

Che acqua beviamo?

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

I risultati di un'indagine sulle acque minerali indicano che urgono nuove regole per fissare i limiti di alcune sostanze dannose per la salute

Quando i risultati saranno disponibili, a questo articolo farà seguito uno studio sulle acque potabili di tutti i capoluoghi di Provincia italiani, condotto dagli stessi autori. I dati completi delle analisi qui riassunte, compresi quelli relativi alle acque potabili di tutti i capoluoghi di Provincia e ad altre marche di acque minerali ancora sotto esame, saranno resi disponibili sul nostro sito Internet quando sarà stato pubblicato l'*Atlante Europeo* realizzato dall'EuroGeoSurveys Geochemistry Expert Group.

L'Italia è il maggior consumatore al mondo di acqua minerale. Ogni anno ne entrano nelle nostre case 12 miliardi di litri, vale a dire circa 200 litri pro capite. E un italiano su due beve esclusivamente acqua imbottigliata. Sempre uno su due la considera più pura dell'acqua del rubinetto, uno su tre la reputa migliore al gusto, uno su sei dice che è «meno dura». Ma davvero sappiamo che cosa beviamo? E le acque minerali sono migliori dell'acqua distribuita dalla rete idrica? Come se ne valuta la qualità?

Il contenuto minerale delle acque naturali dipende essenzialmente dalla loro origine idrogeologica; durante il percorso sotterraneo le acque si arricchiscono delle componenti minerali proprie delle rocce e delle strutture geologiche che attraversano. In genere le acque minerali naturali sono classificate in base a parametri chimico-fisici. La classificazione chimica si basa, tradizionalmente, su concentrazione e natura dei composti minerali in esse contenuti: le più conosciute sono quelle sulfuree (H_2S/HS^-), solfatiche (SO_4^{2-}), carboniche/bicarbonatiche (CO_2/HCO_3^-), clorurate o salse (Cl^-), bromiche (Br^-) e iodiche (I). Le acque minerali propriamente dette hanno una concentrazione minerale superiore a 1 grammo al litro (calcolata sul residuo secco) mentre quelle oligominerali hanno una concentrazione non superiore a 200 milligrammi al litro.

In relazione al proprio chimismo, le acque minerali possono avere indicazioni terapeutiche, come alcune acque oligominerali che aumentano la diuresi, normalizzano il pH urinario e favoriscono l'escrezione di acido urico e ossalico, oppure come le acque bicarbonatiche e magnesiache, che agiscono a diversi livelli sull'apparato digerente. Già nel lontano 1916, la Legge n. 947 sulle acque minerali recitava: «Sono considerate minerali le acque che vengono usate per le loro proprietà terapeutiche o igieniche speciali sia per la bibita che per altri usi curativi», destinate quindi a un consumo limitato nel tempo. Attualmente le normative italiane ed europee in materia di acque minerali sono diverse dalle leggi relative alle acque potabili destinate al consumo umano.

Un'indagine sull'acqua

Per la sua conformazione geologico-strutturale e per il suo clima, l'Italia in generale non ha grossi problemi di approvvigionamento idrico. Grazie alle numerose sorgenti di acque naturali sparse su quasi tutto il territorio che alimentano gli acquedotti, nelle nostre abitazioni arriva un'acqua mediamente di buona qualità. Eppure, come detto, siamo i principali consumatori e produttori di acque minerali imbottigliate nel mondo.

