. L'analisi viene condotta spesso sul prodotto che viene utilizzato e da quei dati si calcola l'eventuale quantità di epicloridrina che si può trovare nelle acque finali potabilizzate.

Benzene - Di fonte al parametro *idrocarburi disciolti o emulsionati*, presente nell'all. 1 DPR 236, attualmente abbandonato, è stato introdotto il benzene. Per la sua elevata tossicità la vendita e l'impiego di questa sostanza sono molto ridotte. Il benzene è ancora impiegato in alcune lavorazioni industriali (intermedio nelle sintesi organiche), è un componente delle benzine e un solvente nei laboratori di ricerca; viene considerato un contaminante ubiquitario in quanto è immesso nell'ambiente da fonti naturali (infiltrazioni di greggio, incendi e altro) e da fonti antropogeniche (perdite di serbatoi interrati, emissioni di autoveicoli, scarichi industriali)(38).

Boro - Per questo elemento è stato definito un valore limite (1,0 mg/L). Si ricorda che nel DPR 236 era presente solo il valore guida, di nessun significato cogente. Molte regioni in questi anni, date anche le caratteristiche litologiche di tante aree del nostro Paese che favoriscono la presenza di boro nelle acque, hanno probabilmente provveduto a verificare i livelli di questa sostanza nelle acque di acquedotto. In Toscana, fino dagli inizi degli anni 90 si è provveduto a controllare la presenza di boro nelle acque destinate al consumo umano e nelle fonti di approvvigionamento (19, 20).

Bromato - Lo ione bromato è ritenuto un possibile cancerogeno e per questo motivo è stato definito un limite molto basso (10 µg/L). Questo ione si forma per ossidazione del bromuro presente nelle acque destinate alla potabilizzazione nei processi di trattamento con ozono ai fini della disinfezione. E' quindi importante anche la conoscenza delle concentrazioni del bromuro nelle acque grezze in modo da scegliere il trattamento di disinfezione più adatto. I bromati aumentano nelle acque trattate in funzione della concentrazione dei bromuri e della concentrazione di ozono applicato. L'ozono per acque con concentrazione media di sostanza organica (TOC 1 - 2 mg/L) può trovare applicazione solo in presenza di basse concentrazioni di bromuri (Br inferiori a 0,1 mg/L) (39). Acque ad elevato contenuto di bromuro si trovano in alcune aree della Sardegna. E' prevista l'adozione di un valore transitorio di 25 µg/L fino al 25 dicembre 2008.

1,2 dicloroetano - Questo composto viene impiegato come intermedio di sintesi nella fabbricazione dei composti organici clorurati, fra questi principalmente il cloruro di vinile. L'1, 2 dicloroetano è inserito fra i composti che possono causare il cancro.

Cloruro di vinile - Questo composto viene impiegato come monomero nella fabbricazione di materie plastiche (policloruro di vinile). Il cloruro di vinile è un cancerogeno per l'uomo e ha come organo bersaglio principale il fegato (angiosarcoma epatico), ma è ritenuto responsabile anche di cancro ai bronchi e di leucemie.

Clorito - Il clorito si forma nei processi di disinfezione a base di biossido di cloro. Il biossido di cloro, a differenza dell'ipoclorito, ha trovato un crescente impiego perché non produce trialometani. Pur non essendo stato preso in considerazione dalla direttiva europea, lo ione clorito è ritenuto un composto tossico, tanto che l'OMS suggerisce un valore limite; è infatti previsto che ogni stato membro della comunità europea possa modificare le indicazioni della direttiva al solo scopo di produrre delle norme maggiormente cautelative per la salute umana. Tuttavia il limite indicato dal D. lgs. 31/01 (200 µg/L) è troppo basso rispetto alle quantità

rilasciate nelle acque dal trattamento con le attuali tecnologie di disinfezione a base di biossido di cloro: per questo motivo il legislatore ha indicato un limite transitorio di 800 µg/L fino al 25 dicembre 2006.

In seguito all'acquisizione di nuove evidenze tossicologiche, per alcuni parametri (antimonio, arsenico, piombo, nichel, benzo(a)pirene, tetracloroetilene e tricloroetilene), già presenti nel DPR 236/88, sono stati introdotti valori limite più restrittivi (Tabella 12).

Antimonio – Con il D. lgs. 31/01, per l'antimonio viene ridotto l'attuale limite di 10 µg/L a 5 µg/L; con questa scelta viene recepita l'indicazione dell'OMS che prevede un valore guida provvisorio di 5 µg/L (28). L'antimonio è considerato dalla IARC un possibile cancerogeno per l'uomo.

Arsenico - E' nota da molto tempo l'azione cancerogena dell'arsenico, tanto che in molti ambiti scientifici si raccomandano concentrazioni di questa sostanza nelle acque potabili più basse possibili. L'arsenico costituisce attualmente un contaminante delle acque diffuso in numerose aree della Terra: per i suoi effetti negativi sulla salute umana, si dispone di molte indagini sulle acque utilizzate a scopo potabile (40 – 45). Anche in Italia sono state da anni condotte ricerche sui valori e sulla distribuzione di questa sostanza nelle acque destinate al consumo umano (46 - 48), ricavando talvolta un quadro preoccupante per la presenza di concentrazioni superiori a 50 µg/L, valore limite indicato nel DPR 236/88 e ritenuto ormai non più cautelativo per la salute umana, tanto che è stato introdotto un limite decisamente più basso (10 µg/L) con il D. lgs. 31/01.

In varie zone della Terra e anche in Italia la presenza dell'arsenico è legata prevalentemente a processi naturali di cessione dei minerali accessori presenti nelle rocce costituenti gli acquiferi. Mineralizzazioni ad arsenico sono diffuse prevalentemente in molte rocce vulcaniche, tuttavia acque contaminate da arsenico si riscontrano talvolta in acquiferi costituiti da rocce sedimentarie. In alcune regioni del nostro Paese, è probabile che l'arsenico nelle acque sia legato anche all'attività umana: in passato grandi quantità di arsenico sono state disperse sul suolo come erbicida.

In ragione della differente tossicità delle varie forme di arsenico, occorrerebbe distinguere fra l'arsenico inorganico e quello organico; ai fini tossicologici il valore parametrico di 10 µg/L viene applicato all'arsenico totale (organico e inorganico, contributo delle forme As^{III} e As^V).

