

Linee guida per lo studio dei valori di fondo naturale di alcuni metalli e semimetalli nei suoli della Liguria

Luglio 2014

SOMMARIO

1. RIFERIMENTI NORMATIVI	3
2. DEFINIZIONI E LIMITI DI APPLICAZIONE.....	5
3. CARATTERISTICHE DEL CONTENUTO NATURALE DI METALLI E SEMIMETALLI IN LIGURIA	6
4. CRITERI E METODI	8
4.1 PRINCIPI GENERALI.....	8
4.2 SUOLI, COLTRI E DEPOSITI DI VERSANTE	9
4.3 SUOLI, COLTRI E DEPOSITI DELLE PIANE ALLUVIONALI.....	10
4.4 DETERMINAZIONI DI LABORATORIO	12
4.5 VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ	13

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il principio che consente di stabilire limiti normativi superiori ai valori tabellari, in caso di accertati fenomeni naturali o antropici diffusi, è ormai consolidato nella disciplina comunitaria ambientale e trova diverse applicazioni nella normativa nazionale di recepimento. Il D.Lgs. 152/06 (*Norme in materia ambientale*) richiama più volte il concetto che, in determinate condizioni geologiche naturali, talune sostanze possono presentare concentrazioni superiori ai limiti normativi, ossia alle Concentrazioni soglia di contaminazione:

- *“Concentrazioni soglia di contaminazione (CSC): i livelli di contaminazione delle matrici ambientali che costituiscono valori al di sopra dei quali è necessaria la caratterizzazione del sito e l'analisi di rischio sito specifica, come individuati nell'Allegato 5 alla parte quarta del presente decreto. 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”* (Art. 240);
- *“Al fine di conoscere la qualità delle matrici ambientali (valori di fondo) dell'ambiente in cui è inserito il sito potrà essere necessario prelevare campioni da aree adiacenti il sito. Tali campioni verranno utilizzati per determinare i valori di concentrazione delle sostanze inquinanti per ognuna delle componenti ambientali rilevanti per il sito in esame”* (Allegato 2 alla Parte IV);
- *“Nei sedimenti ricadenti in Regioni geochimiche che presentano livelli di fondo naturali, dimostrati scientificamente, dei metalli superiori agli SQA di cui alle tabelle 2/A e 3/B, questi ultimi sono sostituiti dalle concentrazioni del fondo naturale. Le evidenze della presenza di livello di fondo naturali per determinati inquinanti inorganici sono riportate nei piani di gestione e di tutela delle acque”* (Allegato 1 alla Parte III);
- *“Valori superiori possono essere ammissibili solo in caso di fondo naturale più elevato o di modifiche allo stato originario dovute all'inquinamento diffuso, ove accertati o validati dalla Autorità pubblica competente, o in caso di specifici minori obiettivi di qualità per il corpo idrico sotterraneo o per altri corpi idrici recettori, ove stabiliti e indicati dall'Autorità pubblica*

competente, comunque compatibilmente con l'assenza di rischio igienico-sanitario per eventuali altri recettori a valle" (D.lgs. 152/06, Allegato 1 alla Parte IV).

L'argomento assume particolare interesse e rilevanza anche nella nostra regione, dove sono diversi i casi in cui il superamento dei limiti tabellari nei suoli così come nelle acque è riconducibile a cause naturali. La necessità di verificare l'origine naturale delle concentrazioni riscontrate nei suoli può pertanto presentarsi nell'ambito dei procedimenti di bonifica e nella gestione delle terre e rocce da scavo.

Regione Liguria ha chiesto ad ARPAL di realizzare un documento di linee guida per la determinazione dei valori di fondo, finalizzato a fornire specifiche indicazioni ai soggetti interessati a proporre o chiamati ad accertare l'origine naturale di talune concentrazioni di sostanze nei suoli e nelle acque. Il presente documento ne rappresenta l'attuazione per la parte suoli e solo per quanto riguarda i principali metalli e semimetalli¹ di interesse tossicologico (escludendo, quindi, le sostanze di sintesi o comunque chiaramente di origine antropica), ed è stato realizzato da un gruppo di lavoro interdisciplinare dell'ARPAL, avvalendosi della specifica esperienza acquisita nello svolgimento delle attività istituzionali di monitoraggio, studio e ricerca.

Per la stesura del documento si è tenuto conto di quanto realizzato a livello di protocolli operativi e studi da parte dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), da uffici regionali (compresi eventuali provvedimenti normativi) o da altre agenzie regionali per la protezione dell'ambiente, e in modo particolare della ricerca *"Il rischio in Italia da sostanze inorganiche – Fondo naturale incontaminato e contaminato"* (ANPA, 1999), e del *"Protocollo Operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d'interesse nazionale"* (2006) dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici assieme all'Istituto Superiore di Sanità, oltre che della Cartografia geochemica della Regione Liguria.