Acque minerali analizzate divise per Regione

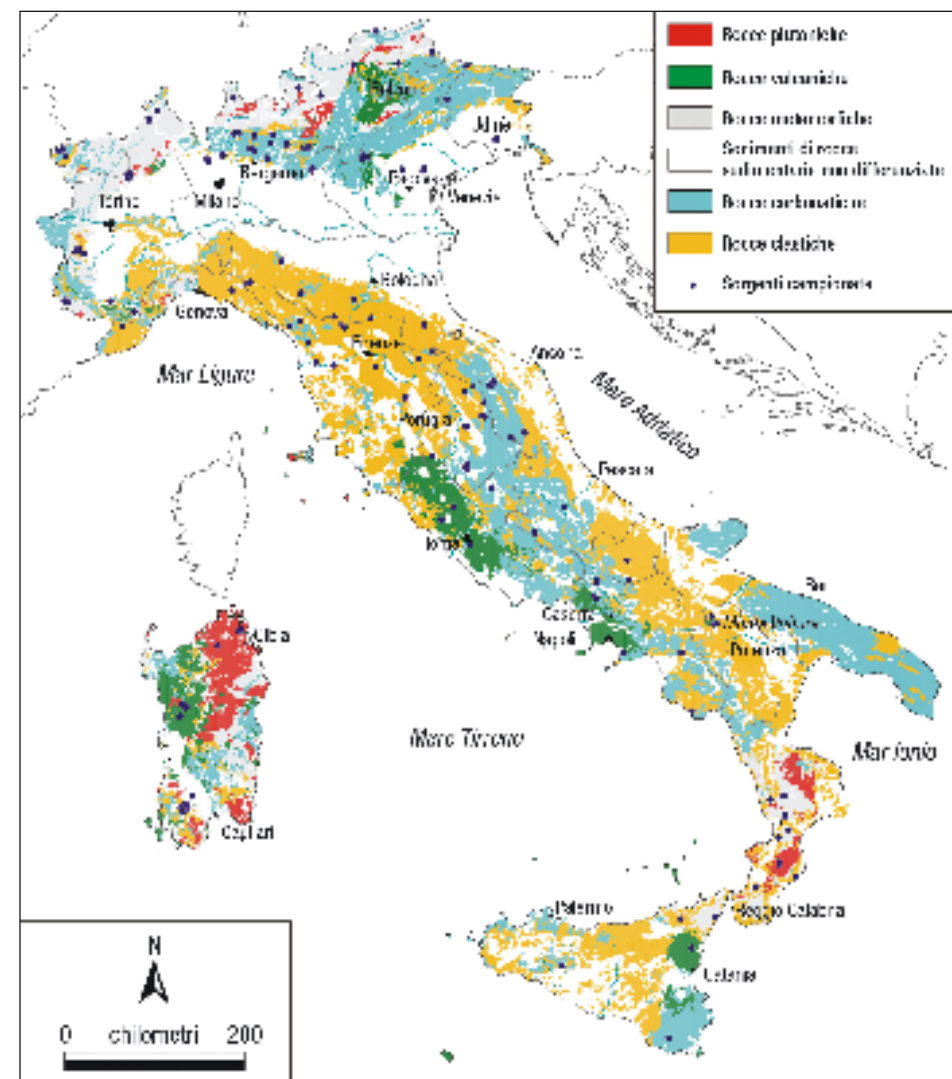
ABRUZZO	Paradiso	PIEMONTE	Pejo
Fonte Primavera	Pocenia	Alpe Guizza	Plose
Santa Croce		Alpi Cozie	San Zaccaria
	LAZIO	Alte Vette	
BASILICATA	Acqua di Nepi	Cime Bianche	TOSCANA
Felicia	Claudia	Crodo Lisiel	Acqua Silva
Gaudianello	Cottorella	Fonte delle Alpi	Cintoia
Leggera	Egeria	Fonte	Fonte Azzurrina
Lilia		Gaudenziana	Fonte
Sveva	LIGURIA	Lauretana	de' Medici
Toka	Fonte Santa Vittoria	Lurisia	Fonte Napoleone
Vivien	Santa Clara	Martina	Fonteviva
		Monte Rosa	Goccia Viva
CALABRIA	LOMBARDIA	San Bernardo	Monteverde
Calabria	Allegra	Sant'Anna	Panna
Certosa	Balda	di Vinadio	Santafiora
Fabrizia	Bernina	Sparea	Sorgente Tesorino
Fontedoro	Boario	Stella	Uliveto
Fontenoce	Bracca	del Monviso	Verna
Futura	Coop-sorgente	Valmora	
Limpida	Grigna		UMBRIA
Mangiatorella	Fonte Tavina		Acqua Fabia
Serricella	Frisia	SARDEGNA	Acqua Fabiaviva
Sorgente	Gaverina	Acqua Light	Angelica
dell'Amore	Leonardo-Primaluna	Boschetta	Conad - sorgente
Vita Sana	Alisea	Candida	Flaminia
	Levissima	Eleonora	Fonte Aura
CAMPANIA	Luna	Federica	Goccia Blue/
Acetosella	Maniva	Funte Fria	Frasassi
Don Carlo	Neve	Levia	Lieve
Ferrarelle	Pineta-Sorgente	Montes	Misia
Fiordacqua	Sales	Pura	Motette
Fonte Ofelia	Pureland-Naturale/	Quercetta	Orvieto
Lete	Primula	Rocce Sarde	Rocchetta
Prata	San Francesco	S. Giorgio	Sangemini
Santagata	San Pellegrino	S. Leonardo	Viva
Santo Stefano	Santa Corina	S'Abba	
	Sant'Antonio	Siete Fuentes	VALLE
EMILIA-ROMAGNA	Stella Alpina	Smeraldina	D'AOSTA
Cerelia	Vaia	Tamara	Courmayeur
Fonte Chiara	Vitasnella		Cristalià
Fonte Lieta - Conad		SICILIA	Mont Blanc
Fonte Vela	MARCHE	Cavagrande	
Fonte Ventasso	Casteldelci	Fontalba	
Fonti San Fermo	Elisa	Gerasia	
Galvanina	Frasassi	S. Rosalia	VENETO
Monte Cimone -	Gaia	Santa Maria	Dolomiti
COOP	Nerea		Fontemargherita
	Tinnea	TRENTINO-	Guizza
FRIULI		ALTO ADIGE	Recoaro
VENEZIA GIULIA	MOLISE	Kaiserwasser	San Benedetto
Dolomia	Molisia	Lavaredo	Valli del Pasubio-
Goccia di Carnia	Sepinia	Meraner	Nuova Acqua Chiara
		Mineralwasser	Vera - Fonte Bosco

Varie indagini di mercato mostrano che in un'epoca afflitta da grave inquinamento da sostanze chimiche i consumatori considerano l'acqua minerale imbottigliata ancora incontaminata e, talvolta, un rimedio per la salute. In realtà anche le acque minerali imbottigliate possono contenere, in modo del tutto naturale e senza alcun contributo antropico, elementi potenzialmente tossici per la salute, i cosiddetti «elementi in traccia» (espressi in microgrammi al litro, ossia in parti per miliardo) la cui presenza non è contemplata sulle etichette. Su queste ultime, generalmente, si leggono solo le concentrazioni dei principali elementi maggiori, come il calcio, il magnesio e il sodio (espressi in milligrammi al litro, ossia in parti per milione).

Per molto tempo, la presenza di elementi in traccia nelle acque potabili è stata considerata ininfluenza sulla salute umana, ma prove cliniche e farmacologiche ne hanno ormai documentato gli effetti. Alla luce di queste conoscenze, sia a tutela del consumatore sia per coadiuvare gli organi competenti nel definire nuove linee guida, si è sentita l'esigenza, a livello comunitario, di uno studio geochimico delle acque minerali imbottigliate.

Nel 2008-2009, nell'ambito di un progetto europeo teso alla caratterizzazione geochimica delle acque minerali imbottigliate consumate nei paesi membri, gli autori di questo articolo, in collaborazione con ricercatori dell'EuroGeoSurveys Geochemistry Expert Group, hanno condotto uno studio geochimico dettagliato su buona parte delle acque minerali imbottigliate in Italia. Ed è in corso anche la caratterizzazione geochimica delle acque erogate dal rubinetto come potabili, in tutte le province italiane.

