

Benedetto De Vivo, Annamaria Lima, Stefano Albanese e Lucia Giaccio lavorano al Dipartimento di scienze della Terra dell'Università «Federico II» di Napoli. Manfred Birke lavora al Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe di Berlino. Domenico Cicchella lavora al Dipartimento di studi geologici e ambientali dell'Università del Sannio, a Benevento. Enrico Dinelli lavora al Dipartimento di scienze della Terra e geologico-ambientali, dell'Università di Bologna. Paolo Valera lavora al Dipartimento di geingegneria e tecnologie ambientali dell'Università di Cagliari.

AMBIENTE

# Acqua di casa nostra

di Benedetto De Vivo, Manfred Birke, Domenico Cicchella, Lucia Giaccio, Enrico Dinelli, Annamaria Lima, Stefano Albanese e Paolo Valera

Buona, con poche eccezioni: è il risultato di uno studio che ha analizzato la qualità dell'acqua di rubinetto che arriva nelle case di tutta Italia

L'acqua è una risorsa fondamentale per tutti gli esseri viventi, ma alcuni elementi in essa contenuti possono causare effetti nocivi alla salute. Numerosi studi epidemiologici hanno ormai dimostrato una correlazione tra l'esposizione a elementi in traccia (dall'arsenico al rame, dal piombo all'uranio e così via) e l'insorgenza di gravi patologie, quali diverse forme di cancro, malattie cardiovascolari, malattie del sistema nervoso centrale. Ciascuno di noi ingerisce almeno un litro d'acqua al giorno, e gli elementi in essa presenti sono in una forma che può essere facilmente assorbita dal tratto gastrointestinale. La concentrazione degli elementi in traccia potenzialmente tossici deve quindi essere rigidamente controllata. Per alcuni elementi i controlli sono severi e rigorosi, ma altri, non regolamentati dalla normativa in vigore, non sono regolarmente monitorati.

Il progetto europeo dell'EuroGeoSurvey Geochemistry Expert Group, a cui gli autori di questo articolo, autofinanziandosi, parte-

## IN BREVE

Uno studio condotto dagli autori ha analizzato campioni di acqua di rubinetto prelevati da 157 località suddivise per Regione, per un totale di 105 Province su 111, e

rappresentativi dei consumi quotidiani.

Le concentrazioni dei diversi elementi nei campioni sono state confrontate con quelle riportate nel

Decreto Legislativo 31/2001 (Direttiva Europea 98/83/CE), che definisce anche i criteri e i parametri analitici che un'acqua deve rispettare per essere definita potabile.

I risultati hanno mostrato che la qualità delle nostre acque di rubinetto è abbastanza buona, a eccezione di alcune anomalie da approfondire.

Oliver Berg/Encyclopædia/Corbis



## Tutta (o quasi) l'acqua dei rubinetti italiani

cipano su mandato dell'ISPRA in rappresentanza dell'Italia, ha dato l'opportunità di esaminare la qualità delle acque che beviamo sia in forma di acqua minerale imbottigliata (si veda *Che acqua beviamo?* in «Le Scienze» n. 501, maggio 2010) sia come acqua di rubinetto. Il progetto era finalizzato alla caratterizzazione geochemica delle acque di falda.

Le acque minerali imbottigliate derivano dallo sfruttamento di acque sotterranee (si tratta di sorgenti naturali o di acque estratte attraverso perforazioni) e subiscono un trattamento limitato. L'acqua potabile di rubinetto, che può derivare sia da acque sotterranee che da acque superficiali – torrenti, fiumi, laghi, bacini artificiali – è invece sottoposta a trattamenti diversi prima di essere immessa nella rete di distribuzione. In Italia, circa l'80 per cento dell'acqua potabile distribuita dagli acquedotti deriva da acque sotterranee, il restante da acque superficiali. Solo in Puglia e in Sardegna il contributo dell'acqua superficiale supera quello delle acque sotterranee. Oltre il 90 per cento della popolazione italiana riceve nella propria abitazione l'acqua potabile grazie a circa 10.000 acquedotti, di cui 1600 con bacini d'utenza superiori ai 5000 abitanti.

La qualità dell'acqua potabile è notevolmente condizionata dal tipo di sottosuolo da cui ha origine, dalle condizioni degli acquedotti in cui viene raccolta e dalla struttura e dallo stato delle reti idriche utilizzate per la sua distribuzione. Tutto ciò rende necessario un processo di potabilizzazione, ossia un trattamento che assicuri, per l'acqua che ne sia priva, gli standard qualitativi necessari a tutelare la salute pubblica. Si tratta di un procedimento delicato, differente a seconda della natura dell'acqua da trattare (per le acque superficiali è molto più raffinato), che comprende le seguenti operazioni:

- una fase di disinfezione attraverso l'uso di mezzi chimici e fisici quali cloro, ozono, radiazione ultravioletta ed eventualmente altre sostanze, come ioduro di potassio o bromo. L'acqua viene ulteriormente disinfettata all'uscita dall'impianto di trattamento, e anche, se le distanze dall'impianto di distribuzione sono elevate, in alcuni punti intermedi lungo il suo percorso;
- una fase di sedimentazione, maggiormente utilizzata per le acque superficiali, che consente di eliminare la torbidità e la colorazione causata dalle particelle in sospensione;
- una fase di coagulazione o flocculazione, che consiste nel trattare l'acqua con elettroliti opportuni, generalmente solfato di alluminio, solfato ferrico, cloruro ferrico, i quali, combinandosi con le particelle colloidali, formano sostanze più voluminose che precipitano insieme ad altre impurità;
- una fase di filtrazione che consente di eliminare le fasi solide ancora presenti;
- una fase di aerazione, maggiormente utilizzata per le acque sotterranee, che consiste nell'insufflare aria nell'acqua allontanando le sostanze gassose indesiderate e il ferro e il manganese presenti in soluzione. Per far precipitare questi ultimi sotto forma di idrossidi si aggiungono in genere composti ossidanti quali permanganato di potassio o cloro, che a loro volta precipitando adsorbono altri elementi presenti in soluzione che in questo modo vengono sottratti all'acqua per coprecipitazione. L'aerazione è sfruttata anche per eliminare eventuali odori e sapori sgradevoli. Questi trattamenti migliorano la qualità delle acque per quanto concerne il loro aspetto, sapore, odore, acidità (pH) e durezza, ma non alterano il loro contenuto di elementi in traccia, anche se indirettamente l'aerazione (attraverso la variazione del potenziale di ossido-riduzione) e la riduzione dell'acidità (aumento del pH) agiscono sulla solubilità di alcuni elementi in traccia presenti nelle acque.

