

Valori di fondo di metalli e metalloidi nei suoli del Veneto

Paolo Giandon, Adriano Garlato, Francesca Ragazzi

ARPAV,
Servizio Suoli,
Dipartimento
Provinciale
di Treviso,
via S. Barbara 5/A,
31100 Treviso,
Tel. 0422 558620,
fax 0422 558516,
e-mail pgiandon@
arpa.veneto.it

Abstract

A survey on the concentration of some metals and metalloids in soils of Veneto performed on 2393 samples, of which 1363 topsoil (10-40 cm) and 1030 subsoil (70-100 cm), allowed to define the background values for considered metals. Particularly for some metals and in areas of volcanic substrates background values are above certain threshold concentrations of contamination defined by the Italian environmental legislation.

Introduzione

La valutazione dello stato di contaminazione dei suoli nei confronti di metalli e metalloidi richiede la conoscenza delle concentrazioni naturali presenti per effetto della composizione dei minerali costituenti del suolo. Tali concentrazioni infatti, soprattutto per alcuni metalli, possono variare notevolmente a seconda del materiale su cui il suolo si è sviluppato.

Fin dalle prime indagini condotte (1995) per il rilevamento dei suoli finalizzato alla costituzione di una base conoscitiva per il Veneto, in particolare nell'ambito della realizzazione della carta dei suoli regionale alla scala 1:250.000 (ARPAV, 2005) e delle carte dei suoli alla scala 1:50.000 delle province di Treviso (ARPAV, 2008), Venezia (ARPAV, 2009) e Padova (in realizzazione), si è ritenuto di associare alla determinazione delle caratteristiche di base dei suoli, necessaria per la loro classificazione, anche la misura della concentrazione di alcuni metalli e metalloidi, con l'obiettivo di definire un quadro di riferimento a livello regionale.

Dal punto di vista normativo, il Decreto Legislativo n. 152 del 3 aprile 2006 "Testo Unico recante le Norme in Materia Ambientale" disciplina al titolo V (articoli 239-253) criteri, procedure e modalità di messa in sicurezza, bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati.

A tal fine l'art. 240, comma 1, lettera b), laddove viene definita la Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC), precisa che: "Nel caso in cui il sito potenzialmente contaminato sia ubicato in un'area interessata da fenomeni antropici o naturali che abbiano determinato il superamento di una o

più concentrazioni soglia di contaminazione, queste ultime si assumono pari al valore di fondo esistente per tutti i parametri superati".

Per l'applicazione di questa parte del disposto normativo, è stata quanto mai importante l'approvazione da parte della Regione Veneto di criteri di indagine univoci per la determinazione del valore di fondo naturale dei metalli nei suoli, avvenuta con DGRV 464 del 2/3/2010, allo scopo di poter distinguere tra situazioni di effettivo inquinamento causato da apporti esterni al suolo (processo esogeno) e situazioni di elevata concentrazione naturale degli elementi presenti nel suolo (processo endogeno).

Nella tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV, titolo V del DLgs 152/06 sono riportati i valori di CSC per i siti a uso verde pubblico, privato e residenziale (colonna A) e per i siti a uso commerciale e industriale (colonna B). Attualmente mancano limiti specifici per i suoli agricoli; per questi una nota dell'Istituto Superiore della Sanità stabilisce che possano essere applicati quelli relativi ai siti a verde pubblico, privato e residenziale (colonna A) del D. Lgs. 152/06.

Metodologia dell'indagine

Per la determinazione dei valori di fondo dei metalli nel suolo è stata utilizzata la procedura della norma ISO 19258:2005 (*Soil Quality – Guidance on the determination of background values*) che rappresenta il riferimento a livello internazionale per le modalità di campionamento, analisi ed elaborazione dei dati.

La norma fa innanzitutto una distinzione tra

Figura 1 - Unità deposizionali individuate nel territorio di pianura.