Piombo – Per il piombo è previsto un valore limite di 10 µg/L che entrerà in vigore il 25 dicembre 2013; attualmente il valore parametrico di transizione è 25 µg/L. Studi condotti su acque di acquedotto mettono in evidenza concentrazioni talvolta superiori al valore di 10 µg/L per cessioni da tubature in piombo ancora presenti in vari centri storici di città italiane. Per questo motivo, nell'attesa di un rinnovo di tali tubazioni, operazione molto costosa e con tempi necessariamente molto lunghi, l'entrata in vigore di tale limite è stato prorogata.

Nichel – Per questo metallo viene indicata la riduzione da 50 a 20 µg/L. Anche in questo caso viene recepita l'indicazione l'OMS che prevede appunto un valore guida di 20 µg/L.

Idrocarburi policiclici aromatici. - Per queste sostanze il valore limite di 0,2 µg/L presente nell'allegato I del DPR 236/88 è stato ridotto a 0,10 µg/L. Questo valore deve essere inteso come somma delle concentrazioni dei seguenti composti: benzo(b)florantene, benzo(k)florantene, benzo(ghi)perilene, indeno (1,2,3-cd) pirene. Ad eccezione del fluorantene, che non è riportato, sono gli stessi composti citati nell'allegato I del DPR 236/88 con denominazioni diverse. Il benzo(a)pirene (chiamato nel precedente decreto benzo(3,4)pirene), per la sua maggiore attività cancerogena, viene presentato a parte con un limite ancora più basso (0,010 µg/L). E' probabile che per le difficoltà analitiche per la determinazione di questo parametro a livelli così bassi, non vi siano molti dati disponibili nelle acque distribuite in rete nel nostro Paese, almeno ai livelli di sensibilità richiesti dalla nuova normativa. Gli IPA sono considerati dei contaminanti ubiquitari in quanto prodotti, oltre che dalla combustione degli idrocarburi fossili, anche da fenomeni naturali come la combustione delle foreste.

Tetracloroetilene, tricloroetilene e trialometani – L'allegato 1 del DPR 236/88 inserisce questi parametri fra i composti organoalogenati per i quali è prevista una CMA di 30 µg/L. Con il D. lgs. 31/01, tetracloroetilene e tricloroetilene, per la loro tossicità e perché riconducibili a contaminazione di origine antropica, sono presentati separatamente da quelli prodotti dai processi di clorazione; la somma del rispettivo contributo dei due composti non può superare 10 µg/L.

Viene inoltre riportato al posto dei composti organoalogenati il parametro trihalometani che presenta un limite di 30 µg/L come somma dei componenti specifici (cloroformio, bromodichlorometano, dibromoclorometano e bromoformio).

Il parametro composti organoalogenati era forse troppo generale, ma comunque capace di normare altre sostanze, prevalentemente alifatiche alogenate, che possono essere presenti nelle acque; fra queste l'1,1,1-tricloroetano, 1,2-dicloropropano, tetracloruro di carbonio, alcuni tipi di freon, ora sprovvisti di un valore limite.

Composti come 1,2-dicloroetano, tricloroetilene, tetracloroetilene e cloruro di vinile non sono riportati come voce singola nel DPR 236/88 e pertanto a queste sostanze si applica il valore limite di 30 µg/L. Tuttavia, il ritrovamento di concentrazioni elevate di questi composti, pur inferiori al valore limite, ha sempre indotto indagini supplementari e spesso interventi per la modifica della qualità dell'acqua prodotta.

Di seguito sono riportati i parametri con valori parametrici non modificati o poco modificati

Per cadmio, cromo, rame, cianuro, mercurio, selenio e vanadio non si sono introdotte modifiche rispetto ai valori indicati dall'allegato 1 DPR 236/88. Si riscontrano comunque per alcuni di questi parametri modifiche delle cifre significative nell'espressione dei risultati; ad esempio il cadmio nell'allegato 1 del DPR 236/88 presenta un limite di 5 µg/L, mentre nel nuovo decreto tale limite viene espresso con le cifre 5,0 µg/L.

Al parametro fluoruro viene assegnato il valore di 1,50 mg/L, semplificando quanto è riportato nel DPR 236/88 (1500-700 µg/L, CMA variabile secondo la temperatura media dell'aria nella zona geografica considerata).

Antiparassitari – Con questo termine il D.lgs.31/01 intende un insieme di sostanze differenti e di natura spesso complessa: insetticidi organici, erbicidi organici, fungicidi organici, nematocidi organici, acaricidi organici, algicidi organici, rodenticidi organici, sostanze antimuffa organiche e i pertinenti metaboliti (prodotti di degradazione e di reazione). I valori di parametro sono gli stessi del DPR 236/88, con modifiche solo nelle cifre significative; ad esempio per *Antiparassitari – totale* il valore indicato dal nuovo decreto è 0,50, rispetto al precedente 0,5. Viene anche precisato che nel caso di aldrin, dieldrin, eptacloro e eptacloroossido il valore parametrico di ciascuno di questi prodotti è 0,030 µg/L.

Nitrati e nitriti

Per quanto riguarda le forme di azoto, il D. lgs. 31/01 non prende più in considerazione l'azoto Kjeldahl, ma solo quello inorganico costituito da ammonio, nitriti e nitrati. Per quanto riguarda nitriti e nitrati, viene preso in considerazione il contributo di ambedue le forme per il raggiungimento del valore parametrico secondo la formula (I)

$$(I) \quad \frac{[NO_3^-]}{50} + \frac{[NO_2^-]}{0.5(0.1)} \leq 1$$

dove le concentrazioni di nitrato e nitrito si intendono in mg/L. (Nota: la formula I viene riportata così come indicata dal D. lgs. 27/02, punto aa. Dal un punto di vista matematico tale formula può apparire non chiara). Poiché il valore 0,1 mg/L si applica nelle acque provenienti da impianti di trattamento, e quindi alla gran parte delle acque distribuite in rete, la nuova normativa appare più restrittiva con le forme di azoto inorganico in quanto prende in considerazione contemporaneamente il contributo delle due forme.

Per i parametri indicatori (parte C dell'allegato 1) è prevista la conformità rispetto ai relativi *valori di parametro* (Tabella 13).