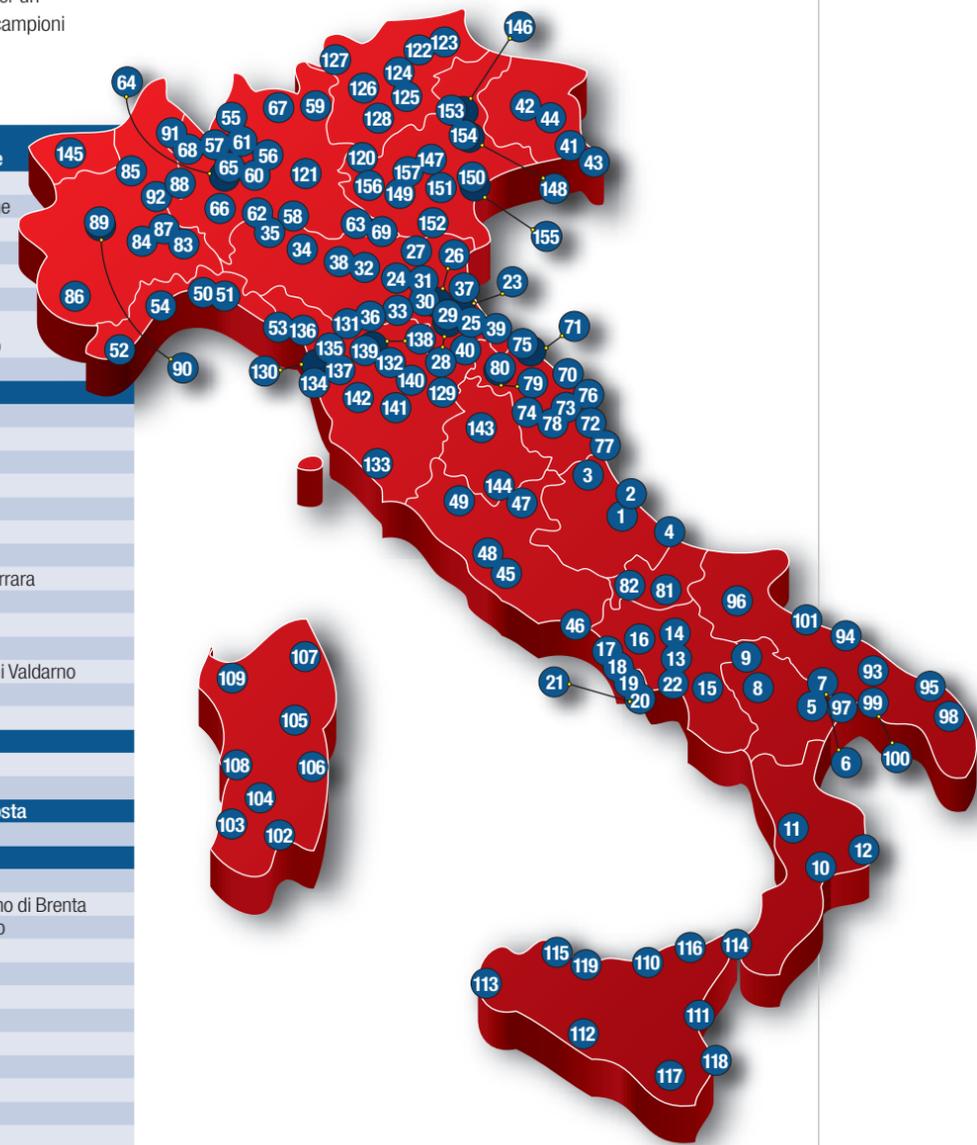
<b>Abruzzo</b>	<b>Friuli Venezia Giulia</b>
1 Chieti	41 Monfalcone
2 Pescara	42 Pordenone
3 Teramo	43 Trieste
4 Vasto	44 Udine
<b>Basilicata</b>	<b>Lazio</b>
5 Macchia Ferrandina	45 Albano Laziale
6 Matera	46 Gaeta
7 Matera	47 Rieti
8 Potenza	48 Roma
9 Rionero in Vulture	49 Viterbo
<b>Calabria</b>	<b>Liguria</b>
10 Catanzaro	50 Genova
11 Cosenza	51 Genova
12 Crotona	52 Imperia
<b>Campania</b>	53 La Spezia
13 Avellino	54 Savona
14 Benevento	<b>Lombardia</b>
15 Campagna	55 Bellano
16 Caserta	56 Bergamo
17 Napoli	121 Brescia
18 Napoli, Bagnoli	57 Como
19 Napoli, Chiaiano	58 Cremona
20 Napoli, Poggioreale	59 Edolo
21 Napoli, via Belsito	60 Fara Gera d'Adda
22 Salerno	61 Lecco
<b>Emilia-Romagna</b>	62 Lodi
23 Bastia	63 Mantova
24 Bologna	64 Milano
25 Cesena	65 Monza e della Brianza
26 Faenza	66 Pavia
27 Ferrara	67 Sondrio
28 Forlì-Cesena	68 Varese
29 Forlì-Cesena	69 Villa Poma
30 Imola	<b>Marche</b>
31 Medicina	70 Ancona
32 Modena	71 Fano
33 Monghidoro	72 Fermo
34 Noceto	73 Macerata
35 Piacenza	74 Matelica
36 Porretta Terme	75 Pesaro
37 Ravenna	76 Porto Recanati
38 Reggio Emilia	77 San Benedetto del Tronto
39 Rimini	78 Tolentino
40 Sant'Agata Feltria	79 Urbino
	80 Urbino

Sono stati raccolti 157 campioni di acque di rubinetto su tutto il territorio nazionale, suddivisi per regione, come illustrato qui sopra. Per difficoltà logistiche di personale disponibile al prelievo dei campioni, non sono state analizzate le acque in 6 delle 111 province italiane (Caltanissetta, Enna, Frosinone, L'Aquila, Reggio Calabria e Vibo Valentia). In alcune grandi città, per esempio Napoli, sono state campionate acque di rubinetto in diverse zone.

I campioni raccolti sono rappresentativi dell'acqua che consumiamo quotidianamente, non di quella che entra nelle reti di distribuzione dagli impianti di depurazione. È un dettaglio importante, perché i fenomeni di corrosione dei sistemi di distribuzione, dovuti al degrado delle tubature, possono rilasciare nell'acqua quantità anche significative di diversi elementi (come ferro, zinco, rame, piombo, cadmio, nichel), alterandone la qualità ottenuta con il trattamento. Come per le acque imbottigliate, le analisi sono state ese-

Nella tabella e sulla mappa sono indicate le 157 località (per un totale di 105 Province su 111) in cui sono stati prelevati i campioni di acqua di rubinetto analizzati per la ricerca.