T = Tagliamento; P = Piave; B = Brenta; A = Adige;

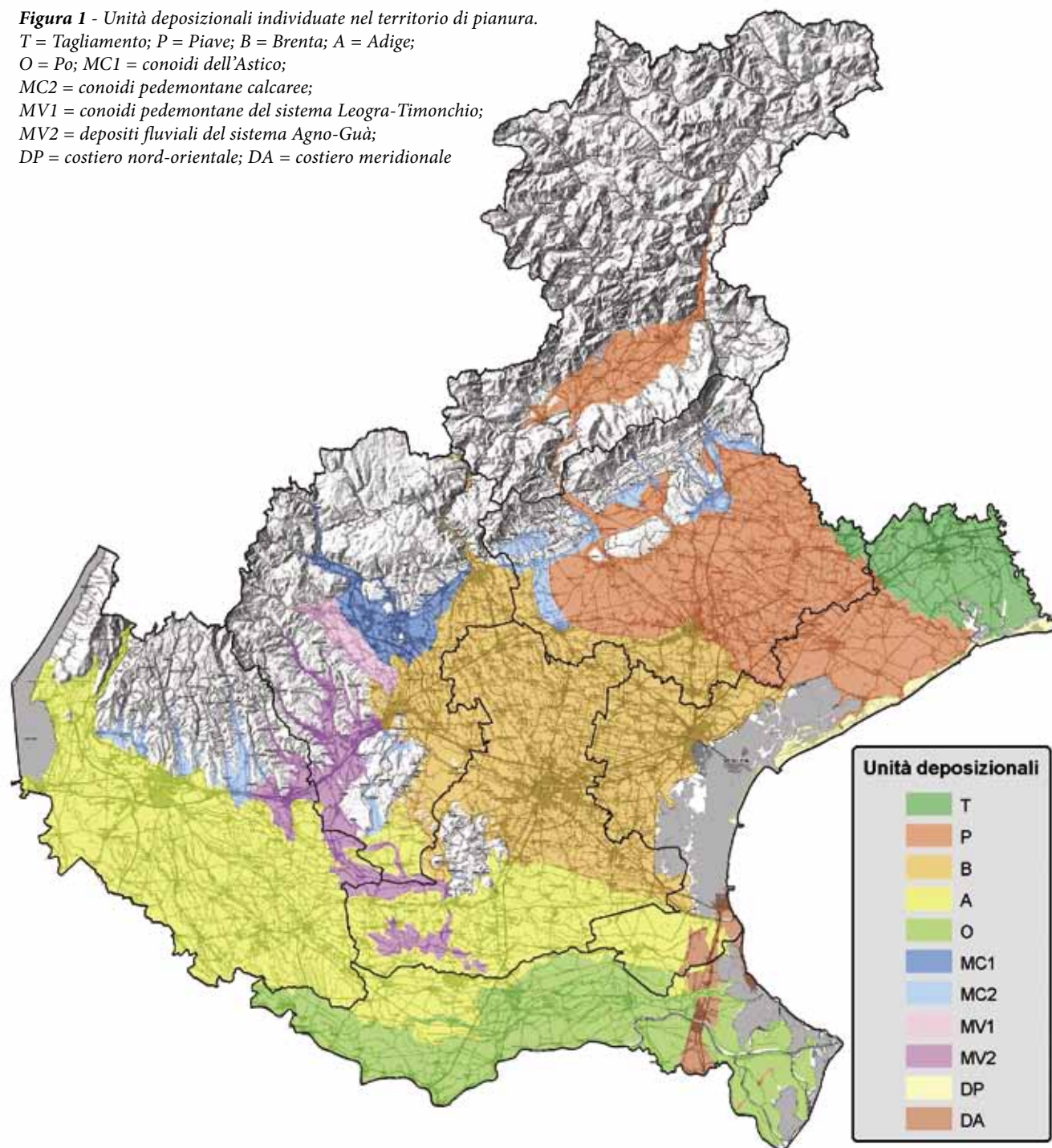
O = Po; MC1 = conoidi dell'Astico;

MC2 = conoidi pedemontane calcaree;

MV1 = conoidi pedemontane del sistema Leogra-Timonchio;

MV2 = depositi fluviali del sistema Agno-Guà;

DP = costiero nord-orientale; DA = costiero meridionale



contenuto di fondo pedo-geochimico (*pedo-geochemical background content*) e contenuto di fondo naturale-antropico (*background content*): il primo, che può essere considerato come contenuto naturale di un elemento, individua la concentrazione di elementi che è generata dai fattori caratteristici della pedogenesi, quali ad esempio la composizione e alterazione della roccia madre e le eventuali successive movimentazioni all'interno del suolo, il secondo si riferisce invece alla concentrazione di un elemento riferito a un tipo di suolo, localizzato in un'area o regione definita, che comprende sia le