Durante il 2008 sono state raccolte 186 bottiglie di acque minerali, di 158 differenti marche (si veda la tabella qui a fianco), su 415 ufficialmente accreditate dall'Unione Europea per l'Italia, delle quali sono stati misurati, presso il Servizio geologico tedesco a Berlino, il pH, la conducibilità elettrica e, con differenti metodi analitici, le concentrazioni di 69 elementi chimici e ioni, elencati nella tabella a p. 74 unitamente ai principali parametri statistici. Le acque minerali sono state acquistate nei punti di vendita commerciali; la scelta è stata condizionata esclusivamente dalla loro reperibilità sull'intero territorio nazionale, perciò dovrebbero essere quelle più consumate. Delle 186 bottiglie di acqua minerale campionate, 11 hanno un contenuto naturale di anidride carbonica (CO₂), 18 presentano CO₂ addizionata artificialmente e 157 non ne contengono affatto; 19 sono di vetro con tappo di metallo e 167 sono di polietilene tereftalato (PET) con tappo di polietilene; infine, 67 bottiglie sono colorate e



119 incolore. Allo scopo di verificare eventuali differenze connesse al tipo di confezione e alla natura chimica dell'acqua, cinque marche sono state acquistate e analizzate sia confezionate in vetro che in PET (si veda il box a p. 72), e altre quattro analizzate sia con aggiunta di CO₂ sia senza.

Dato che in questo articolo si vuole evidenziare come le acque provenienti da particolari contesti geologici possano avere un chimismo modificato per cause naturali, non si farà riferimento alle marche delle acque analizzate ma direttamente alle sorgenti delle quali si fornisce l'esatta ubicazione.

A tutela della salute

La tabella a p. 76 mostra, per le acque minerali naturali e le acque potabili, le concentrazioni limite ammissibili per la legge italiana ed europea e i valori delle linee guida dell'Environment Protection Agency statunitense (EPA) e dell'Organizzazione mondiale della Sanità (OMS). Le linee guida

LE ACQUE DELLO STIVALE. In questa carta geologica semplificata dell'Italia sono indicate le principali rocce delle diverse aree e l'ubicazione delle sorgenti delle 186 acque minerali imbottigliate di 158 marche diverse sottoposte all'analisi illustrata nell'articolo.

dell'OMS sull'acqua potabile si basano su procedure internazionali concordate per la valutazione del rischio e per la tutela della salute pubblica. Stabilire linee guida per le acque potabili è materia molto ostica, dal momento che è stato dimostrato che numerosi agenti chimici contaminanti determinano effetti avversi sulla salute umana solo in seguito a un'esposizione prolungata (anni, più che mesi), e quindi sono difficilmente indagabili. Le direttive del Consiglio Europeo, infatti, non stabiliscono concentrazioni limite ammissibili per tutti quegli elementi sui quali non sono disponibili informazioni complete relative ai loro effetti sulla salute.

Le informazioni inerenti gli effetti sulla salute si ottengono attraverso studi epidemiologici sulla popolazione umana e studi tossicologici su animali da laboratorio. I primi, purtroppo, sono condizionati dalle scarse informazioni relative alle concentrazioni degli agenti tossici a cui le persone sono state esposte e dall'eventuale possibilità di presenza simultanea di altri agenti tossici. Gli studi tossicologici sono invece limitati dal numero relativamente esiguo di animali sui quali vengono effettuati gli esperimenti, e dal fatto che questi sono esposti ad alte concentrazioni degli agenti indagati.

Le linee guida stabilite dall'OMS non sono obbligatorie, ma sono indirizzate alle autorità dei singoli paesi come base per la definizione di norme a scala nazionale, a tutela della qualità delle acque potabili. Purtroppo, nei singoli paesi la definizione di queste normative è influenzata da priorità di ordine locale e da considerazioni di carattere economico, per cui a ogni nazione è lasciata la valutazione tra costi e benefici per la salute degli abitanti. Le leggi vigenti in Italia e in Europa assicurano, per l'acqua potabile destinata al consumo umano, controlli di qualità estesi e regolari su agenti contaminanti potenzialmente tossici, mentre per le acque minerali imbottigliate i controlli sono meno restrittivi e frequenti.

Molte luci, qualche ombra

ALLUMINIO. Come dimostrano diversi studi epidemiologici, l'esposizione all'alluminio (Al) è un fattore di rischio sia per l'insorgenza sia per la progressione del morbo di Alzheimer. Nonostante non possa essere calcolato con precisione il fattore di rischio per la popolazione, per le considerevoli limitazioni degli studi condotti sugli animali e l'incertezza dei dati sull'uomo, sia l'OMS che le legislazioni italiana ed europea stabiliscono per le acque potabili un contenuto massimo di alluminio pari a 200 microgrammi per litro. Questo limite non coinvolge però le acque minerali imbottigliate. Dei campioni di acque minerali analizzate,

Quanto conta il contenitore?



Per verificare l'influenza del materiale del contenitore, cinque marche di acque minerali sono state analizzate sia confezionate in PET che in bottiglie di vetro. La figura a fronte mostra che le concentrazioni, sia pure molto basse, di alluminio (Al), cobalto (Co), cromo (Cr), rame (Cu), ferro (Fe), piombo (Pb), antimonio (Sb), stagno (Sn), zirconio (Zr) e samario (Sm) e praseodimio (Pr), elementi rappresentativi del comportamento del gruppo delle terre rare, sono fortemente influenzate dal materiale del contenitore.

Le acque imbottigliate in vetro sono caratterizzate – per gli elementi menzionati, a eccezione dell'antimonio – da concentrazioni più elevate rispetto alle corrispettive confezionate in PET. Da ciò si deduce che è il vetro a cedere i metalli all'acqua, considerato che il tappo metallico di chiusura è sempre dotato di un sottotappo in polietilene che lo isola dal contenuto. Le concentrazioni relativamente alte di terre rare – cerio (Ce), lantanio (La), neodimio (Nd), praseodimio (Pr), samario (Sm) – riscontrate nell'acqua imbottigliata in vetro possono essere spiegate dal fatto che spesso questi elementi sono usati come pigmenti nella colorazione delle bottiglie. Per quanto concerne la concentrazione più alta di antimonio nelle acque delle bottiglie in plastica, è stato dimostrato che è causata dalla cessione dell'elemento da parte del contenitore, perché nel processo produttivo del PET si usa ossido di antimonio (Sb_2O_3) come catalizzatore.