<b>Molise</b>	<b>Trentino-Alto Adige</b>
81 Campobasso	120 Ala
82 Isernia	122 Bressanone
<b>Piemonte</b>	123 Brunico
83 Alessandria	124 Cardano
84 Asti	125 Cavalese
85 Biella	126 Malè
86 Cuneo	127 Prato allo Stelvio
87 Fubine	128 Trento
88 Novara	<b>Toscana</b>
89 Torino Porta Nuova	129 Arezzo
90 Torino, via Valperga Caluso	130 Cascina
91 Verbania	131 Cutigliano
92 Vercelli	132 Firenze
<b>Puglia</b>	133 Grosseto
93 Alberobello	134 Livorno
94 Bari	135 Lucca
95 Brindisi	136 Massa-Carrara
96 Foggia	137 Pisa
97 Ginosa	138 Prato
98 Lecce	139 Quarrata
99 Taranto	140 S. Giovanni Valdarno
100 Taranto	141 Siena
101 Trani	142 Volterra
<b>Sardegna</b>	<b>Umbria</b>
102 Cagliari	143 Perugia
103 Carbonia-Iglesias	144 Terni
104 Medio Campidano	<b>Valle d'Aosta</b>
105 Nuoro	145 Aosta
106 Ogliastra	<b>Veneto</b>
107 Olbia-Tempio	146 Belluno
108 Oristano	147 Carmignano di Brenta
109 Sassari	148 Conegliano
<b>Sicilia</b>	149 Lonigo
110 Caronia	150 Mestre
111 Catania	151 Padova
112 Favara	152 Rovigo
113 Marsala	153 Sospirolo
114 Messina	154 Treviso
115 Palermo	155 Venezia
116 Patti	156 Verona
117 Ragusa	157 Vicenza
118 Siracusa	
119 Trabia	



Elaborazione grafica Danilo Sossi; iconista-Fotolia.com (mappa)

guita a Berlino dal Servizio geologico tedesco, per determinare parametri quali durezza, pH, conducibilità elettrica e, con differenti metodi analitici, la concentrazione di 69 elementi chimici e ioni.

I risultati verranno discussi e confrontati con quelli ottenuti per 187 marche di acque minerali imbottigliate in commercio sul territorio italiano, già pubblicati sul numero di maggio di «Le Scienze».

### Linee guida

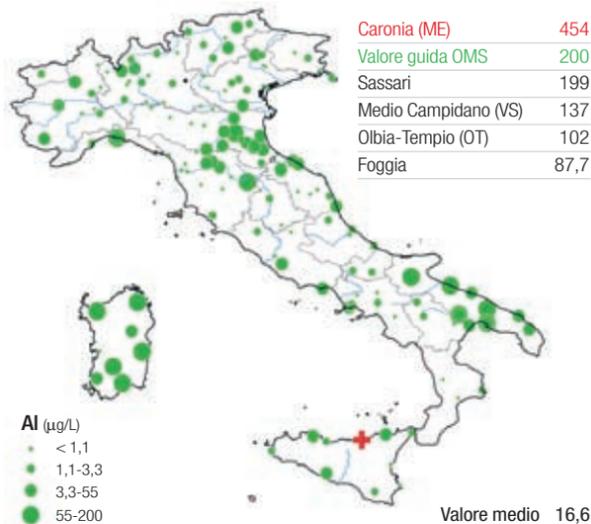
L'acqua in natura non è mai «pura». La sua composizione è influenzata da tutto ciò che incontra nel suo fluire: rocce, suoli, sedimenti, vegetazione, fertilizzanti e altre sostanze usate in agricoltura, deposizioni atmosferiche... Dal momento che molte sostanze in soluzione sono tossiche e pongono seri problemi per la salute, l'acqua destinata al consumo umano deve avere precisi requisiti (i dati sono pubblicati sulla tabella a p. 76 dell'articolo *Che acqua bevia-*

*mo?* in «Le Scienze» n. 501, maggio 2010, e possono essere scaricati dal sito della rivista: [www.lescienze.it](http://www.lescienze.it)).

L'Organizzazione mondiale della Sanità (OMS) ha fissato le linee guida per l'acqua potabile sulla base di procedure concordate a livello internazionale per la valutazione del rischio sulla salute. Queste linee guida non sono obbligatorie, e sono destinate alle autorità nazionali come base per la definizione di norme sulla qualità delle acque. Esse dovrebbero garantire che l'acqua potabile, nel corso di tutta la vita, non comporti alcun rischio significativo per la salute. A disciplinare il campo delle acque potabili in Italia è il Decreto Legislativo 31/2001 (Direttiva Europea 98/83/CE), che definisce anche i criteri e i parametri analitici ai quali un'acqua deve sottostare per potere essere definita potabile. È considerata potabile «un'acqua destinata al consumo umano che può essere bevuta da tutti e per tutta la vita senza rischi per la salute, batteriologi-

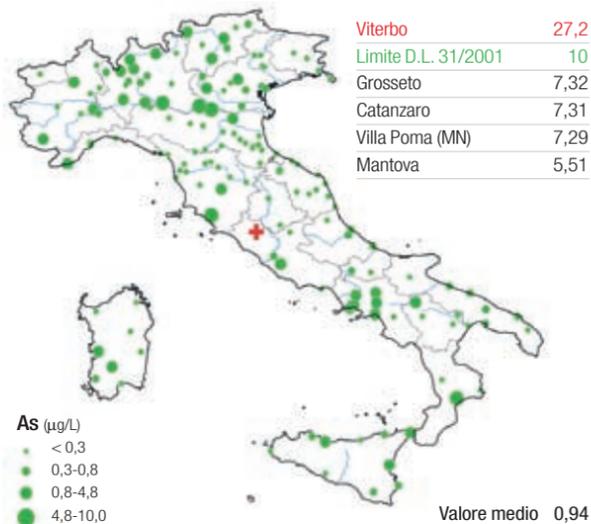
### Alluminio

L'esposizione prolungata all'alluminio è un fattore di rischio per il morbo di Alzheimer, perciò l'OMS ha stabilito un valore guida di 200 microgrammi per litro. La concentrazione media riscontrata nelle acque di rubinetto è di 16,6 microgrammi per litro, a testimonianza di una buona qualità delle nostre acque rispetto a questo parametro. Una sola acqua minerale di origine laziale supera di poco la soglia, raggiungendo 237 microgrammi per litro, mentre per le acque di rubinetto rileviamo una concentrazione elevata a Caronia in provincia di Messina (454), e a Sassari (199). Le anomalie potrebbero essere dovute al trattamento di potabilizzazione o all'interazione con le condutture.



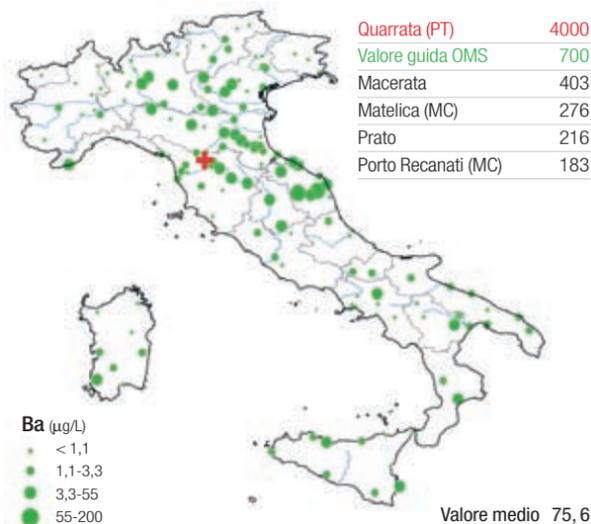
### Arsenico

Diverse forme tumorali sono associate all'ingestione di arsenico con l'acqua potabile. Il D.L. 31/2001 impone un limite di dieci microgrammi per litro, superato nella sola città di Viterbo, dove la concentrazione riscontrata è di 27,2. Ma il valore è da considerarsi nella norma, perché la regolamentazione regionale innalza il limite a 50 microgrammi per litro. L'analisi delle acque minerali non ha evidenziato superamenti della soglia; solo in otto campioni, le cui sorgenti si trovano in Lazio, Lombardia, Campania e Piemonte, si superano i 5 microgrammi per litro. Queste concentrazioni anomale hanno un'origine legata alle caratteristiche geochimiche delle rocce che ospitano gli acquiferi.