<i>Parametri</i>	Unità di misura	Valore limite DPR 236/88	Valore limite D. Lgs. 31/01
Alluminio	µg/L Al	200	200
Ammonio (come NH ₄)	mg/L NH ₄	0,5	0,50
Cloruro	mg/L Cl	200	250
Clostridium perfringens	UFC/100 mL	0	0
Colore	mg/L scala Pt-Co	20	Accettabile per i consumatori e senza variazioni anomale
Conducibilità	µS/cm a 20 °C	-	2500
Concentrazione ioni idrogeno	Unità pH	6,0 – 9,5	6,5 – 9,5
Ferro	µg/L Fe	200	200
Manganese	µg/L Mn	50	50
Odore	Tasso di diluizione	2 a 12 °C 3 a 25 °C	Accettabile per i consumatori e senza variazioni anomale
Ossidabilità	mg/L O ₂	5	5,0 (Sostituibile dal TOC)
Solfato	mg/L SO ₄	250	250
Sodio	mg/L Na	150-175	200
Sapore	Tasso di diluizione	2 a 12 °C 3 a 25 °C	Accettabile per i consumatori e senza variazioni anomale
<i>Conteggio delle colonie a 22 °C</i>	UFC/mL	-	Senza variazioni anomale
<i>Batteri coliformi a 37 °C</i>	UFC/100 mL	0	0
Carbonio organico totale	mg/L C	-	Senza variazioni anomale
Torbidità	NTU	4	1,0 (Solo per acque superficiali)
Durezza	°F	15-50	15-50 Il limite inf.re vale per le acque addolcite
Residuo secco a 180 °C	mg/L	1500	1500 (Val. max consigliato)
Disinfettante residuo	mg/L	0,2	0,2 (Val. min. consigliato)

Tabella 13 - Parametri indicatori riportati nel D. lgs 31/01

Quando si verificano dei superamenti, l'articolo 14, punto 1, del D. lgs. 31/01 impone che *vengano presi provvedimenti intesi a ripristinare la qualità delle acque ove ciò sia necessario per tutelare la salute umana*. Questa ultima affermazione “*ove ciò sia necessario per tutelare la salute umana*” sembra implicitamente

permettere che, quando un parametro supera il relativo valore indicato nella parte C dell'allegato 1, può non essere necessario soddisfare tale valore, se quel superamento non determina rischi per la salute umana. Rispetto al DPR 236/88, questa indicazione può essere un'interessante modifica che permette, almeno in parte di intervenire su situazioni difficili di distribuzione di particolari acque potabili. E' il caso delle acque ricche in solfati che hanno indotto notevoli problemi ai gestori di acquedotto costretti alla richiesta di deroghe, ad approntare piani di realizzazione di impianti costosi e complessi, ancora oggi in parte non realizzati.

Sul piano dei valori parametrici, rispetto al DPR 236/88, per i parametri indicatori si riscontrano alcune modifiche. Si osserva il mantenimento di un valore di 1500 mg/L per il residuo fisso, indicando che acque piuttosto saline non sono idonee al consumo umano. Viene riportato anche un valore parametrico per la conduttività: 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20 °C; tuttavia a quel valore corrisponde un residuo fisso solitamente più elevato di 1500 mg/L (da 1900 a 2200 mg/L in funzione della natura dei componenti principali: a parità di residuo fisso un'acqua clorurato-sodica presenta una differente conducibilità da un'acqua bicarbonato-calcica).

E' definito un unico valore parametrico per il sodio; questa precisazione è utile in quanto l'allegato 1 del DPR 236/88 stabiliva due differenti valori limite, di non chiara applicazione di fronte ad un'unica analisi.

Ulteriore chiarezza viene dalla riduzione del valore relativo alla torbidità. Per questo parametro è previsto il passaggio da 4 unità Jackson (corrispondenti in pratica a 4 NTU) dell'attuale normativa a 1,0 NTU. Questa indicazione è importante perché chiarisce l'impiego dell'unità nefelometria al posto delle unità Jackson e silice, unità di misura che hanno causato fino ad oggi difficoltà applicative; chiarisce anche il fatto che valori superiori ad 1 NTU rendono l'acqua poco accettabile da parte degli utilizzatori in quanto, già a vista, a tali livelli di concentrazione la torbidità è osservabile. La torbidità è un parametro frequentemente responsabile dell'alterazione dei requisiti di qualità delle acque destinate al consumo umano non solo nella provincia di Firenze. La presenza di torbidità nelle acque potabili, spesso formata da sospensioni argillose in seguito a processi di potabilizzazione non corretti, può determinare una scarsa efficacia nel processo di disinfezione (49).

Alcuni parametri del DPR236/88 non sono indicati nel D. lgs. 2 febbraio 2001, n. 31 (Tabella 14); alcuni di questi sono stati ritenuti aspecifici (idrocarburi), altri di scarso significato per la bassa tossicità (ad es. zinco). Se è utile, come sopra riportato, la non menzione del magnesio, non si spiega la mancanza di un valore limite per i fenoli e ancor più per il bario, elemento tossico, tanto che per le acque minerali naturali il decreto del 31 maggio 2001, che modifica l'articolo 6 del decreto 12 novembre 1992 n. 542 (50), abbassa il valore da 10 a 1 mg/L. Per quanto riguarda l'assenza dei tensioattivi, del fosforo e dello zinco, è probabile che ciò derivi da una scarsa rilevanza sanitaria di questi composti e dalle basse concentrazioni che comunemente si riscontrano.

<i>Parametri</i>	Unità di misura	Valore limite DPR 236/88
Bario	$\mu\text{g}/\text{L}$ Ba	-
Argento	$\mu\text{g}/\text{L}$ Ag	10
Fenoli	$\mu\text{g}/\text{L}$	0,5
Magnesio	mg/L Mg	50
Tensioattivi anionici	$\mu\text{g}/\text{L}$ MBAS	200
Idrocarburi disciolti o emulsionati	$\mu\text{g}/\text{L}$	10
Fosforo	$\mu\text{g}/\text{L}$ P_2O_5	5000
Idrogeno solforato	$\mu\text{g}/\text{L}$ H_2S	Non rilevabile organoletticamente
Zinco	$\mu\text{g}/\text{L}$ Zn	3000

Tabella 14 - Parametri non indicati nel D. lgs 31/01

Il problema della speciazione degli elementi.