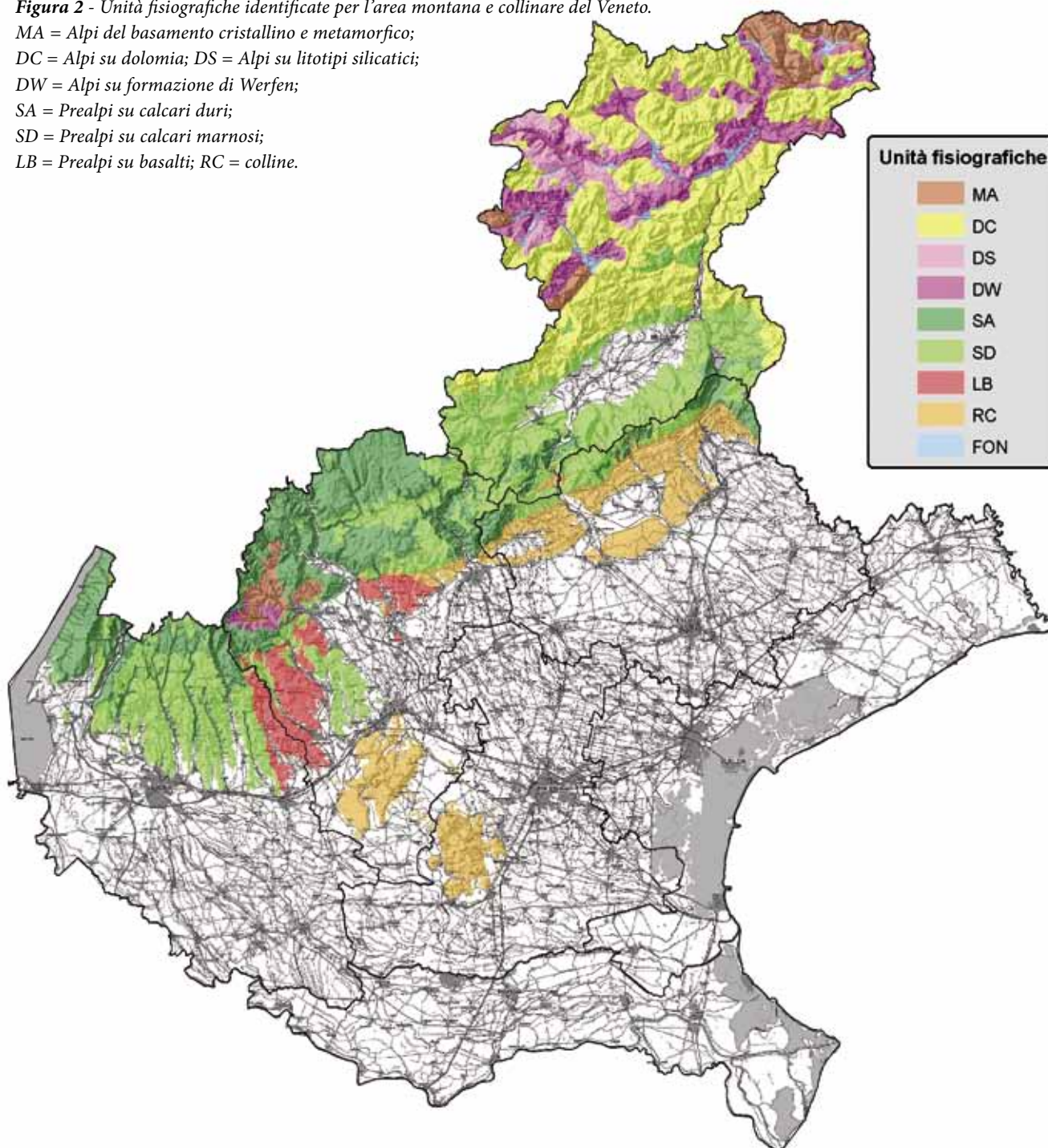
concentrazioni apportate da sorgenti naturali, sia quelle diffuse non naturali, quali, ad esempio, la deposizione atmosferica e le pratiche agronomiche ordinarie per quella certa area o regione.

Unità fisiografiche e unità deposizionali

La scelta dei siti di campionamento è stata effettuata seguendo l'“approccio tipologico” definito nella norma ISO 19258:2005, cioè in funzione del materiale di partenza e delle tipologie di suolo, scegliendo i siti da analizzare all'interno di aree omogenee definite con criteri diversi.