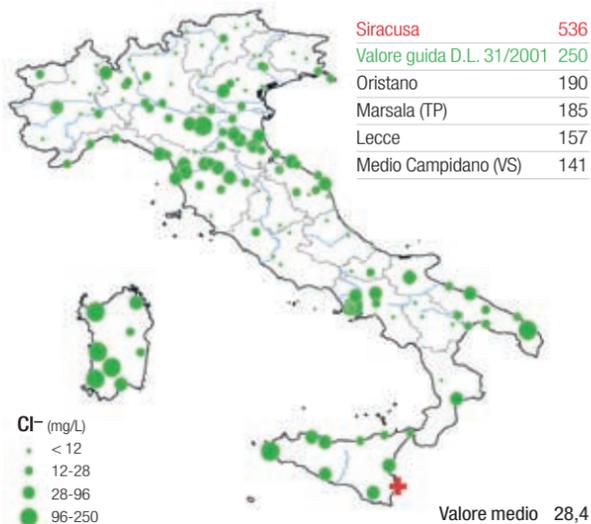
### Bario

La tossicità del bario dipende dalla sua solubilità. Nell'uomo i composti solubili del bario sono assorbiti e accumulati in piccole quantità nello scheletro. Le intossicazioni da bario sono rare; l'ingestione accidentale di sali solubili di bario provoca gastroenterite, paralisi muscolare, fibrillazione ventricolare ed extrasistole. Il D.L. 31/2001 non prevede una soglia per questo elemento, anche se l'OMS suggerisce un valore guida di 700 microgrammi per litro. Tutte le acque italiane, minerali e di rubinetto, presentano concentrazioni al di sotto del limite, tranne l'acqua di Quarrata (PT) dove si è misurata una concentrazione di 4000 microgrammi per litro.



### Cloro

Le concentrazioni di ione cloro (Cl<sup>-</sup>) nei campioni di acqua di rubinetto analizzati non sono particolarmente elevate, pur essendo il cloro largamente usato nelle operazioni di potabilizzazione. L'effetto del cloro sulla salute non desta forti preoccupazioni, ma la legge italiana prevede un valore guida di 250 milligrammi per litro. Pur essendo un valore molto basso e difficile da rispettare per gli acquedotti, un solo campione (Siracusa, con 536 milligrammi per litro) supera la soglia. Tutte le acque minerali analizzate hanno una concentrazione inferiore al limite, tranne un'acqua minerale campana il cui contenuto di cloro raggiunge i 323 milligrammi per litro.



**Acque limpide.** Bacino di sedimentazione per l'acqua destinata a rifornire le reti di distribuzione. Grazie a questo trattamento, usato soprattutto per le acque superficiali, è possibile eliminare la torbidità e la colorazione causata dalle particelle in sospensione.



### pH

D.L. 31/2001	6,5 ≤ pH ≤ 9,5
Palermo	8,6
Trabia (PA)	8,6
Pescara	8,6
Ragusa	8,6
Monza	8,6
Cosenza	8,54
Bastia (RA)	8,5
Sant'Agata Feltria (RN)	8,5
Venezia	8,5
Trieste	8,5

Il grado di acidità delle acque di rubinetto analizzate è sempre superiore a 7 (nella tabella a sinistra sono indicate le località in cui i valori di pH sono più elevati, e comunque sempre contenuti entro i limiti di legge). Anche la conducibilità elettrica, che dipende dal grado di ionizzazione delle sostanze disciolte nell'acqua, non supera mai il valore guida indicato dal Decreto Legislativo 31/2001, e vi si avvicina soltanto a Siracusa.

### Conducibilità elettrica

Valore guida D.L. 31/2001	2500
Siracusa	2360
Marsala	1484
Modena	1202
Oristano	1194
Napoli (Poggioreale)	1181
Catania	1062
Lecce	1039
Carbonia-Iglesias	996
Medio Campidano (VS)	994
Caserta	942

camente pura, con un giusto grado di mineralizzazione e che abbia determinate caratteristiche chimico-fisiche e organolettiche». La normativa, inoltre, fa riferimento solo ad acque destinate al consumo umano, distinguendole dalle acque minerali naturali, le quali sono sottoposte a un differente disciplinare legislativo.

La normativa in materia di acqua potabile richiede un ampio regolare controllo di qualità degli agenti inquinanti potenzialmente nocivi, mentre per le acque minerali imbottigliate questi controlli sono meno restrittivi.

Per alcune regioni, interessate da particolari formazioni rocciose con elevati valori di fondo per determinati elementi, è da evidenziare che i limiti imposti dalla normativa italiana per le acque potabili vengono innalzati. In Campania sono stati innalzati per il fluoro, nel Lazio per l'arsenico, per il fluoro, per il selenio e per il vanadio; in Lombardia e in Trentino-Alto Adige per l'arsenico; in Piemonte oltre alla soglia dell'arsenico è stata innalzata anche quella per l'azoto, in Sardegna quella del vanadio e in Toscana quella del boro e dell'arsenico.

Queste deroghe non trovano alcuna giustificazione, dal momento che le concentrazioni limite ammissibili sono fissate in base alle informazioni disponibili ed esaustive relative ai loro effetti sulla salute. Un elevato contenuto di elementi tossici è nocivo per la salute umana anche se di origine naturale.

### La qualità delle acque

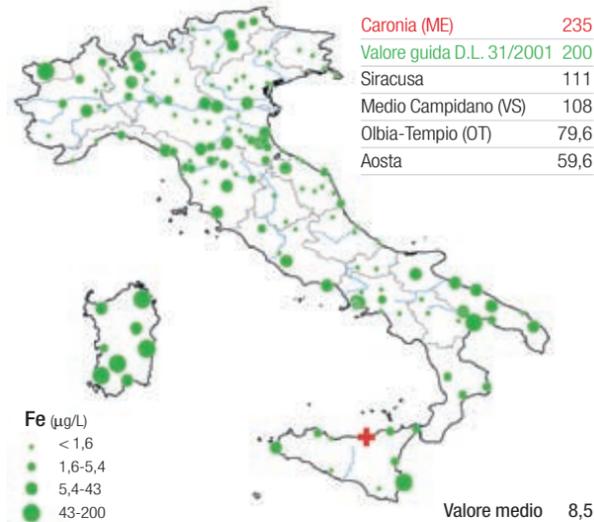
La maggior parte delle acque di rubinetto analizzate -138 su 157 - ha un basso contenuto di minerali. Si tratta per lo più di acque bicarbonato-calciche, ovvero con un elevato contenuto di calcio, in particolare quelle che hanno origine nell'Appennino centrale e meridionale in rocce calcaree, oppure bicarbonato-calciche magnesiache, caratteristiche della Pianura Padana, dell'Appennino settentrionale e del bordo meridionale delle Alpi, associate a rocce dolomitiche o alluvionali. Acque maggiormente arricchite in sodio e cloro si riscontrano in Sardegna, in Sicilia e in alcune aree costiere. Per queste acque ci può essere un contributo marino, soprattutto per quanto concerne Sardegna e Sicilia, che come si è detto usano per l'approvvigionamento idrico una percentuale maggiore di acque superficiali. Il grado di acidità misurato (pH) è nella nor-