Va comunque sottolineato che il rilascio di questi metalli nelle acque minerali è molto limitato – ben al di sotto dei valori stabiliti dalle linee guida – e non dovrebbe creare alcun pericolo per la salute umana.

solo una, la cui sorgente è ubicata in un'area vulcanica della Provincia di Roma, supera questo limite, con una concentrazione di 237 microgrammi per litro (si veda la figura a p. 75).

ARSENICO. Anche il rischio di cancro associato all'ingestione di arsenico (As) contenuto nell'acqua potabile è stato accertato da numerosi studi epidemiologici: c'è una relazione diretta tra l'assunzione di elevati livelli di arsenico attraverso l'acqua potabile e lo sviluppo di diversi tipi di cancro. Nel 2001 l'International Programme on Chemical Safety è arrivato alla conclusione che l'assunzione a lungo termine di arsenico attraverso il consumo di acqua potabile è strettamente correlata al rischio di cancro della pelle, dei polmoni, della vescica e del rene, e all'insorgenza di altre malattie della pelle, quali ipercheratosi e alterazioni della pigmentazione. I composti di arsenico inorganico sono classificati dall'International Agency for Research on Cancer (IARC) come Gruppo 1, ossia cancerogeno accertato per l'uomo. Sebbene vi siano considerevoli dati sulla relazione tra l'assunzione di arsenico attraverso il consumo di acque minerali e tumori agli organi interni e alla pelle, permane notevole incertezza sugli effettivi rischi a basse concentrazioni.

Malgrado tutte le acque minerali analizzate non superino il valore limite di 10 microgrammi per litro, le acque di nove marche, nelle quali la concentrazione di arsenico supera i 5 microgrammi per litro, dovrebbero essere costantemente monitorate, anche in considerazione del fatto che a livello internazionale si sta discutendo di abbassare il valore limite proprio a 5 microgrammi per litro.

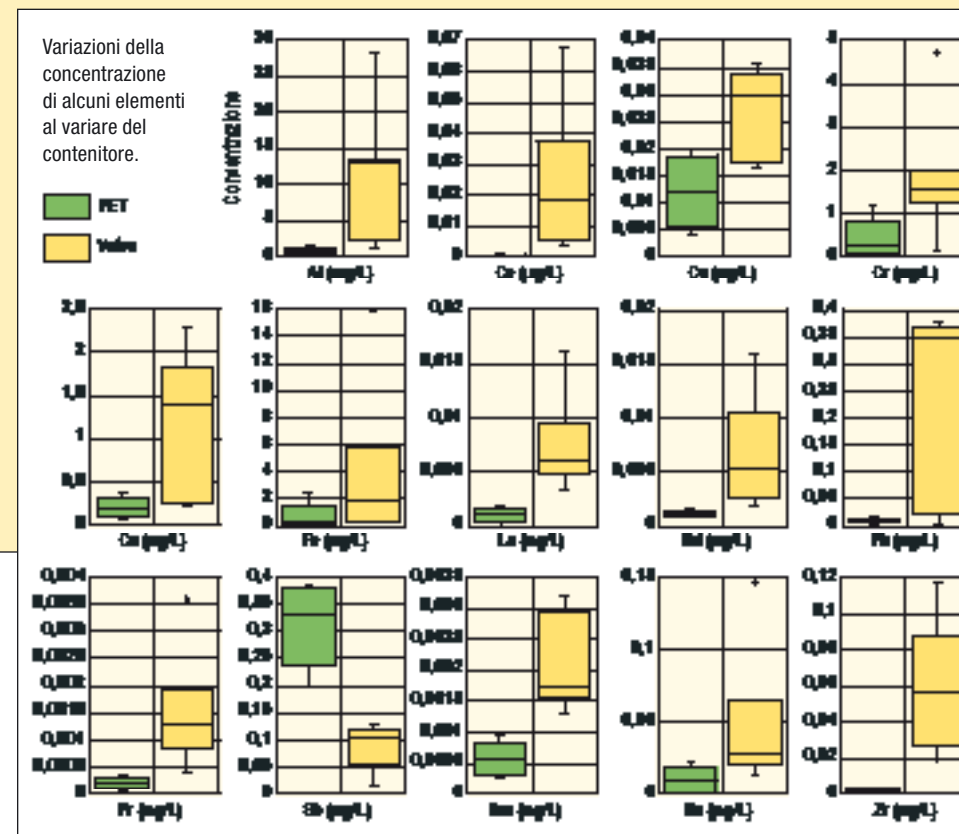
I valori di arsenico più alti si riscontrano in campioni la cui sorgente è ubicata in aree vulcaniche o in presenza di litologie vulcaniche, come nel nord del Lazio, in Campania e nella Sardegna centro-occidentale.

BERILLIO. Relativamente al berillio (Be), se l'acqua di una falda acquifera ne presenta una concentrazione che supera i 4 microgrammi per litro, secondo la legislazione ambientale italiana si rende necessario un intervento di bonifica delle acque, anche se non destinate al consumo umano. Sorprendentemente, sia in Italia sia in Europa non è stato stabilito alcun limite di concentrazione per il berillio nelle acque destinate al consumo umano, e tanto meno per quelle minerali.

Fortunatamente (fatta eccezione per un campione di una sorgente localizzata nell'area vulcanica del Lazio), tutte le acque minerali analizzate hanno un contenuto di berillio molto inferiore al valore guida. Altre acque minerali con un contenuto di berillio mediamente più alto (tra 0,5 e 4 microgrammi per litro), provengono da sorgenti ubicate nelle aree vulcaniche comprese tra il La-



Creative Crop/Getty Images; Nick White/Stockphoto (in alto)



zio e il Vulture. Il berillio è classificato dall'EPA tra gli elementi cancerogeni di classe A – ossia cancerogeno per l'uomo, in quanto vi sono sufficienti prove di cancerogenicità negli studi epidemiologici – ed è uno degli elementi più tossici della tavola periodica; può mimare il comportamento chimico del magnesio (Mg), che è 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 sia per le acque potabili che per quelle minerali.