Figura 2 - Unità fisiografiche identificate per l'area montana e collinare del Veneto.

MA = Alpi del basamento cristallino e metamorfico;
 DC = Alpi su dolomia; DS = Alpi su litotipi silicatici;
 DW = Alpi su formazione di Werfen;
 SA = Prealpi su calcari duri;
 SD = Prealpi su calcari marnosi;
 LB = Prealpi su basalti; RC = colline.



Per la pianura, dove i suoli si sono originati da materiali alluvionali e le aree omogenee prendono il nome di unità deposizionali (**figura 1**), il criterio è l'origine dei sedimenti dai quali si è formato il suolo; mentre nell'area montana, dove i suoli si sono formati dai materiali presenti sul posto e le aree omogenee sono state identificate con il nome di unità fisiografiche (**figura 2**), l'elemento di differenziazione è costituito dalla litologia prevalente sulla quale si è sviluppato il suolo e la tipologia e i processi pedogenetici che caratterizzano il suolo stesso.

Campionamento e analisi

I siti di campionamento sono stati individuati all'interno delle unità fisiografiche/deposizionali utilizzando i campioni provenienti dai profili rappresentativi delle principali unità tipologiche di suolo descritte nella carta dei suoli e, dove questi non erano sufficientemente numerosi, da trivellate appositamente eseguite e descritte.

Nella scelta dei siti di campionamento si è inoltre tenuto in considerazione l'uso del suolo, scegliendo cioè siti a uso agricolo, avendo cura di evitare zone contaminate o troppo vicine a potenziali fonti

Tabella 1 - Statistica descrittiva di tutti i campioni analizzati: orizzonti superficiali. In rosso i valori maggiori o uguali alle CSC (colonna A) del D. Lgs. 152/06. Nelle ultime due righe la percentuale di campioni superiori alle concentrazioni soglia di contaminazione del D. Lgs. 152/06.

	Sb	As	Be	Cd	Co	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Se	Sn	V	Zn
N	764	1196	572	1363	1306	1363	1217	1363	1363	1320	558	558	572	1320
Media	1,06	15,1	1,07	0,47	12,4	49,9	0,27	37,6	35,7	54,9	0,28	3,57	62,5	95,6
Mediana	0,73	13	1,0	0,25	11	39	0,07	27	27	40	0,24	2,4	55	90
Dev. Std	1,58	10,4	0,47	0,63	7,2	40,0	3,71	31,0	65,0	53,3	0,22	6,34	32,8	41,6
Minimo	0,10	1,1	0,10	0,09	0,50	2,5	0,03	1,0	2,5	2,5	0,10	0,40	11	10
Massimo	23	97	3,4	14	61	820	127	337	1588	710	1,5	87	210	510
95° percentile	2,6	33	1,9	1,0	23	120	0,41	101	71	150	0,71	6,7	140	167
% superamenti D.Lgs 152/06 col A	0,5	24,2	3,8	1,0	8,0	1,7	2,1	1,8	2,6	7,4	0,0	96,4	12,4	8,0
% superamenti D.Lgs 152/06 col B	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0

inquinanti e siti che presentavano evidenti tracce di intervento antropico. La profondità di campionamento è stata scelta in funzione degli orizzonti pedologici, ma con metodologie differenziate tra pianura e montagna. In pianura i campioni per la determinazione del contenuto naturale sono stati prelevati in corrispondenza del primo orizzonte o strato pedologico sotto i 70 cm, ritenendo tale profondità sufficiente per poter escludere qualsiasi eventuale apporto antropico; per la determinazione del contenuto naturale-antropico si è campionato in corrispondenza del primo orizzonte individuato partendo dalla superficie, eliminando i primi 5-10 cm di suolo, fino a una profondità massima di circa 40-50 cm. In montagna si è operato prelevando un campione superficiale dal primo orizzonte pedologico, di spessore variabile, e un secondo campione in corrispondenza del primo orizzonte pedologico sotto i 70 cm quando possibile o, quando il suolo era meno potente, in corrispondenza dell'orizzonte più profondo campionabile. I campioni analizzati sono stati complessivamente

2.393, di cui 1.363 superficiali e 1.030 profondi. In pianura ricadono 1.119 campioni superficiali e 835 profondi, mentre nell'ambiente montano-collinare 244 superficiali e 195 profondi.