Cortesia degli autori (tutte le mappe)

Steven Georges/Corbis

## Ferro

Sebbene sia un metallo essenziale per l'organismo umano, il ferro può causare problemi alla salute se è presente in eccesso nella dieta. Il solo campione di acqua prelevato da un rubinetto di Caronia, in provincia di Messina, supera la concentrazione di 200 microgrammi per litro indicata come valore guida nel D.L. 31/2001. E, con l'esclusione di Siracusa e Medio Campidano, nessun altro capoluogo di Provincia raggiunge i 100 microgrammi per litro.



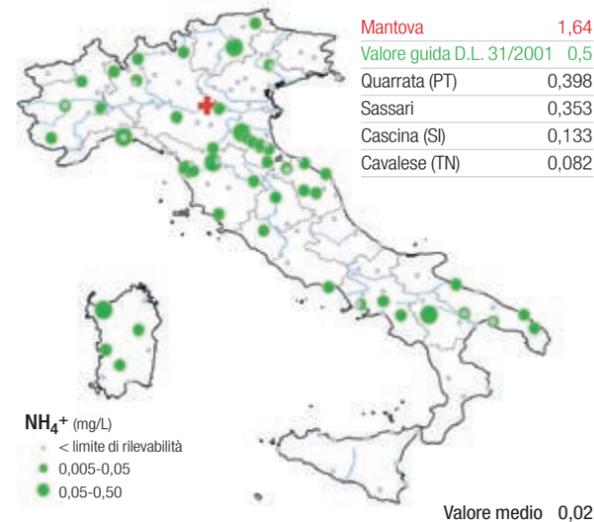
## Fosforo

Il fosforo è un macronutriente essenziale per la vita, e si trova nei tessuti nervosi, nelle ossa, nei denti, nelle cellule ed è un componente chiave del DNA e del RNA. In quantità elevate, però, anche il fosforo risulta essere un elemento molto tossico. In tutti i campioni di acqua analizzati, sia minerali sia di rubinetto, le concentrazioni sono ben al di sotto del valore di cinque milligrammi per litro imposto dall'Unione Europea (UE 1998/83/EC) tranne che a Monghidoro, in provincia di Bologna, dove la concentrazione misurata è di 16,4 milligrammi per litro.



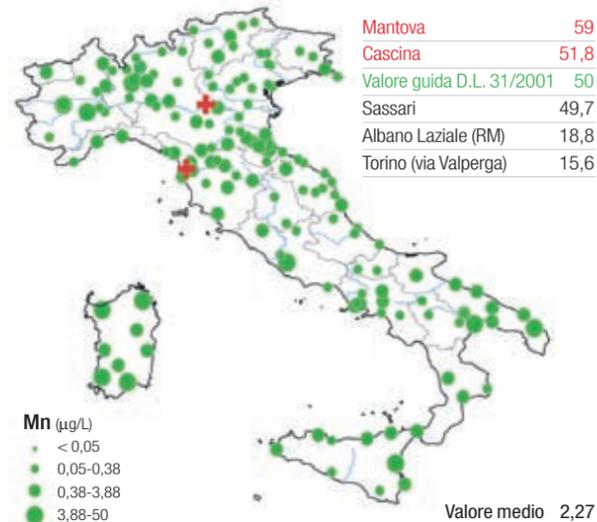
## Ione ammonio

La presenza dello ione ammonio ( $NH_4^+$ ) nelle acque può avere un'origine sia antropica che naturale, dovuta alla particolare composizione delle rocce dei terreni. La sola acqua di Mantova, con un valore misurato pari a 1,64 milligrammi per litro, supera la concentrazione massima ammissibile, che è di 0,5 milligrammi per litro.



## Manganese

Il valore guida per le acque potabili indicato nel D.L. 31/2001 per il manganese è di 50 microgrammi per litro mentre quello per le acque minerali è di 500. Confrontando i dati relativi alle concentrazioni delle acque di rubinetto con quelli delle acque minerali si osserva che queste ultime sono in media più ricche di manganese. Quattro acque imbottigliate di marche differenti (due laziali e due lucane) superano i 50 milligrammi per litro, raggiungendo in un campione una concentrazione di 330. Solo due campioni di acque di rubinetto, Cascina, in provincia di Pisa, e Mantova, superano di poco il valore guida di 50 milligrammi per litro.



ma per tutti i campioni analizzati, ed è sempre superiore a 7, anche il valore della conducibilità elettrica (Ec) è sempre inferiore ai limiti consigliati (si vedano le tabelle a p. 81).