La determinazione delle specie chimiche degli elementi presenti nelle acque è importante per comprendere i fenomeni di biodisponibilità di questi nei confronti del mondo vegetale e animale, la loro tossicità o la loro

carenza quando trattasi di elementi essenziali. E' nota infatti la maggiore tossicità dei derivati organici del mercurio (fenilmercurio acetato, cloruro di metilmercurio) rispetto alle forme inorganiche, così come dei piombo-alchili, che presentano una tossicità molte volte superiore al piombo inorganico.

L'arsenico è fra gli elementi più studiati in questo senso, sia per le numerose forme organiche con cui può essere presente nelle acque (arsenobetaina, acido metilarsonico, acido metilarsonico, tetrafenilarsonio e altre), sia per l'evidente differenza di tossicità fra le varie forme (di diversi ordini di grandezza nel caso di alcuni composti arsenorganici). Un'analisi in HPLC dell'arsenico può arrivare ad evidenziare 8 differenti forme.

Nel caso del vanadio, la forma a più elevato stato di ossidazione, VO_2^+ , presenta una forte attività come inibitore enzimatico, mentre lo ione vanadile VO^{2+} , appare dotato di una tossicità molto scarsa.

La conoscenza dei vari stati di ossidazione e delle forme degli elementi nelle acque potrebbe portare alla definizione di differenti valori limite che certamente sarebbe di notevole utilità nella gestione delle risorse idriche; ad esempio, in un'acqua contenente vanadio tutto o gran parte come V (IV) il valore 50 $\mu\text{g/L}$ (attuale valore limite) potrebbe essere eccessivamente cautelativo; la conoscenza delle varie specie potrebbe consentire l'impiego di acque con concentrazioni di questo elemento in quantità ragionevolmente superiori al valore limite.

Al momento si ritiene corretta la mancanza di qualsiasi accenno a questa problematica nel D. lgs. 31/01: oltre alla difficoltà di definire differenti limiti in funzione della forma dell'elemento, vi sono ancora procedure analitiche non semplici nella speciazione degli elementi, talvolta con trattamenti direttamente al punto di captazione per evitare la rapida interconversione delle varie forme.

Aspetti analitici

Per quanto riguarda l'introduzione di nuovi parametri e la riduzione di alcuni valori parametrici, possono porsi dei problemi di tipo analitico nei laboratori di controllo. Il limite di rivelabilità per alcuni parametri è abbastanza basso tanto che per alcuni di questi si riconoscono alcune difficoltà nel raggiungimento dei valori previsti; ad esempio, nel caso degli antiparassitari, si riporta che *...Le caratteristiche di prestazione si applicano ad ogni singolo antiparassitario e dipendono dall'antiparassitario considerato. Attualmente il limite di rivelabilità può non essere raggiungibile per tutti gli antiparassitari, ma ci si deve adoperare per raggiungere tale obiettivo* (Nota 3, allegato III, paragrafo 2.2, D. lgs.31/01). Inoltre è opportuno ricordare che i controlli degli antiparassitari nelle acque superficiali destinate alla potabilizzazione e nelle acque distribuite in rete, generalmente vengono condotti utilizzando metodi di screening multiresiduo basati su estrazione SPE e determinazione mediante gascromatografia con rivelatori selettivi (ECD, NPD) o massa (MS). La tendenza futura è quella di estendere il metodo di screening anche a sostanze determinabili mediante HPLC con rivelatori UV/VIS, DAD, fluorimetrico (FLD) o massa (MS). L'obiettivo è utilizzare fasi adsorbenti per SPE in grado di garantire l'estrazione di analiti aventi caratteristiche chimico-fisiche, di polarità e comportamento acido-base molto diverse fra loro in un unico stadio, senza dovere ricorrere a metodi specifici, preferibilmente a pH prossimo alla neutralità (51).

Per l'impiego dei metodi di analisi si fa riferimento nel punto d) *all'adozione, previa predisposizione da parte dell'Istituto Superiore di Sanità, dei metodi analitici di riferimento da utilizzare per i parametri elencati nell'allegato II, nel rispetto dei requisiti di cui allo stesso allegato.*

Per i parametri microbiologici, la nuova normativa, nella sua espressione sia europea che nazionale, presenta, relativamente agli aspetti analitici, evidenti carenze e/o incongruenze. Non a caso, a fronte delle segnalazioni degli addetti ai lavori a livello sia nazionale che internazionale, si sta lavorando a livello europeo per "aggiustare il tiro" proponendo metodi più idonei alle attuali esigenze analitiche. Un esempio eclatante di questa scarsa attenzione alla congruità applicativa, in ambito "routinario", di metodiche analitiche microbiologiche proposte dalla Direttiva e recepite dal Decreto, è il metodo analitico ISO previsto per la ricerca di *E. coli*. Tale metodo, oltre a prevedere procedure applicative abbastanza complesse, presuppone l'utilizzo di terreni che presentano nella loro elevatissima sensibilità il loro principale difetto: purtroppo un terreno colturale "troppo" sensibile comporta infatti, in situazioni assai frequenti per le acque ad uso umano, lo sviluppo di microrganismi ambientali la cui presenza può addirittura mascherare quella dell'indicatore ricercato. Inoltre la scarsa specificità comporta la necessità di ricorrere a inevitabili prove di conferma che comportano notevoli dispendi di materiali, forza lavoro e tempo.

Inspiegabilmente la nuova normativa non sembra prendere in considerazione le novità analitiche attualmente disponibili nel settore microbiologico. Se da un lato ciò è comprensibile, data la necessità di fare applicare i metodi analitici in tutti gli stati membri della UE, dall'altro questa scelta non è sempre giustificabile. In

particolare, senza pensare alle pressoché infinite potenzialità applicative dei moderni metodi biologici molecolari, sono comunque disponibili sul mercato terreni colturali altamente specifici, spesso in forma pronta all'uso ed a costi ormai equivalenti a quelli dei terreni tradizionali. Ci si riferisce ai cosiddetti terreni "cromogeni" che nel caso in questione sfrutterebbero l'attività enzimatica da β - galattosidasi dei coliformi e da β - D-glucuronidasi di *E. coli*. Questi terreni, alla sensibilità uniscono la praticità d'uso e l'insostituibile vantaggio di ridurre al minimo le procedure di conferma e conseguentemente i tempi di risposta.

In merito a parametri quali virus o cisti protozoarie (volume di riferimento 100 litri), rimangono peraltro irrisolti i problemi connessi alla concentrazione dei campioni oltre che alla complessità delle determinazioni analitiche, causa frequente della mancata ricerca dei parametri stessi. A tale scopo risulta evidente la necessità di individuare ed applicare, coinvolgendo attivamente gli enti gestori, procedure di concentrazione in campo alle quali far seguire uno svolgimento centralizzato a livello regionale, nell'ambito di laboratori specializzati, dell'isolamento ed identificazione dei microrganismi di interesse.