BORO. Il boro (B) è un altro elemento potenzialmente pericoloso. Esperimenti condotti su animali da laboratorio esposti a breve e lungo termine ad acido boric e borace per via orale hanno portato alla formazione di lesioni testicolari, a dimostrazione che l'apparato riproduttivo maschile è un bersaglio per le sostanze tossiche.

La concentrazione più alta (1170 microgrammi per litro) riscontrata nelle acque analizzate, è stata misurata in un'acqua minerale la cui sorgente è localizzata nel Sud, nell'area vulcanica del Monte Vulture. Questo valore supera sia il valore gui-

da stabilito dall'OMS (500 microgrammi per litro) che il limite stabilito dalle legislazioni italiana ed europea (1000 microgrammi per litro) per le acque potabili. La legge italiana stabilisce anche un valore limite di 5000 microgrammi per litro per l'acqua minerale imbottigliata, sempre in considerazione delle proprietà terapeutiche. Altri quattro campioni, con sorgenti lungo la fascia tirrenica, mostrano una concentrazione di boro maggiore di quella stabilita dall'OMS.

CLORO. Si sa poco degli effetti sulla salute umana in seguito a prolungata esposizione al cloro (Cl). La sua tossicità non è stata osservata nell'uomo, fatta eccezione per particolari casi di compromissione del metabolismo del cloruro di sodio (per esempio in casi di insufficienza cardiaca congestizia). La legislazione italiana non fissa limiti massimi per le concentrazioni di cloro nelle acque, sia potabili che minerali. Generalmente si segue il valore di 250 milligrammi per litro, indicato dalle linee guida dell'OMS nel 1984, esclusivamente sulla base del sapore dell'acqua. Il più alto contenuto di cloro (323 milligrammi per litro) è stato trovato in un campione in Campania, e altri valori elevati si riscontrano in Toscana e in Sardegna.

Cortesia degli autori (grafico); Image Source/Corbis (bottiglia)

Concentrazione minima, massima e media di tutti i parametri misurati

Parametro	Minimo	Media	Massimo	Parametro	Minimo	Media	Massimo
Acidità (pH)	4,1	7,2	8,8	Magnesio (Mg) mg/L	0,26	13,22	75,7
Conducibilità (Ec) $\mu\text{S}/\text{cm}$	18	505	3020	Manganese (Mn) mg/L	<0,001	0,006	0,33
Afnio (Hf) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,0005	0,0007	0,0177	Mercurio (Hg) ng/L	< 5	< 5	< 5
Alluminio (Al) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,3	4,4	237	Molibdeno (Mo) $\mu\text{g}/\text{L}$	0,012	1,218	27,7
Ammonio (NH_4^+) mg/L	< 0,005	0,008	0,401	Neodimio (Nd) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,0002	0,0072	0,198
Antimonio (Sb) $\mu\text{g}/\text{L}$	0,007	0,349	1,72	Nichel (Ni) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,01	0,41	6,62
Argento (Ag) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,001	0,097	17,2	Niobio (Nb) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,001	0,003	0,117
Arsenico (As) $\mu\text{g}/\text{L}$	0,01	0,89	8,91	Nitrati (NO_3^-) mg/L	<0,01	4,56	35,1
Bario (Ba) mg/L	<0,001	0,062	0,44	Nitriti (NO_2^-) mg/L	< 0,005	0,006	0,132
Berillio (Be) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,001	0,084	4,69	Olmio (Ho) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,0001	0,0014	0,0542
Bicarbonati (HCO_3^-) mg/L	3,5	236,6	1665	Piombo (Pb) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,002	0,034	0,625
Bismuto (Bi) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,0005	0,0008	0,0059	Potassio (K) mg/L	<0,1	4,4	85,2
Boro (B) $\mu\text{g}/\text{L}$	0,4	61,2	1170	Praseodimio (Pr) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,00005	0,00151	0,0474
Bromuri (Br^-) mg/L	< 0,003	0,059	1,21	Rame (Cu) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,01	0,35	5,5
Cadmio (Cd) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,001	0,009	0,161	Rubidio (Rb) $\mu\text{g}/\text{L}$	0,044	9,292	346
Calcio (Ca) mg/L	1,26	69,41	510	Samario (Sm) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,0002	0,0026	0,0582
Cerio (Ce) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,0005	0,0034	0,0862	Scandio (Sc) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,01	0,08	1,11
Cesio (Cs) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,001	0,653	33,3	Selenio (Se) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,01	0,26	2,03
Cloruri (Cl^-) mg/L	0,15	18,73	323	Silice (SiO_2) mg/L	0,90	16,25	105
Cobalto (Co) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,002	0,031	0,602	Sodio (Na) mg/L	0,4	20,0	428
Cromo (Cr) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,03	0,33	4,72	Solfati (SO_4^{2-}) mg/L	1,38	55,62	1356
Disprosio (Dy) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,0001	0,0051	0,168	Stagno (Sn) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,001	0,016	1,06
Erbio (Er) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,0001	0,0044	0,197	Stronzio (Sr) mg/L	0,008	0,790	14,1
Europio (Eu) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,0001	0,0041	0,0337	Tallio (Tl) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,0005	0,0228	0,5
Ferro (Fe) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,1	0,8	15,9	Tantalio (Ta) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,001	< 0,001	0,0014
Fluoruri (F^-) mg/L	0,011	0,285	1,75	Tellurio (Te) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,005	0,009	0,08
Fosfati (PO_4^{3-}) mg/L	< 0,02	0,08	0,68	Terbio (Tb) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,00005	0,00065	0,0148
Gallio (Ga) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,0005	0,0043	0,0277	Torio (Th) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,0001	0,0005	0,0058
Gadolinio (Gd) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,0002	0,0037	0,0753	Titanio (Ti) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,01	0,05	0,73
Germanio (Ge) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,005	0,033	0,615	Tulio (Tm) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,00005	0,00071	0,0308
Iodio (I) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,2	6,6	160	Uranio (U) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,0005	1,2878	31
Itterbio (Yb) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,0002	0,0048	0,211	Vanadio (V) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,01	1,25	48,9
Ittrio (Y) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,0005	0,0624	2,86	Tungsteno (W) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,002	0,051	1,31
Lantanio (La) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,0005	0,0060	0,219	Zinco (Zn) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,05	1,52	46,4
Litio (Li) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,1	15,3	241	Zirconio (Zr) $\mu\text{g}/\text{L}$	<0,001	0,084	5,83
Lutezio (Lu) $\mu\text{g}/\text{L}$	< 0,00005	0,00084	0,0344				