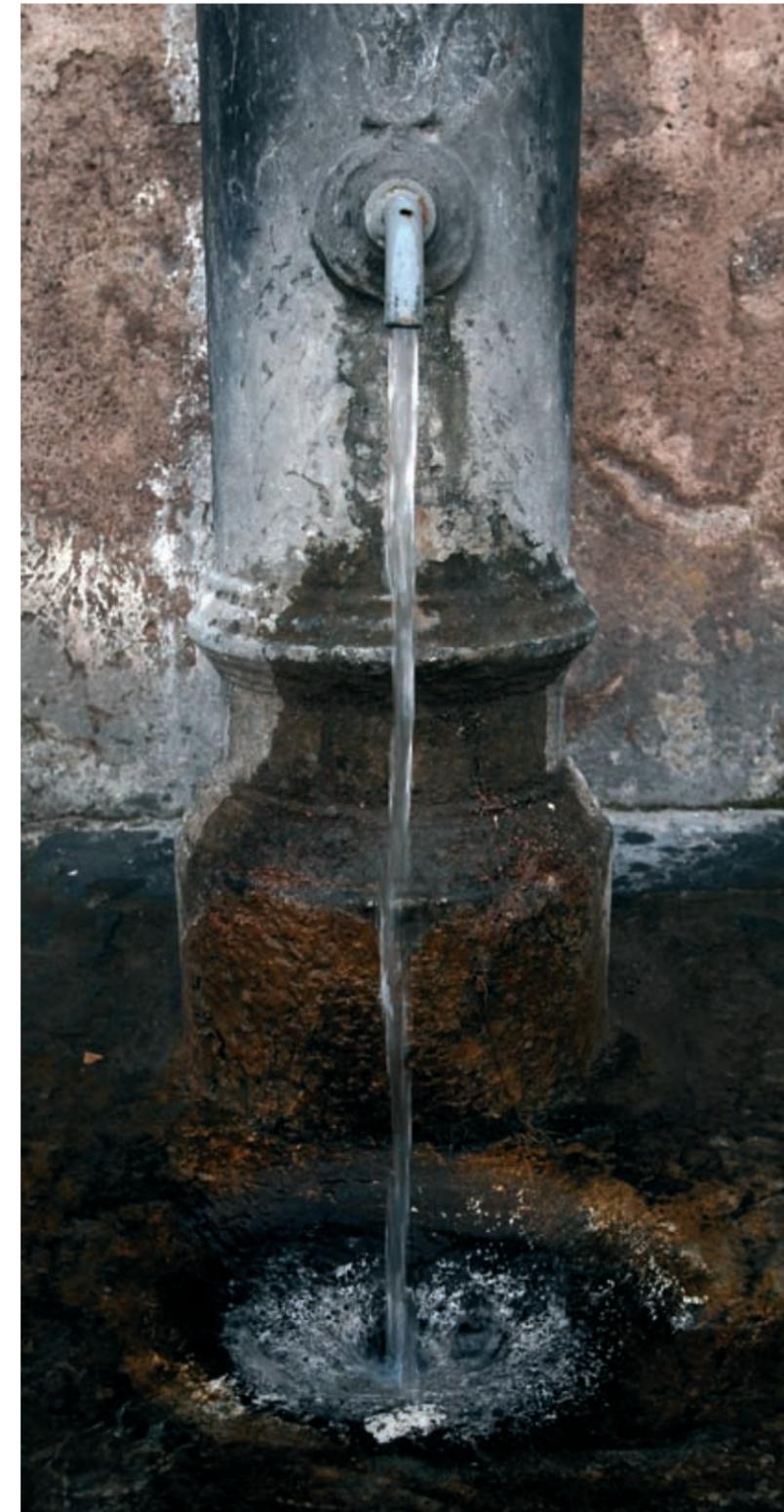
In generale, l'acqua che arriva nelle case degli italiani è di ottima qualità. Solo alcune delle molte sostanze monitorate nella nostra ricerca superano i limiti di legge, e in un numero decisamente ridotto di località. Qui di seguito riassumiamo i risultati ottenuti per tutte le sostanze che non superano i valori limite in nessun caso, facendo nello stesso tempo un confronto con la distribuzione degli stessi elementi nelle acque minerali. I parametri che eccedono i valori guida anche in una sola località sono discussi a parte, nei box che trovate a pagina 80, 82 e 84.

**Antimonio.** Relativamente all'antimonio, il D.L. 31/2001 impone una concentrazione limite di cinque microgrammi per litro. Tutte le acque analizzate, minerali e di rubinetto, presentano concentrazioni ben al di sotto di questa soglia.

**Berillio.** Il berillio è classificato tra gli elementi cancerogeni di classe A – ossia cancerogeno per l'uomo, in quanto vi sono sufficienti prove di cancerogenicità negli studi epidemiologici – dall'Environmental Protection Agency degli Stati Uniti (EPA), ed è uno degli elementi più tossici della tavola periodica. Può mimare il comportamento chimico del magnesio, un elemento essenziale per l'organismo umano, e sostituirlo in alcuni enzimi chiave, alterandone la funzione. Per queste ragioni sarebbe importante regolamentare dal punto di vista legislativo la concentrazione massima accettabile di berillio nelle acque destinate al consumo umano. Sorprendentemente, sia in Italia che in Europa non è stato stabilito alcun limite di concentrazione per il berillio, quindi usiamo come valore di riferimento quello indicato dall'EPA, pari a quattro microgrammi per litro. Tutte le acque di rubinetto analizzate presentano concentrazioni molto inferiori alla soglia, con un valore massimo di 0,322 microgrammi per litro a Viterbo. Tra le acque minerali si riscontra invece una concentrazione massima di 4,69 microgrammi per litro in un'acqua minerale laziale. Altre acque minerali con un contenuto di berillio mediamente più alto rispetto alla media, provengono da sorgenti ubicate nelle aree vulcaniche comprese tra il Lazio e il Vulture. Tutte queste concentrazioni relativamente elevate non sono dovute a inquinamento antropico, ma hanno origine naturale.

**Boro.** I composti del boro sono tossici e, se accumulati nell'organismo, possono essere altamente cancerogeni. Il limite di legge per le acque destinate al consumo umano è di 1000 microgrammi per litro, mentre per le acque minerali è di 5000 microgrammi. Nessun campione di acqua di rubinetto supera il valore indicato e nessun campione di acqua minerale supera i 5000 microgrammi per litro, ma un'acqua minerale lucana ne contiene 1170.

**Cadmio.** I polmoni sono la principale via di assorbimento del cadmio da parte dell'uomo. Gli effetti tossici dell'esposizione cronica si manifestano con danni renali, perdita della capacità respiratoria, ipertensione. Il cadmio è un elemento che può causare tumori in numerosi organi, soprattutto nei polmoni e nella prostata, e ha anche un'azione teratogena. Le concentrazioni massime ammissibili sono pari a 3 e 5 microgrammi per litro rispettivamente per le acque minerali e per le acque di rubinetto. Fortunatamente le concentrazioni da noi misurate sono abbondantemente inferiori, sebbene in alcune aree urbane come Torino e Cremona si riscontrano valori marcatamente più alti (rispettivamente 1,75 e 1,08 microgrammi per litro) rispetto alla media di 0,04. Le concentrazioni medie nelle acque di rubinetto sono più elevate rispetto a quelle delle acque minerali, a causa dell'interazione dell'acqua di rubinetto con i materiali metallici dei sistemi di distribuzione.



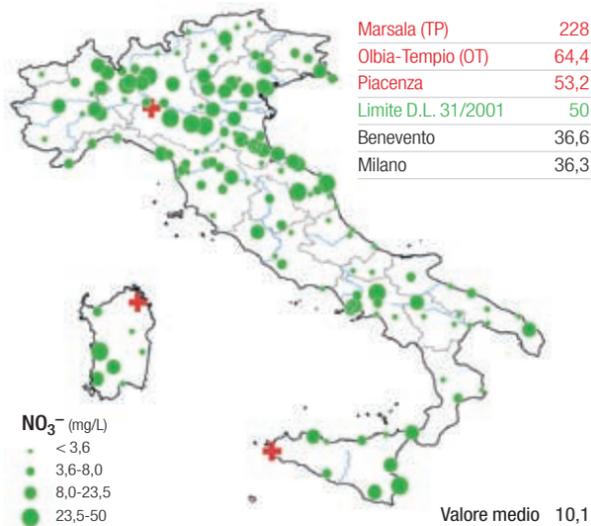
**L'acqua del sindaco.** Fatta eccezione per un numero limitato di casi – circoscritti a specifiche aree, in cui comunque le normative locali derogano ai dispositivi di legge – l'acqua potabile che arriva ai rubinetti delle case italiane è di qualità paragonabile all'acqua minerale imbottigliata.