Le determinazioni analitiche sono state effettuate presso il laboratorio ARPAV del Servizio Laboratori di Treviso che ha operato dal 1998 al 2009 presso la sede di Castelfranco Veneto, utilizzando metodi di analisi ufficiali riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale ed eseguite sulla frazione granulometrica inferiore ai 2 mm (terra fine). I metalli analizzati sono antimonio, arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo, rame, mercurio, nichel, piombo, selenio, stagno, vanadio, zinco; per misurarne la concentrazione nel suolo è stata eseguita la determinazione degli elementi in forma "totale" (o *pseudo-total* secondo la terminologia anglosassone) cioè quelli presenti nella frazione estraibile.

Elaborazione dei dati

L'elaborazione statistica dei dati è stata condotta inizialmente sull'intero *dataset*, per una prima

Tabella 2 - Statistica descrittiva di tutti i campioni analizzati: orizzonti profondi. In rosso i valori maggiori o uguali alle CSC (colonna A) del D. Lgs. 152/06. Nelle ultime due righe la percentuale di campioni superiori alle concentrazioni soglia di contaminazione del D. Lgs. 152/06.

	Sb	As	Be	Cd	Co	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Se	Sn	V	Zn
N	811	933	551	1029	1008	1029	934	1028	1028	1018	536	536	551	1020
Media	0,84	15,7	0,97	0,40	12,0	48,8	0,11	40,2	20,7	27,3	0,20	2,55	55,4	72,3
Mediana	0,52	11	0,93	0,25	10	35	0,03	27	15	23	0,10	1,8	46	69
Dev. Std	2,07	15,2	0,59	0,58	8,6	41,2	0,57	36,7	36,8	26,4	0,20	4,95	36,7	37,6
Minimo	0,10	0,40	0,10	0,22	0,50	2,5	0,03	1,0	2	2,5	0,10	0,10	5,0	9,2
Massimo	39	169	3,3	12	79	330	12	413	740	591	1,81	87,2	290	375
95° percentile	2,1	39	2,0	0,93	26	139	0,25	118	45	59	0,56	4,6	130	136
% superamenti D.Lgs 152/06 col A	0,5	26,6	4,9	0,9	10,3	3,0	1,4	4,2	1,2	0,7	0,0	81,7	12,3	2,4
% superamenti D.Lgs 152/06 col B	0,2	2,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0

Tabella 3 - Valori di fondo nelle unità fisiografiche e deposizionali del Veneto; in grassetto i valori maggiori o uguali alle concentrazioni soglia di contaminazione previsti per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (colonna A) del D. Lgs. 152/2006.