GLI AUTORI

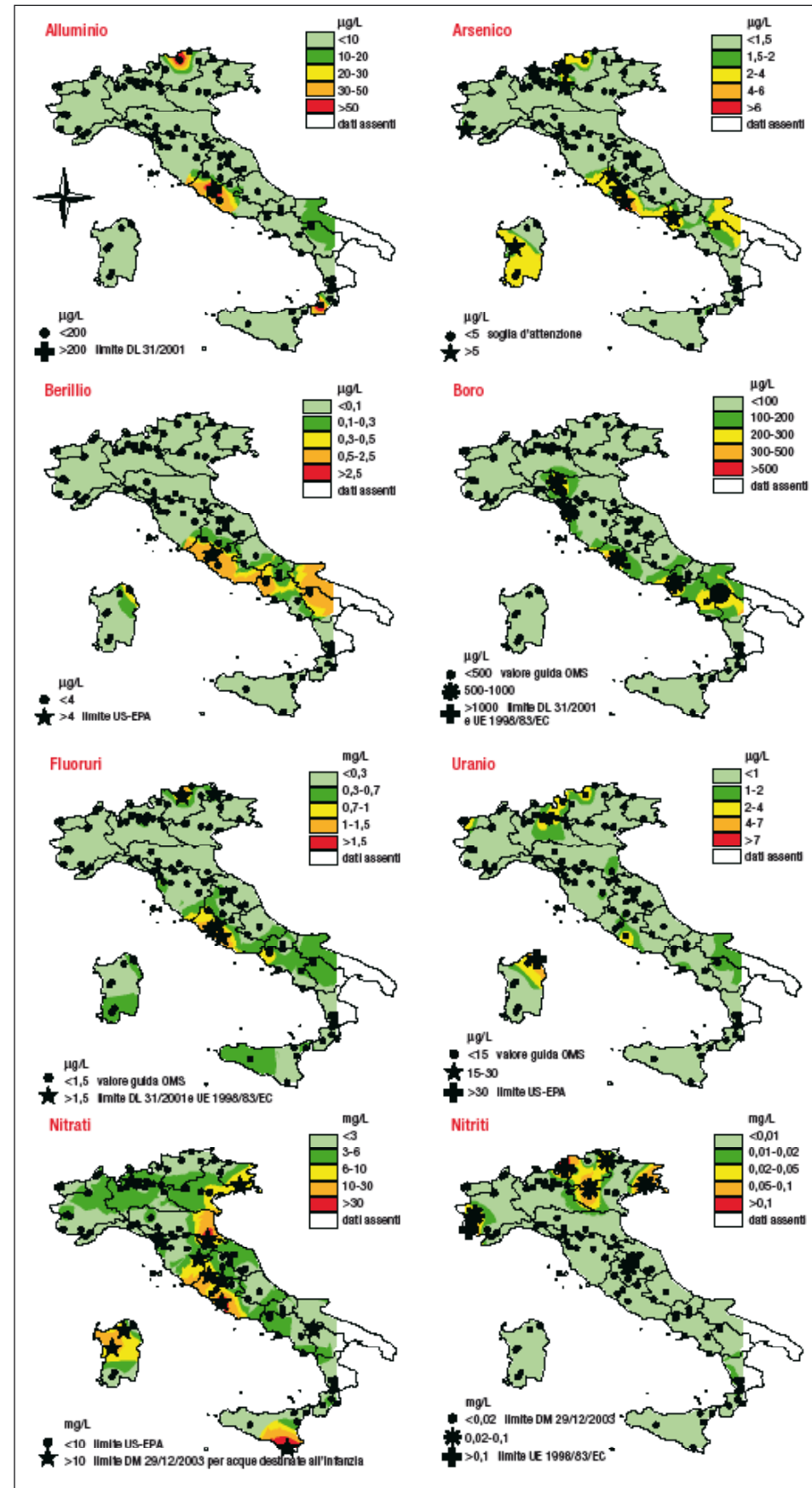
BENEDETTO DE VIVO, ANNAMARIA LIMA, STEFANO ALBANESE E LUCIA GIACCIO lavorano al Dipartimento di scienze della Terra dell'Università «Federico II» di Napoli. **DOMENICO CICCHELLA** lavora al Dipartimento di studi geologici e ambientali dell'Università degli Studi del Sannio, a Benevento. **ENRICO DINELLI** 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.

FLUORO. Per il fluoro (F) ci sono diversi valori di riferimento. Il valore limite imposto, sia per la legislazione italiana sia per quella europea, è di 1,5 milligrammi per litro per le acque potabili e di 5 milligrammi per litro per le minerali, anche se nella legislazione italiana si specifica che il limite per le acque minerali destinate all'infanzia si pone uguale a quello delle acque potabili. Il valore indicato dalle linee guida per le acque potabili è di 4 milligrammi per litro per l'EPA, mentre per l'OMS è di 1,5.