Confezionamento degli autori (tutte le mappe)

Alberto Cristofari/Contrasto

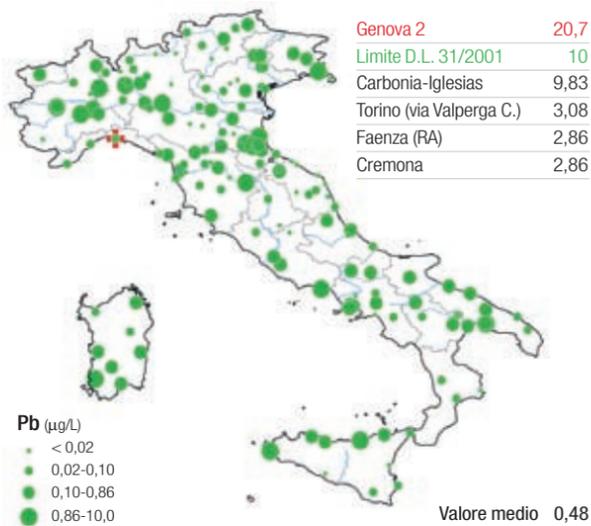
### Nitrati e nitriti

La presenza di nitrati e nitriti nelle acque è dovuta essenzialmente a un loro inquinamento causato da attività agricole, ma anche a una contaminazione da rifiuti industriali, scarichi urbani e liquami. Nessuna delle acque di rubinetto analizzate supera la concentrazione massima ammissibile per i nitriti, ma tre campioni prelevati a Marsala (TP), Olbia-Tempio e Piacenza presentano concentrazioni superiori ai 50 milligrammi per litro, che rappresenta il limite imposto dal D.L. 31/2001 per i nitrati. Nelle acque minerali le concentrazioni massime riscontrate non superano i limiti di legge né per i nitrati né per i nitriti.



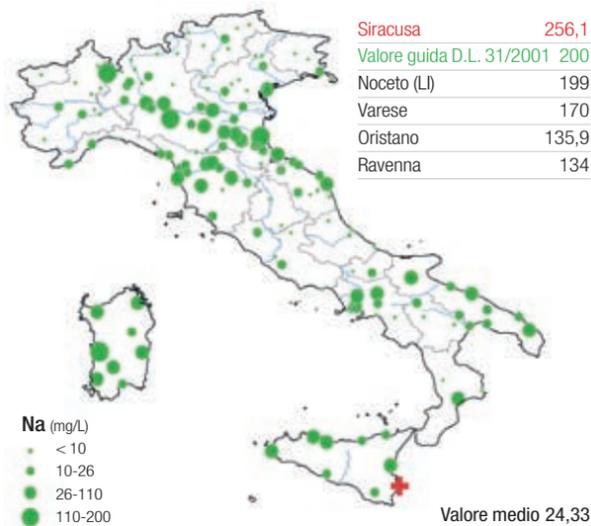
### Piombo

Una volta assorbito nel tratto gastrointestinale o dal sistema respiratorio, il piombo si lega all'emoglobina ed è difficilmente eliminato, perciò successive esposizioni a questo metallo possono causare l'accumulo di quantità tossiche tali da provocare avvelenamento acuto e/o cronico, con sintomi a carico dei sistemi gastrointestinale, neuromuscolare e nervoso. Nelle acque di rubinetto analizzate si riscontra una concentrazione anomala in uno dei due campioni prelevati a Genova (20,7 microgrammi per litro) e nell'acqua di Carbonia-Iglesias, dove la concentrazione è molto vicina al limite di 10 microgrammi per litro. Nelle acque minerali le concentrazioni misurate sono molto basse.



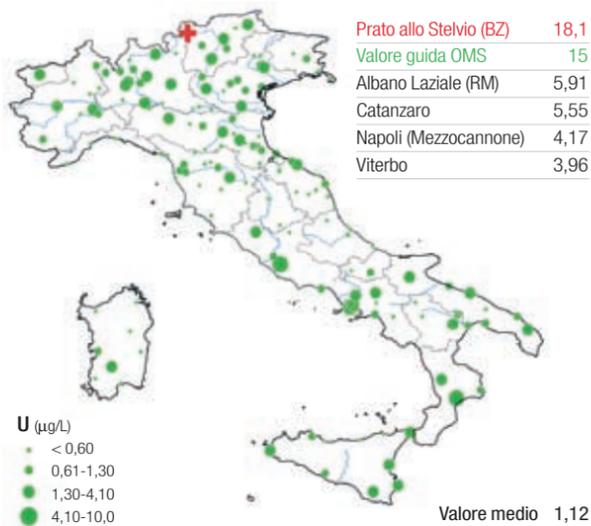
### Sodio

È uno dei macronutrienti più importanti dal punto di vista biologico. Una prolungata carenza di sodio provoca problemi di salute e, perciò, deve essere integrato nella dieta alimentare. Di contro, un eccesso di sodio può causare danni all'organismo. Nel D.L. 31/2001 è indicato un valore guida di 200 milligrammi per litro, superato solo dall'acqua di Siracusa, dove la concentrazione misurata è di 256,1. La concentrazione media delle acque di rubinetto (24,33 milligrammi per litro), è di poco superiore a quella delle acque minerali (20) e la concentrazione più elevata (428 milligrammi per litro) è stata riscontrata proprio in un'acqua minerale la cui sorgente si trova in Basilicata.



### Uranio

L'uranio è rapidamente assorbito dal tratto gastrointestinale e il 25 per cento di esso si fissa nelle ossa. La principale malattia indotta nell'uomo è la nefrite, ma di recente è stato dimostrato che l'esposizione anche a concentrazioni molto basse causa un aumento del rischio di infertilità e di cancro dell'apparato riproduttivo. Non esiste, per assurdo, un limite stabilito per legge, perciò prendiamo come riferimento il valore guida indicato dall'OMS, 15 microgrammi per litro. Risultano anomali un solo campione di acqua di rubinetto prelevato a Prato allo Stelvio (BZ) e un'acqua minerale sarda dove si è misurata una concentrazione di 31 microgrammi per litro.



Cortesia degli autori (tutte le mappe)

**Cromo.** Il cromo si presenta più spesso nei due stati di valenza Cr<sup>3+</sup> e Cr<sup>6+</sup>. La via di assorbimento principale è quella inalatoria, dove il Cr<sup>6+</sup> è prontamente assorbito dai polmoni mentre il Cr<sup>3+</sup> lo è in misura minore. L'assorbimento attraverso la via gastrointestinale è scarso per entrambe le forme, mentre la forma esavalente può essere assorbita dalla cute. I più alti livelli di cromo si riscontrano nei polmoni, nel fegato, nei reni e nella milza, e viene escreto principalmente attraverso le urine dove compare nella sua forma trivalente. Tutti i composti del cromo sono altamente tossici e potenziali agenti cancerogeni per l'uomo. Sia per le acque di rubinetto sia per quelle minerali il limite di concentrazione massimo consentito è di 50 microgrammi per litro. E tutte le acque analizzate presentano concentrazioni abbondantemente al di sotto di questo valore.