Unità fisiografiche / deposizionali	Sb	As	Be	Cd	Co	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Se	Sn	V	Zn
Alpi del basamento cristallino e metamorfico (MA)	3,6*	17*	1,1*	0,58*	20*	67*	0,41*	53*	90*	52*	nd	nd	79*	153*
Alpi su dolomia (DC)	2,4*	27*	1,4*	1,70*	31*	88*	0,22*	87*	96*	79*	0,56*	3,0*	110*	170*
Alpi su litotipi silicatici (DS)	2,0*	17*	nd	0,66*	32*	73*	0,34*	40*	63*	76*	nd	nd	nd	125*
Alpi su Formazione di Werfen (DW)	2,5*	31*	nd	0,25*	22*	98*	0,89*	47*	99*	30*	nd	nd	nd	300*
Prealpi su calcari duri (SA)	3,3*	27*	3,3*	3,40*	39*	130*	0,45*	81*	130*	76*	1,31*	5,6*	210*	245*
Prealpi su calcari marnosi (SD)	1,8	23	2,3*	1,98	33	164	0,29*	173	126	89*	0,81*	2,7*	120*	200
Prealpi su basalti (LB)	1,1*	15*	2,4*	0,25*	79*	260*	0,14*	190*	48*	94*	0,62*	3,0*	220*	165*
Colline (RC)	2,0	22	3,0	1,00	32	140	0,22	88	47	109	0,61	3,5	130	140
Fondovalle alpini e prealpini (FON)	2,2**	24**	1,9**	0,81**	29**	75**	0,44**	46**	81**	61**	0,93**	2,8**	180**	138**
Tagliamento (T)	nd	14*	nd	0,62*	12*	67*	0,09*	42*	33*	44*	nd	nd	nd	86*
Piave (P)	1,0	13	1,7	0,64	15	61	0,26	52	36	186	0,50	4,0	87	113
Brenta (B)	2,4	45	2,3	0,95	16	64	0,67	38	54	110	0,31	7,8	96	144
Adige (A)	1,5	50	1,4	1,17	20	141	0,32	125	46	79	1,00	3,7	89	155
Po (O)	1,4	31	1,6	0,60	20	153	0,08	130	35	63	0,90	3,4	80	111
Conoidi dell'Astico (MC1)	2,0*	21*	2,1*	0,66*	23*	83*	0,31*	64*	61*	103*	0,40*	4,4*	203*	137*
Conoidi pedemontane calcaree (MC2)	0,8*	23	1,6*	0,86	16	76	0,26	56	45	114	0,40*	3,4*	81*	110
Conoidi pedem. del sistema Leogra-Timonchio (MV1)	2,8*	26	1,7*	0,86	35	153	0,16*	120	106	86	0,44*	6,4*	157*	200
Depositi fluviali del sistema Agno-Guà (MV2)	1,6*	41*	1,5*	0,59*	51*	190*	0,10*	161*	56*	66*	0,72*	2,9*	146*	164*
Costiero nord-orientale (DP)	0,8*	12*	0,2*	0,25*	5*	19*	0,85*	8*	51*	58*	0,10*	5,7*	20*	67*
Costiero meridionale (DA)	1,2*	23*	0,9*	0,25*	14*	89*	0,13*	83*	56*	54*	0,68*	5,8*	61*	181*

* numero campioni per la determinazione del valore di fondo inferiore a 30, quantità consigliata dalla norma ISO 19258 (2005).

** metodologia per il calcolo dei valori di fondo diversa rispetto alle altre unità fisiografiche/deposizionali.

stima dell'andamento delle concentrazioni, successivamente per ciascuna unità deposizionale/fisiografica.

Sui dati sono state eseguite alcune elaborazioni di statistica descrittiva per ciascun elemento, mantenendo distinti i valori degli orizzonti superficiali da quelli profondi; per ogni variabile sono stati determinati media, mediana, minimo, massimo, percentili (5°, 25°, 75°, 90° e 95°), deviazione standard, errore standard, coefficienti di asimmetria (*skewness*) e di curtosi (*kurtosis*), test per la normalità. Una volta eliminati gli eventuali *outliers*, per ogni metallo è stato calcolato il valore di fondo, che corrisponde al valore del 95° percentile all'interno di ciascuna unità fisiografica/deposizionale, in linea con quanto previsto nel manuale APAT-ISS (2006). Per poter distinguere tra valore di fondo naturale-antropico e valore di fondo naturale o pedo-geochimico sono stati tenuti distinti i valori

delle concentrazioni negli orizzonti superficiali e profondi, in modo tale da conservare le informazioni relative alle diverse profondità.

Risultati

Nelle **tabelle 1 e 2** sono riportate le statistiche descrittive dell'intero dataset, suddiviso in orizzonti superficiali e profondi, senza esclusione degli *outliers*.

Prendendo come riferimento le concentrazioni soglia di contaminazione del D.Lgs. 152/06 per i siti a verde pubblico, privato e residenziale (colonna A), solo lo stagno presenta mediana e media superiori, mentre altri elementi presentano valori del 95° percentile superiori ai limiti di legge: arsenico, cobalto e vanadio a entrambe le profondità indagate, rame e zinco solo nell'orizzonte di superficie. Nelle tabelle viene anche riportata la percentuale di superamenti delle concentrazioni soglia di

contaminazione del D.Lgs. 152/06 (colonne A e B). Il metallo che più frequentemente supera i limiti di colonna A del D.Lgs. 152/06 è ancora lo stagno per il quale la quasi totalità dei campioni superficiali (96%) e oltre l'80% di quelli profondi è superiore al limite; non si osserva invece alcun superamento per la colonna B (siti ad uso commerciale e industriale). In circa un quarto dei campioni i valori riscontrati per l'arsenico sono superiori alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione per le aree residenziali sia in superficie che in profondità. Seguono alcuni elementi, come rame e zinco, che mostrano molti superamenti in superficie (7-8% dei campioni), meno numerosi in profondità (1-2%). Altri metalli presentano superamenti a entrambe le profondità: sono, nell'ordine, arsenico, vanadio, cobalto e berillio. Prendendo come riferimento la concentrazione soglia di contaminazione prevista per i siti ad uso commerciale e industriale (colonna B), i superamenti sono molto rari: si osservano per mercurio, rame, cromo e piombo (tra 0,1 e 1,2%), ai quali si aggiungono, solo in profondità, antimonio e vanadio.