Vi sono prove epidemiologiche che le concentrazioni al di sopra di questo valore aumentano il rischio di fluorosi dentale e, progressivamente, concentrazioni più elevate portano a un aumento

del rischio di fluorosi scheletrica. Le concentrazioni di fluoro nelle acque minerali campionate variano da 0,011 a 1,75 milligrammi per litro. I contenuti più bassi sono tutti registrati nel nord Italia, a eccezione di due acque minerali provenienti dal settore nord-est delle Alpi, dove dominano rocce metamorfiche quali micascisti, paragneiss e filladi. Le concentrazioni superiori a 1,5 milligrammi per litro (cinque campioni) sono associate a rocce vulcaniche alcaline che si riscontrano nell'Italia centrale e meridionale (si veda la figura a fronte).

SOLFATI. Per quanto concerne i solfati (SO_4^{2-}) l'OMS non propone alcun valore guida, ma dal momento che l'assunzione di acque potabili con-



Cortesia degli autori (tabella e mappe)

ELEMENTI PERICOLOSI. In questa carta sono illustrate le concentrazioni, riscontrate nelle acque minerali analizzate, di alcuni elementi che presentano potenziali rischi per la salute. I valori indicati dalle disposizioni di legge e dalle linee guida dell'OMS per le acque potabili sono superati solo in pochi casi.

tenenti alti livelli di solfati determina effetti gastrointestinali, le direttive nazionali ed europee stabiliscono un valore soglia di 250 milligrammi per litro. Dall'analisi delle acque minerali imbottigliate è risultato che il 5 per cento di esse supera detto limite; molte di queste hanno origine da sorgenti nel Nord Italia, e soltanto una proviene dal Sud. Il valore più alto (1278 milligrammi per litro) è stato rinvenuto in un campione la cui sorgente è ubicata in Valle d'Aosta.

URANIO. I rischi derivanti dalla tossicità biochimica dell'uranio (U) in quanto metallo pesante sono considerati sei volte maggiori rispetto alla tossicità derivante dalla sua radioattività. Ma sono disponibili poche informazioni circa gli effetti dell'esposizione cronica all'uranio. La principale patologia indotta dall'uranio nell'uomo è la nefrite. Studi epidemiologici condotti su popolazioni esposte a uranio nelle acque potabili hanno mostrato una correlazione con i livelli di fosfatasi alcalina e beta microglobulina nell'urina, insieme a modeste alterazioni della funzione del tubulo prossimale renale. Recentemente è stato dimostrato che l'uranio è un «interferente endocrino», e che l'esposizione - anche a concentrazioni inferiori al valore limite stabilito dall'EPA - causa un aumento del rischio di infertilità e di cancro dell'apparato riproduttivo.

Per l'uranio, nel 2008 l'OMS ha stabilito un valore guida provvisorio di 15 microgrammi per litro, e l'EPA di 30, anche se sostiene la necessità di raggiungere l'obiettivo di un'assenza totale di uranio nelle acque destinate al consumo umano, essendo questa la principale via di esposizione dell'uomo all'elemento. La legislazione italiana non impone alcun limite. Tutte le acque minerali analizzate hanno concentrazioni di uranio inferiori a 15 microgrammi per litro, a eccezione di un campione di acqua minerale della Sardegna (si veda la figura qui a fianco), che ne ha una concentrazione estremamente anomala (31 microgrammi per litro), dovuta all'ubicazione della sorgente in rocce granitoidi. Campioni di acque minerali provenienti dall'Italia nord-occidentale hanno apprezzabili concentrazioni di uranio, comprese tra 10,9 e 11 microgrammi per litro. Altri campioni di acqua minerale con contenuti di uranio intorno ai 6-7 microgrammi per litro provengono invece da acquedotti in rocce metamorfiche della Lombardia.

Concentrazioni limite per acque minerali e acque destinate al consumo umano

	DM 29/12/2003 (Italia) Acque minerali	D.L. 31/2001 (Italia) Acque destinate al consumo umano	Direttiva UE 2003/40/EC Acque minerali	Direttiva UE 1998/83/EC Acque destinate al consumo umano	EPA (Stati Uniti) Valori guida	Valori guida OMS
Ec (µS/cm)	-	2500 (g.v.)	-	2500 (g.v.)	-	-
pH	-	≥ 6,5 - ≤ 9,5 (g.v.)	-	≥ 6,5 - ≤ 9,5 (g.v.)	≥ 6,5 - ≤ 8,5	-
Alluminio (µg/L)	-	200 (g.v.)	-	200 (g.v.)	-	200
Ammonio (mg/L)	-	0,5 (g.v.)	-	0,5 (g.v.)	-	-
Antimonio (µg/L)	5	5	5	5	6	20
Arsenico (µg/L)	10	10	10	10	10	10
Bario (µg/L)	1000	-	1000	-	2000	700
Berillio (µg/L)	-	-	-	-	4	-
Boro (µg/L)	5000	1000	-	1000	-	500
Cadmio (µg/L)	3	5	3	5	5	3
Cloruri (mg/L)	-	250 (g.v.)	-	250 (g.v.)	-	250
Cromo (µg/L)	50	50	50	50	100	50
Ferro (µg/L)	-	200 (g.v.)	-	200 (g.v.)	200	-
Fluoruri (mg/L)	5 (1,5*)	1,5	5	1,5	4	1,5
Fosforo (mg/L)	-	-	-	5	-	-
Piombo (µg/L)	10	10	10	10	15	10
Manganese (µg/L)	500	50 (g.v.)	500	50 (g.v.)	-	400
Mercurio (µg/L)	1	1	1	1	2	6
Molibdeno (µg/L)	-	-	-	-	-	70
Nickel (µg/L)	20	-	20	20	-	70
Nitrati (mg/L)	45 (10*)	50	50	50	10	50
Nitriti (mg/L)	0,02	0,5	0,1	0,5	1	3
Rame (µg/L)	1000	1000	1000	2000	1300	2000
Selenio (µg/L)	10	10	10	10	50	10
Sodio (mg/L)	-	200 (g.v.)	-	200 (g.v.)	-	200
Solfati (mg/L)	-	250 (g.v.)	-	250 (g.v.)	-	500
Tallio (µg/L)	-	-	-	-	0,5 / 2	-
Uranio (µg/L)	-	-	-	-	30	15
Vanadio (µg/L)	-	50	-	-	-	-
Zinco (µg/L)	-	-	-	-	-	3000