**Fluoro.** Il valore massimo accettabile per le acque potabili in Italia è di 1,5 milligrammi per litro, mentre per le acque minerali è innalzato a 5 (per acque destinate all'alimentazione dei neonati è preferibile non superare concentrazioni di 1,5). L'imposizione di queste soglie è dovuta al fatto che un eccesso di fluoro aumenta il rischio di fluorosi dentale, e in casi limite può condurre a fluorosi scheletrica. Questa indagine ha messo in evidenza che in nessuna città italiana vengono superati i valori massimi di concentrazione, e che nella sola città di Viterbo è stata riscontrata una concentrazione vicina al valore soglia. Nelle acque minerali invece cinque campioni, le cui sorgenti sono ubicate nel Lazio e nel nord-est delle Alpi, superano anche se di poco gli 1,5 milligrammi per litro, ma sono in regola rispetto alla normativa vigente.

**Molibdeno.** Eccessive assunzioni di questo elemento in traccia possono provocare la gotta e interferire con il metabolismo del rame. È per questo che l'OMS indica un valore guida di 70 microgrammi per litro. Tutte le acque analizzate, sia minerali sia di rubinetto, presentano concentrazioni molto al di sotto della soglia, visto che i valori massimi sono di 20,7 e 27,7 microgrammi per litro rispettivamente per le acque di rubinetto e quelle imbottigliate.

**Rame.** Il rame è un elemento ampiamente diffuso in natura ed essenziale per la vita. Nell'uomo è ben assorbito dal tratto gastrointestinale ed è trasportato nel sangue legato a due proteine, l'albumina e la ceruloplasmina. Un suo accumulo nell'organismo può causare anomalie del sistema nervoso, del fegato e dei reni. Il limite massimo consentito nelle acque destinate al consumo umano è di 1000 microgrammi per litro. Il valore di concentrazione medio misurato nelle acque di rubinetto in Italia è di 10,8 e il valore massimo è di 260, a Ferrara; nelle acque minerali questi valori sono ancora più bassi.

**Selenio.** Sia un difetto che un eccesso di selenio nella dieta possono causare problemi alla salute; è per questo che la legislazione sulle acque prevede un valore soglia di dieci microgrammi per litro. Sia le acque di rubinetto che le acque minerali presentano concentrazioni molto inferiori al valore limite.

**Tallio.** Il tallio è uno dei metalli più tossici; causa danni neurali, epatici e renali. Queste patologie sono generalmente dovute a contaminazione di cibi e all'uso del tallio quale depilante. Come riferimento esiste solo un valore guida dell'EPA, pari a due microgrammi per litro. Tutte le acque analizzate hanno concentrazioni notevolmente inferiori.

**Vanadio.** L'azione tossica del vanadio nell'uomo è confinata al tratto respiratorio. Bronchiti e broncopolmoniti sono frequenti tra i lavoratori esposti ai composti del vanadio, che esercita inoltre un'azione irritante per la pelle e per gli occhi. L'esposizione ad alte concentrazioni di vanadio può causare disturbi gastrointestinali, tremore, depressione e danni renali. Né le acque di rubinetto né

quelle minerali presentano valori di concentrazione superiori al valore limite di 50 microgrammi per litro stabilito dal D.L. 31/2001.

**Zinco.** Lo zinco è un metallo essenziale, presente come cofattore in più di 200 tipi di metalloproteine, e una sua carenza genera un ampio spettro di conseguenze gravi per la salute, che variano secondo l'età e la presenza o meno di altri metalli nell'organismo. Deficit di zinco causano un ritardo nella crescita e nella maturazione sessuale; nei neonati invece, dermatiti, suscettibilità alle infezioni e anomalie di natura neuropsicologica. Un suo eccesso nella dieta può però causare problemi alla salute, perciò l'OMS suggerisce un valore guida per le acque potabili di 3000 microgrammi per litro. Le acque minerali analizzate presentano generalmente concentrazioni più basse (valore medio 1,52 microgrammi per litro) delle acque di rubinetto (valore medio 89,7). L'acqua di rubinetto con la concentrazione più elevata è quella di Milano, con 2830 microgrammi per litro. Le concentrazioni di zinco nelle acque di rubinetto, come quelle di piombo e cadmio, sono influenzate dall'interazione con le tubature dove questo metallo è diffusamente impiegato.

### Conclusioni

L'obiettivo di questo studio non è dare un giudizio esaustivo sulla qualità delle acque di rubinetto italiane, in quanto non prende in considerazione altri parametri, come quelli microbiologici, e non valuta la presenza di alcuni composti organici anch'essi potenzialmente nocivi per la salute. Ciononostante, sulla base dei dati illustrati, è possibile affermare che la qualità dell'acqua potabile in Italia è buona. Le poche situazioni anomale riscontrate necessitano di ulteriori approfondimenti per una corretta interpretazione.

Il confronto con le acque minerali non mostra grosse differenze dal punto di vista qualitativo e si può tranquillamente affermare che, limitatamente alle sostanze analizzate, per la salute del consumatore è indifferente bere acqua di rubinetto o acqua minerale imbottigliata. Le concentrazioni di alcuni elementi nelle acque di rubinetto sono sicuramente influenzate dall'interazione con le tubature metalliche dei sistemi di distribuzione.

La legge impone controlli severi per gli acquedotti, mentre la normativa relativa alle acque minerali imbottigliate è meno rigida. Visto che in Italia il consumo di acqua minerale imbottigliata è in continuo aumento e che entrambe le acque sono destinate al consumo umano, sarebbe opportuno che le due normative venissero uniformate, e che venissero imposti limiti anche per elementi quali berillio, fosforo, molibdeno, tallio, uranio, zinco, potenzialmente tossici per la nostra salute. Infine, non dovrebbero essere consentite deroghe ai valori limite fissati sulla base di procedure internazionali concordate per la valutazione del rischio e per la tutela della salute pubblica. ■

### LETTURE

**Trace Elements and Ions in Italian Bottled Mineral Waters: Identification of Anomalous Values and Human Health Related Effects.** Cicchella D., Albanese S., De Vivo B., Dinelli E., Giaccio L., Lima A. e Valera P., in «Journal of Geochemical Exploration», 2010. Doi: 10.1016/j.gexplo.2010.04.004.

**Hydrogeochemical Analysis on Italian Bottled Mineral Waters: Effects of Geology.** Dinelli E., Albanese S., Cicchella D., De Vivo B., Lima A. e Valera P., in «Journal of Geochemical Exploration», 2010. Doi:10.1016/j.gexplo.2010.06.004.

**Major and Trace Elements in Tap Water from Italy.** Dinelli E., Lima A., Albanese S., Birke M., Cicchella D., De Vivo B., Giaccio L., Valera P., in «Journal of Geochemical Exploration» (in stampa).

**Che acqua beviamo.** Lima A. e altri, in «Le Scienze» n. 501, maggio 2010.  
**Geochemistry of European Bottled Water.** Reimann C. e Birke M. (a cura) e altri, Borntraeger Science Publishers, Stoccarda, 2010, ISBN 978-3-443-01067-6.