Nella **tabella 3** vengono riportati i valori di fondo per ogni metallo e metalloide definiti in ognuna delle 20 unità fisiografiche e deposizionali. Per una semplificazione a livello operativo, per ogni metallo e metalloide, si è scelto di fornire un unico valore per ciascuna unità, corrispondente al valore più elevato tra il fondo naturale-antropico e quello pedo-geochimico.

I metalli per i quali non si osserva alcun superamento delle concentrazioni soglia di contaminazione in nessuna unità fisiografica/deposizionale sono antimonio, mercurio e selenio.

Per il rame si ha un unico superamento nell'unità del Piave a causa della diffusione del vigneto. Anche per il cadmio superamenti si verificano solo in area prealpina su calcari duri anche se valori prossimi al limite si osservano sempre nelle Prealpi su suoli sviluppati su calcari marnosi.

Il piombo presenta valori superiori al limite solo in area prealpina, sia su calcari duri che marnosi

e nelle conoidi pedemontane del sistema Leogra-Timonchio (MV1).

Arsenico, berillio, cobalto, cromo, nichel, vanadio e zinco superano la concentrazione soglia di contaminazione prevista per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale in numerose unità, coinvolgendo una superficie significativa del territorio regionale; solo per l'arsenico nell'unità dell'Adige il valore di fondo corrisponde alla concentrazione soglia di contaminazione definito per i siti a uso commerciale e industriale (colonna B).

Discorso a parte merita lo stagno che in tutte le unità fisiografiche e deposizionali del Veneto presenta valori di fondo superiori al limite, con valori massimi pari a oltre 7 volte il limite nel bacino del Brenta. Per quanto riguarda il limite previsto per lo stagno dal D. Lgs. 152/06 per le aree a verde pubblico, privato e residenziale è evidente l'incongruità, rispetto a quella che è la dotazione naturale dei suoli del Veneto.

Le aree con il maggior numero di superamenti sono le Prealpi su basalti in area montana e i depositi fluviali del sistema Agno-Guà in pianura, che ricevono sedimenti proprio dall'alterazione dei basalti; in questi suoli zinco, nichel, cromo, cobalto, arsenico, stagno e vanadio presentano valori di fondo nettamente superiori alle concentrazioni soglia di contaminazione.

In pianura nelle unità del Po, Adige e Brenta sono numerosi i valori di fondo superiori al limite mentre all'estremo opposto troviamo il Tagliamento che non presenta nessun superamento, sebbene non siano disponibili dati per stagno, berillio e vanadio, e il Piave che presenta superamenti solo per il rame, per i motivi sopra ricordati, e per lo stagno. Significativi, in termini di superficie coinvolta e per le caratteristiche tossicologiche dell'elemento, sono i superamenti del limite per l'arsenico nei depositi di Adige, Po e Brenta.

In montagna l'unità che presenta il minor numero di superamenti è l'area alpina dove affiora il basamento cristallino e metamorfico (MA), dove solo lo zinco supera i limiti di colonna A.

Bibliografia

APAT- ISS (2006) - Protocollo Operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d'interesse nazionale. Revisione 0.

ARPA Veneto (2005) - Carta dei suoli del Veneto. Grafiche Vianello, Ponzano (TV), 383 pp.

ARPA Veneto (2008) - Carta dei suoli della provincia di Treviso. L.A.C. (FI), 108 pp.

ARPA Veneto (2009) - Carta dei suoli della provincia di Venezia. Grafiche Erredici, Rubano (PD), 267 pp.

ISO - International Standards Organisation (2005) - Soil quality - Guidance on the determination of background values, n. 19258.

Sartori G., Corradini F., Bini C., Gemignani S., Mancabelli A. (2004) - **Contenuto di metalli pesanti nei suoli del Trentino. Studi Trentini di Scienze Naturali** - Acta Geologica, Vol. 79: 75-117.