(*) Limite di legge per le acque destinate al consumo da parte dei neonati; (g.v.) valori guida

NITRATI E NITRITI. Un discorso più dettagliato meritano i contenuti di nitriti (NO₂⁻) e nitrati (NO₃⁻): l'assunzione di questi ioni con l'acqua potabile è ritenuta dannosa per la salute umana, in particolare dei bambini. Gli effetti nocivi dell'assunzione di acqua contenente alte concentrazioni di nitrati sono da ascrivere al più tossico nitrito che da essi si forma. Studi effettuati in vivo e in vitro hanno dimostrato che il nitrato può essere ridotto a nitrito attraverso vie metaboliche comuni a batteri e mammiferi. La quantità di nitriti che si forma dipende dall'attività della nitrato-reduttasi della popolazione microbica e dalla disponibilità di nitrati.

I neonati possono subire effetti negativi, derivanti dall'assunzione di acqua contenente alte concentrazioni di nitrati, in quanto la trasformazione nell'organismo dei nitrati a nitriti causa l'ossidazio-

ne dell'emoglobina a metaemoglobina, incapace di legare ossigeno e trasportarlo a organi e tessuti. Ciò può condurre alla *blue baby syndrome*, o metaemoglobinemia, che si manifesta con lo sviluppo di una colorazione blu della pelle, e nei casi di prolungata esposizione, con problemi cardiaci e respiratori e morte. Al momento non vi sono sufficienti studi epidemiologici che possano associare l'assunzione di nitriti e nitrati all'insorgenza di cancro.

Il valore limite imposto per i nitrati dalla legislazione italiana è di 45 milligrammi per litro per le acque minerali, ridotto a 10 se sono destinate all'infanzia, mentre per le acque potabili viene portato a 50 milligrammi per litro. Per i nitriti i limiti sono molto più bassi: 0,02 milligrammi per litro per le acque minerali e 0,5 per le acque potabili.

Tutte le acque analizzate hanno un contenuto

di nitrati al di sotto di 45 milligrammi per litro, ma il 10 per cento supera il valore stabilito per il consumo da parte dei bambini. I valori più alti si riscontrano nelle acque minerali del nord del Lazio, del centro-nord della Sardegna, del sud della Sicilia e dell'Italia nord-orientale, e sono probabilmente dovuti all'uso intensivo di fertilizzanti e concimi in agricoltura. Le acque con concentrazioni di nitrati superiori a 10 milligrammi per litro dovrebbero riportare sull'etichetta, contrariamente a quanto riscontrato, la dicitura: «non adatta ai neonati». Poiché i nitrati e i nitriti (*si veda la figura a p. 75*) potrebbero trovarsi simultaneamente nell'acqua potabile, e dal momento che hanno lo stesso effetto sulla salute umana, quando si valuta il rischio per la salute la procedura corretta dovrebbe essere quella di considerarne la somma.

L'Unione Europea stabilisce che per le acque destinate al consumo umano deve essere soddisfatta la seguente condizione: [nitrati]/50 + [nitriti]/3 • 1 milligrammo per litro, e che la sola concentrazione dei nitriti non deve superare 0,1 milligrammi per litro. Se consideriamo che nell'uomo circa il 5 per cento dei nitrati assunti con la dieta è convertito in nitriti, a nostro avviso l'equazione dovrebbe essere modificata come segue: [nitrati]/20 + [nitriti] • Valore Guida dei nitriti (GV_{NO₂}).

Tuttavia, visto il cospicuo consumo, le acque minerali dovrebbero essere considerate alla stregua delle acque potabili, destinate al consumo umano, ed essere quindi sottoposte alla stessa regolamentazione e agli stessi controlli. In aggiunta, per le acque minerali, usate anche per scopi terapeutici, si dovrebbero imporre etichette più complete e dettagliate riguardo la loro composizione e destinazione d'uso.

La credenza popolare che l'acqua di sorgente imbottigliata sia «pura» viene comunque sfatata, dal momento che molti elementi tossici possono essere presenti naturalmente nelle acque minerali, e in alcuni casi, come evidenziato dai dati analitici, la loro concentrazione può essere sorprendentemente elevata e superare il limite imposto dalla normativa vigente per le acque potabili.

Comunque per molti elementi chimici i livelli massimi di concentrazione ammissibili nelle acque potabili non sono stati ancora stabiliti per mancanza di informazioni relative ai loro effetti sulla

salute, anche se in Italia per alcuni elementi – come il berillio e l'uranio, i cui effetti sono noti – non ci sono limiti imposti. A livello europeo si sta procedendo, oltre allo studio geochimico dettagliato delle acque minerali imbottigliate, anche a quello delle acque di rubinetto, per la realizzazione di un database internazionale che fornisca dati attendibili sia sugli intervalli di concentrazione di tutti gli elementi presenti sia sulle aree di origine.

La finalità è quella di realizzare gli studi epidemiologici indispensabili per stabilire le relazioni causa-effetto e le valutazioni tossicologiche necessarie per la determinazione delle concentrazioni soglia. In ogni caso, anche a livello locale, questi valori non dovrebbero essere influenzati da considerazioni di ordine tecnico ed economico a danno della salute pubblica. ■

↳ Letture

Trace elements and ions in Italian bottled mineral waters: identification of anomalous values and human health related effects. Cicchella D., De Vivo B., Albanese S., Dinelli E., Giaccio L., Lima A. e Valera P., in «Journal of Geochemical Exploration» (in stampa).

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» (in stampa).

A comparative approach to the variation of natural elements in Italian bottled waters according to the national and international standard limits. Naddeo V., Zarra T. e Belgiojorno V., in «Journal of Food Composition and Analysis» Vol. 21, pp. 505-514, 2008.



Cortesia degli autori

Image Source/Corbis