Per i parametri chimici e chimico fisici occorre seguire quanto specificato al punto 2.1, allegato III. E' riportata una tabella relativa alle caratteristiche di prestazione dei metodi analitici in cui sono definiti i valori di esattezza, precisione e limite di rivelabilità che questi devono presentare (Allegato III, punto 2.2, definizioni secondo norma ISO 5725). Sono riportate anche le definizioni di esattezza, precisione e limite di limite di rivelabilità.

- *Per esattezza si intende la differenza fra il valore medio di un grande numero di misurazioni ripetute ed il valore vero (accuratezza della media).*

- *La precisione misura la dispersione dei risultati intorno alla media; essa è generalmente espressa come la deviazione standard all'interno di un gruppo omogeneo di campioni e dipende da errori casuali.*

Per limite di rivelabilità vi sono due proposte: quella che sembra più accettabile è quella che definisce il limite di rivelabilità pari a 5 volte la deviazione standard relativa all'interno di un lotto di un bianco.

L'introduzione di nuovi parametri analitici determinerà un impegno aggiuntivo nei laboratori di controllo, soprattutto per quelli di tipo chimico. Fra i nuovi parametri, l'inserimento del cloruro di vinile porta di nuovo ad esporre gli analisti ad una sostanza cancerogena, di difficile conservazione e manipolazione. Con la diminuzione sul mercato dei contenitori di plastiche a base di polivinilcloruro per acque e alimenti, nei laboratori di controllo era stato progressivamente abbandonato il dosaggio del monomero. Il problema dell'uso di sostanze altamente tossiche ai fini analitici non è trascurabile, visto le indicazioni e le pressioni che provengono dai vari servizi di protezione e prevenzione per la progressiva eliminazione dai laboratori di tutte le sostanze cancerogene.

I recenti metodi di analisi che spesso prevedono l'impiego di tecniche avanzate sono utilizzati anche laddove la normativa non lo esplicita in modo chiaro, specialmente per quanto riguarda le tecniche multielementari. Dato che sempre più si sta operando nella direzione di impiegare metodi avanzati, le strutture di controllo dovrebbero uniformare l'impiego di tali metodi su basi comuni, generalmente a livello regionale. Questo processo appare percorribile in quanto le ARPA si stanno muovendo in alcune regioni come strutture non frammentate e dotate di centri unici di coordinamento. Ad esempio, in Toscana la Commissione Regionale Acque ha compiti di indirizzo per scelte e impiego comune dei metodi analitici. Si dovranno pertanto individuare i criteri e le garanzie dei metodi adottabili. Questo è possibile con l'impiego di metodi riportati nelle raccolte di metodi nazionali o nella letteratura internazionale e di metodi che comunque da tempo fanno parte dell'uso comune e che sono già accreditati o valutati in circuiti di controllo interlaboratorio. Per quanto riguarda i metodi applicabili a tecniche analitiche avanzate come ICP-MS (spettrometria di emissione a plasma induttivo con rivelatore di massa) o LC/MS/MS (cromatografia liquida con rivelazione in massa-massa), una volta consolidate le basi conosciute delle caratteristiche di tali metodi in funzione della tipologia dei controlli, non dovrebbero verificarsi controindicazioni ad un loro impiego. Per certi parametri (metalli e altri elementi di natura non metallica) una tecnica analitica multielementare come ICP-MS sarebbe quella di elezione; non a caso questa è sempre più diffusa non solo nei laboratori pubblici, ma anche negli stessi laboratori consortili degli enti gestori degli acquedotti. Questa tecnica consentirebbe, sia di superare gran parte delle interferenze e lentezze della spettrometria di assorbimento atomico (anche se velocizzata da recenti evoluzioni che consentono un dosaggio più rapido degli elementi), sia il progressivo allargamento di conoscenze sui livelli di concentrazione di alcuni elementi per i quali non sono previsti limiti, ma che tuttavia possono diventare di interesse ai fini ambientali e sanitari (ad es. bismuto, molibdeno, tallio, uranio, ecc.).

In tabella 15 è riportato un elenco dei parametri indicati nell'allegato 1, parte B del D. lgs. 2 febbraio 2001, n. 31 e le possibili tecniche analitiche.

<i>Parametri</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore limite Acque potabili D. Lgs. 31/01</i>	<i>Tecniche analitiche</i>
Acrilammide ⁽¹⁾	µg/L	0,10	HPLC
Antimonio	µg/L	5,0	AAS-GF, AAS-idruri; ICP-MS
Arsenico	µg/L	10	AAS-GF, AAS-idruri; ICP-MS
Benzene	µg/L	1,0	Gascromatografia
Benzo (a) pirene	µg/L	0,010	Gascromatografia con rivelazione di massa; HPLC
Boro (come B)	mg/L	1,0	Spettrometria VIS; ICP-OES; ICP-MS
Bromato ⁽²⁾	µg/L	10	Cromatografia ionica;
Cadmio	µg/L	5,0	AAS-GF, ICP-MS
Cromo	µg/L	50	AAS-GF, ICP-MS
Rame	µg/L	1000	AAS-GF, ICP-MS
Cianuro ⁽³⁾	µg/L	50	Spettrometria VIS
1,2 dicloroetano	µg/L	3,0	Gascromatografia
Epicloridrina ⁽¹⁾	µg/L	0,10	HPLC
Fluoruro	mg/L	1,50	Cromatografia ionica
	µg/L	10-25	AAS-GF, ICP-MS
Mercurio	µg/L	1,0	AAS-idruri; ICP-MS
Nichel	µg/L	20	AAS-GF, ICP-MS
	mg/L NO ₃	50	Cromatografia ionica
Nitrito	mg/L NO ₂	0,1 - 0,50	Spettrometria VIS
Antiparassitari - Totale	µg/L	0,50	Estrazione SPE e determinazione mediante GC-MS
Idrocarburi policiclici aromatici	µg/L	0,10	Gas cromatografia con rivelazione di massa e HPLC con rivelazione di fluorescenza
Selenio	µg/L	10	AAS-GF, AAS-idruri; ICP-MS
Tetracloroetilene e tricloroetilene (somma)	µg/L	10	Gascromatografia
Triometani (totale)	µg/L	30	Gascromatografia
Cloruro di vinile	µg/L	0,5	Gascromatografia
Clorito	µg/L	200 - 800	Cromatografia ionica
Vanadio	µg/L	50	AAS-GF, ICP-MS

Tabella 15 - Elenco dei parametri indicati nell'allegato 1, parte B del D. lgs 31/01 e le possibili tecniche analitiche.

Note: ⁽¹⁾ la concentrazione nelle acque si estrapola generalmente dal dosaggio sul prodotto; ⁽²⁾ necessità di disporre di colonne dell'ultima generazione; ⁽³⁾ preferibile l'impiego di kit analitici per ridurre al massimo la manipolazione di cianuro (motivi di sicurezza).

Nel D. lgs. 31/01 viene anche precisata la modalità di espressione dei risultati: *Indipendentemente dalla sensibilità del metodo di analisi utilizzato, il risultato deve essere espresso indicando lo stesso numero di decimali usato per il valore di parametro di cui all'allegato I, parti B e C (Allegato II, paragrafo 2.1).* Questa precisazione dovrebbe rendere più chiara l'espressione dei risultati, soprattutto rendendo questi più leggibili con un deciso taglio delle cifre non significative che ancora affliggono tanti rapporti di prova, ad esempio, il pH con cifre centesimali o addirittura millesimali che nell'ambito specifico delle acque destinate al consumo umano non hanno significato alcuno.

Si ricorda infine che con il D.lgs. 31/01 compare la misura della radioattività nelle acque destinate al consumo umano; questo parametro non era riportato nel DPR 236/88.

Conclusioni

In alcuni ambiti scientifici si fa notare che il D. lgs. 31/01 non riporta alcuni parametri chimici che potrebbero essere necessari per la tutela della salute umana; fra questi si citano quelli più comuni come berillio, cobalto e bario, ma anche platino, palladio, rodio, tallio, tellurio, uranio ed altri elementi (comunemente definiti, forse impropriamente, *in traccia*). Se la presenza di alcuni di questi elementi nelle acque è imputabile a processi naturali, alcuni di questi sono dispersi nell'ambiente in seguito ai progressi della tecnologia che determina nuovi prodotti disponibili sul mercato (ad esempio, impiego di metalli preziosi nelle marmitte catalitiche e terre rare usate come componenti in microprocessori ed in altre parti dei computer) e, ancora, ad uno scorretto smaltimento di rifiuti e acque reflue. Molti di questi elementi, di cui, per una parte, è stata evidenziata, almeno in vitro, la citotossicità, possono essere determinati grazie a tecniche analitiche avanzate sempre più diffuse anche nei laboratori pubblici di controllo. E' indubbio che esistono difficoltà e tempi lunghi per ricavare informazioni tossicologiche trasferibili in valori limite per le acque destinate al consumo umano. Di vari metalli e elementi, ma anche di molti composti organici di sintesi, che possono essere presenti nelle acque abbiamo scarse conoscenze sul significato biologico: non si conoscono le soglie delle concentrazioni oltre le quali si determina un rischio per i soggetti. Di fronte a queste lacune, non bisogna comunque dimenticare il grande salto di qualità che si è fatto negli ultimi 25 anni nel controllo delle acque destinate al consumo umano: dall'inizio degli anni 70 è progressivamente cresciuta una profonda sensibilità per questa tipologia di acque che ha determinato importanti strumenti giuridici di intervento a livello europeo che hanno prodotto modifiche sostanziali soprattutto nel controllo dell'ambiente. L'evoluzione delle conoscenze sulle acque potabili e su tutta la materia inerente tali acque, ha prodotto nuove esigenze negli aspetti tecnici dei controlli con la necessità di dotazione di strumentazioni analitiche sempre più avanzate, ma anche con la formazione di personale ad elevata specializzazione. Di fronte a tali complessità, è indubbio che il modello fino a qualche anno fa presente in molte regioni di laboratori su scala provinciale con competenze onnicomprensive sulle varie matrici ambientali e sanitarie non è più sostenibile: l'acqua, per la numerosità dei parametri e le basse concentrazioni che debbono essere rilevate, costruisce una fra le matrici più esigenti.

L'adozione di metodi analitici a maggiore complessità, sta orientando verso l'allestimento di laboratori di riferimento ad elevata specializzazione. Il prodotto scientifico di tali aggregati, oltre che rispondere alle necessità normative, può talvolta individuare incoerenze negli stessi metodi di riferimento e indurre verso l'utilizzo di tecniche analitiche sempre più avanzate. Queste dovranno essere viste soprattutto come sistemi in rapida evoluzione, essendo il prodotto di una ricerca tecnologica che oggi consente ai microprocessori di raddoppiare la loro potenza ogni 18 mesi. E' importante avere metodi di riferimento, ma il futuro sarà orientato verso le prestazioni dei vari metodi e verso la formazione di personale specialistico dedicato alla gestione di specifiche tecniche. Queste esigenze al momento appaiono incompatibili con un mercato del lavoro che determina ricambi del personale da considerarsi rapidi, visto i tempi, spesso dell'ordine degli anni, per formare le conoscenze e le esperienze di tale personale ad alta specializzazione.

Infine, scelte e idee che sembrano talvolta indirizzare verso una diminuzione dei controlli da parte delle strutture pubbliche, come alcuni orientamenti politici sembrano proporre e come sembra emergere in qualche

realtà, possono ridurre il controllo pubblico delle acque meramente ad una serie di autocontrolli eseguiti dagli enti gestori o con delega a strutture private di analisi. Questa evoluzione non può che costituire una scelta sconveniente e inaccettabile nell'ottica di una reale tutela della salute di cittadini e di protezione ambientale e non solo nell'ambito delle acque destinate al consumo umano.

Bibliografia

1. Biffoli R.; Bernocchi V.– Determinazione dei nitrati nelle acque di pozzi nei dintorni di Firenze. L'Igiene Moderna, vol. LIV, pg. 789, (1961).
2. Biffoli R. – Dosaggio dello ione nitrico e sua importanza igienica ai fini della potabilità delle acque. Nota II: risultati di ulteriori controlli in provincia di Firenze. Boll. Lab. Chim. Prov., n. 5, vol. XVI, 558, (1965).
3. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri dell'8 febbraio 1985- Caratteristiche di qualità delle acque destinate al consumo umano. (G.U. n° 108 del 9 maggio 1985).
4. Decreto del Presidente della Repubblica del 24 maggio 1988 n° 236. Attuazione della Direttiva CEE n° 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'articolo 15 della legge 16.4.1987, n° 183 (G.U. n° 152 del 30.6.1988).
5. Direttiva del Consiglio del 15 luglio 1980 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano (80/778/CEE) (G.U.C.E. 30.08.1980 N.L.229/11).
6. Legge 5 gennaio 1994, n° 36 – Disposizioni in materia di risorse idriche (G.U. n° 14 del 19 gennaio 1994).
7. Petrella R. – L'oro blu del XXI secolo. Sapere, Ed. Dedalo, anno 68, n.3, pp. 31,37. (Giugno 2002).
8. Decreto Lgs. 2 febbraio 2001, n. 31 Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano. (G.U. n.52 del 3 marzo 2001).
9. Direttiva 98/83/CE del Consiglio del 3 novembre 1998 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano (G.U.C.E. L. 330/32 del 05.12.1998).
10. Decreto Lgs. 2 febbraio 2002, n. 27 – Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 2 febbraio 2001, recante attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano. (G.U. n.58 del 9 marzo 2002).
11. Mantelli F.; Gori R.; Masini M.; Bucci P.; Sciullo A. - Cadmio, cromo e piombo nelle acque potabili in provincia di Firenze: indagini relative agli anni 1993-1995 - Boll. Chim. Igien. Vol. 50, pp. 359-369, (1999).
12. Decreto del Presidente della Repubblica n° 515. Attuazione della Direttiva CEE n° 75/440 concernente la qualità delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile. (G.U. n° 216 del 7/8/1982). [Decreto rettificato con avviso pubblicato nella G. U. del 18 .02. 1983].
13. Decreto Legislativo 11 maggio 1999 n.152 “Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonti agricole” G.U. n. 177 del 30.07.1999.

14. Decreto Legislativo 18 agosto 2000 n. 258 “Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128. (G.U. n. 218 del 18.09.2000).
15. Decreto Ministeriale 26 marzo 1991- Norme tecniche di prima attuazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n° 236, relativo all'attuazione della direttiva CEE n° 80/778, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n° 183 (G.U.S.G. n° 84 del 10 aprile 1991).
16. Previtera D. – La presenza di vanadio nelle acque destinate al consumo umano dell'area catanese. Comunicazione presentata al XXX Congresso Nazionale della Unione Italiana dei Chimici Igienisti, Palermo , 5/7 giugno 2002. In pubbl.: Boll. Chim. Igien., (2002).
17. Veschetti E.; Ferrari C.; Minelli L.; Ottaviani M.; Giammanco S.; Valenza M.; Giammanco G.; Pignato S. - Monitoraggio della qualità delle acque sotterranee del Monte Etna. Risultati preliminari. *Acqua-Aria.*, pgg. 77-86, (maggio 1999).
18. Decreto Min. Sanità del 10 novembre 1999 - Concentrazione massima ammissibile per il parametro Vanadio nelle acque destinate al consumo umano (G.U. del 25.11.1999 n. 277).
19. Grilli Cecilioni A.; Salutini A.; Mantelli F.; Ronchi A. - Presenza di boro nelle acque potabili e minerali in alcune zone della Toscana. Atti del II° Covegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee. Metodologie, tecnologie e obiettivi. Modena 17/19 maggio 1995, Vol. 3, 3.345, Pitagora Editrice, Bologna.
20. Mantelli F.; Grilli Cecilioni A.; Salutini A. - Valore limite del boro nelle acque potabili - Verso la revisione della direttiva CEE 80/778 - Possibili implicazioni sulla disponibilità delle risorse idriche in Italia. Atti del II° Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee. Modena 17/19 maggio 1995, volume 4, Quaderni di Geologia Applicata 1, pp. 163-167, Pitagora Editrice, Bologna. Gennaio – (giugno 1996).
21. Garuglieri; Griffini O.; Peruzzi P.; Pranzini G. - L'inquinamento da organoalogenati nelle acque di falda della zona nord-ovest di Firenze. *Dip. Scienze della Terra - Università di Firenze - Acquedotto di Firenze. Tipografia Cavour, Firenze (1990).*
22. Brondi M.; Dall'Aglio M.; Ghiara E. - Elementi in traccia di interesse geochimico e tossicologico nei fluidi termali e geotermici dei Campi Flegrei e di Larderello. *Acqua-Aria*, 10 (1986).
23. Mantelli F.; Salutini A.; Grilli Cicilioni A.; Bucci P.; Carrozzino S.; Iozzelli M. et all. - Presenza di arsenico nelle acque di acquedotto e nelle fonti di approvvigionamento idrico in Toscana. Atti del 3° Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee per il III millennio. Parma 13/15 ottobre 1999, in: *Quaderni di geologia applicata*, vol. 2, pp. 271-281, Pitagora Editrice, Bologna.
24. Grassi S.; Netti R. – Contaminazione da mercurio di falde idriche in provincia di Grosseto. Atti del 3° Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee per il III millennio. Parma 13/15 ottobre 1999, in: *Quaderni di geologia applicata*, vol. 2, pp. 321-327, Pitagora Editrice, Bologna.
25. Decreto 3 febbraio 1995, Disciplina concernente le deroghe alle caratteristiche di qualità delle acque destinate al consumo umano (G.U. n. 31 del 7.2.1995).
26. Fornaciai G.; Cherubini M.; Mantelli F. - Contaminazione da fibre di amianto nelle acque potabili in Toscana. Atti del Convegno Nazionale “L'amianto: dall'ambiente di lavoro all'ambiente di vita. Nuovi indicatori per futuri effetti”, Torino, 23-25 settembre 1996. Tipografia PI-ME editrice, Pavia (1997).
27. Cherubini M.; Fornaciai G.; Mantelli F.; Chellini E.; Sacco C. – Results of a survey on asbestos fibre contamination of drinking water in Tuscany, Italy. *J. Water SRT - Aqua* Vol. 47, N° 1, pp.1-8, (1998).

28. W.H.O. Guidelines for drinking-water quality, second edition, volume 2, Geneva (1996).
29. Biancalani P., Mantelli F, Fiorentino et all. - La realizzazione del quadruplicamento veloce Firenze - Bologna FFSS in Toscana: valutazione dello stato dell'ambiente e primi effetti sul territorio. Atti del 27° Congresso dell'Unione Italiana dei Chimici Igienisti, Perugia, maggio 1998. Boll. Chim. Igien. Vol. 49, pp 253-261, 1998.
30. Decreto Lgs. 4 agosto 1999 n. 339: Disciplina delle acque di sorgente e modificazioni al D.Lgs. 25 gennaio 1992, n° 105, concernente le acque minerali naturali, in attuazione della direttiva 96/70/CE. (G.U. n° 231 del 1.10.1999).
31. Decreto 12 novembre 1992 n° 542 - Regolamento recante i criteri di valutazione delle caratteristiche delle acque minerali naturali. (G.U. n° 8 del 12.1.1993).
32. Conio O.; Palumbo F.; Formentera V.; Specchiarello M.; Riganti V. - Le acque per uso alimentare in Italia. Nota 3 - La potabilizzazione al rubinetto dell'utente. Riv. di Merceologia 33 (II) (1994).
33. Berbenni P.; Bernini C. - Il trattamento dell'acqua potabile a domicilio - Inquinamento n° 2, (febbraio 1997).
34. Decreto del Ministro della Sanità N° 443 del 21 Dicembre 1990 - Regolamento recante disposizioni tecniche concernenti apparecchiature per il trattamento domestico di acque potabili (G.U.S.G. n° 24 del 29 gennaio 1991).
35. Lotti C.; - Acqua: istanza irrisolta del sud del mondo – L'Acqua, 5, 7-11, 2001.
36. Aulicino F.A.; Contu A.; Ramouz E.; Meloni P.; Deidda A.; Pala A. – Studio di un caso di corrosione batterica in un acquedotto di una regione italiana- Istituto Superiore di Sanità. Rapporti ISTISAN 91/4, (1991).
37. Pedferri P.; la corrosione degli acquedotti - L'Acqua, 2, 39-42, 2002.
38. Minoia; Apostoli P.; Bartolucci G.B.– Il Benzene: Tossicologia, Ambienti di Vita e di Lavoro. Morgan edizioni tecniche, Milano, (1995).
39. Sorlini S. - Formazione e tecniche di controllo dei sottoprodotti di ossidazione nelle acque per il consumo umano. In: Acque destinate al consumo umano, acque minerali e di sorgente/i controlli chimici e microbiologici alla luce delle nuove normative Convegno presso RICH MAC, 5 ottobre 2001, Morgan edizioni tecniche, Milano, (2001).
40. Adams M.A.; Bolger P.M. and Gunderson E.L., in: Chappell W.R., Abernathy C.O.; Cothorn C.R. - Arsenic Exposure and Health. Science Technology Letters, Northwood. U. K., (1994).
41. Anderson V.D.L.; Bruland W.K. - Biogeochemistry of Arsenic in Natural Waters: The Importance of Methylated Species. Environ. Sci. Technol., 25, pp. 420 – 427, (1991).
42. Sancha A. M.; Rodriguez D.; Vega F.; Fuentes S.; Salazar A.M.; Venturino H.; Moreno V.; Baron A. M. - Effects of exposure to arsenic in atacamenan settlements in northern Chile. International Symposium, Assessing and managing health risks from drinking water: approaches and applications. Rome, September 13.17, (1994).
43. Nicolini H.B.; Suriano M.J.; Gomez Peral A. M., Ferpozzi L. H.; Baleani A. O. - Groundwater contamination with arsenic and other trace elements in an area of the Pampa, Province of Cordoba, Argentina. Environ. Geol. Water Sci. Vol.1, n° 1, pp. 3-16, (1989).

44. Mandal B. K., Chowdhury T.R., Samanta G., Mukherjee D.P., Chanda C.R., Saha K.C., Chakraborti D. – Impact of safe water for drinking and cooking on five arsenic-affected families for 2 years in West Bengal, India, *The Science of the Total Environment*, 218, pp. 185 – 201 (1998).
45. Mantelli F., Scala C., Guazzini M., Ronchi A., Gatti A., Minoia C. - Determinazione mediante ICP-MS di elementi in traccia in acque della Salina della Laguna Verde e dei territori limitrofi (Ande di Catamarca, Argentina). In: C. Minoia, M. Bettinelli, A. Ronchi, S. Spezia. “Applicazioni dell'ICP-MS nel Laboratorio Chimico e Tossicologico”, Morgan Edizioni Tecniche, Milano, pp. 239-264 (2000).
46. Prandi N. - Presenza di arsenico nell'acqua potabile del territorio dell'Azienda Uszl n. 20 di Viadana (MN). Possibile indicatore di rischio sanitario nelle derrate di origine animale e nell'uomo. *Ingegneria alimentare* **1**, pp. 13-19, (1998).
47. Baldantoni E.; Ferronato A.– L'arsenico nelle acque del Mediobrenta, Veneto. *Acqua Aria*, maggio 1996, pp. 505-510, (1996).
48. Zavatti A., Attramini D., Bonazzi A., Boraldi V., Malagò R., Martinelli G., Naldi S., Patrizi g., Pezzera G., Vandini W., Venturini L., Zuppi G. M. - La presenza di arsenico nelle acque sotterranee della Pianura Padana: evidenze ambientali e ipotesi geochimiche. *Atti del II° Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee. Metodologie, tecnologie e obiettivi. Nonantola (MO) 17/19 maggio 1995, volume 2, Quaderni Geol. Appl., 1, gennaio-giugno 1996, pp. 2301-2326, Pitagora Editrice, Bologna (1995).*
49. Mantelli F. - La torbidità nelle acque potabili, minerali e di piscina. Cause, metodi di analisi e valori limite. *Boll. Chim. Igien.* - Vol. 46, pp. 381-394, 1995.
50. Decreto 31 maggio 2001 - Modificazioni al decreto 12 novembre 1992, concernente il regolamento recante i criteri di valutazione delle caratteristiche delle acque minerali naturali. (G.U. n° 147 del 27.06.2001).
51. Peruzzi M., G. Bartolucci, F. Cioni – Determination of phenoxyalkanoic acids and other herbicides at the ng/ml level in water by solid-phase extraction with poly (divinylbenzene –co-N-vinylpyrrolidone) sorbent and high-performance liquid chromatography-diode – array detection. *Journ. of Chrom. A*, 867, pp.169-175, 2000.

* * *