Al fine di garantire una corretta impostazione di base di ogni indagine e studio finalizzati a valutare l'origine naturale di determinate concentrazioni rilevate nei suoli, si deve preliminarmente evidenziare che il trattamento statistico dei dati dovrà sempre fondarsi su una previa raccolta e accurata selezione dei dati effettuata a priori, avvalendosi di tutti gli elementi geologico-litologico-strutturali, geochimici e mineralogici disponibili (possibilmente con distinzione della mineralogia 'primaria' e di quella derivata dai processi di alterazione e pedologici) relativi al bacino sotteso. I

¹ Il termine *semimetalli* è qui utilizzato al posto di *metalloidi*, secondo lo IUPAC da evitare perché obsoleto

dati litologico-mineralogici e, in particolare, il tipo e le caratteristiche dei minerali che contengono gli elementi che possono determinare il superamento dei valori soglia, sono fondamentali per determinare l'origine naturale dei contaminanti, contribuendo in modo decisivo a discriminare gli apporti naturali da quelli antropici.

2. DEFINIZIONI E LIMITI DI APPLICAZIONE

Il termine "Valore di fondo naturale" è desunto dalla norma ISO 19258/2005 (*Soil Quality – Guidance on the determination of background values*), ripresa dal citato Protocollo Operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/semimetalli nei suoli dei siti d'interesse nazionale, che lo definisce come le "Caratteristiche statistiche del contenuto naturale pedo-geochimico di una sostanza nei suoli". Il contenuto naturale pedo-geochimico (*Pedo-geochemical background content*) è invece definito come la "concentrazione di sostanze nei suoli, risultante da processi naturali geologici e pedologici, senza alcuna interferenza di origine antropica". Il Valore di fondo naturale è pertanto la derivazione, tramite elaborazione statistica, dei valori caratteristici del contenuto naturale pedo-geochimico di una sostanza nel terreno. Come si evince dai riferimenti normativi citati nel Cap. 1, il Valore di fondo naturale costituisce a tutti gli effetti il nuovo riferimento di legge all'interno dell'ambito territoriale in cui sia stato definito. Il procedimento per giungere alla sua determinazione, come indicato dalle citate Linee guida ISPRA, è di conseguenza articolato e complesso, e deve essere supportato da studi, indagini e analisi di elevato impegno tecnico-scientifico ed economico che sono oggettivamente realizzabili solo da soggetti dotati di ingenti capacità organizzative, tecnico-realizzative e finanziarie nell'ambito della realizzazione di opere infrastrutturali rilevanti.

Le presenti Linee guida intendono colmare la lacuna tecnico-normativa relativa, invece, agli interventi di piccola e media entità, in particolare privati, per i quali è da ritenersi che il singolo proponente non sia tenuto alla determinazione di un 'fondo naturale' così come sopra definito, ma piuttosto alla documentazione della 'compatibilità geologica' dei valori rilevati nel sito (di bonifica o comunque di intervento) rispetto alle condizioni geologiche presenti nel contesto territoriale di appartenenza. Il livello di complessità degli studi necessari a tale accertamento è ragionevolmente ridimensionabile rispetto a quanto definito dalle Linee guida ISPRA, anche a motivo del fatto che, in questo caso, l'esito degli studi non comporterebbe la definizione di un nuovo valore normativo a tutti gli effetti di legge, ma sarebbe esclusivamente finalizzato a documentare l'esistenza di una

situazione geologica del territorio all'interno del quale ricade il sito in grado di giustificare la presenza di valori superiori alle CSC di cui alle colonne A e B della Tab. 1 dell'allegato 5 alla Parte quarta del D.Lgs. 152/06.

In questa sede non si tratterà, inoltre, del *Contenuto antropizzato*, né dei conseguenti *Valori di fondo antropizzato* e *Inquinamento diffuso*, ossia delle contaminazioni o alterazioni chimiche, fisiche o biologiche delle matrici ambientali determinate da cause antropiche o da fonti diffuse e non imputabili ad una singola origine. Sebbene le indicazioni che verranno fornite possano poi trovare applicazione, in linea teorica, per un ampio spettro di sostanze potenzialmente contaminanti, compresi i microinquinanti organici, in questa prima fase, come accennato in precedenza, si ritiene opportuno limitarle specificamente ai metalli e semimetalli rinvenibili nelle rocce liguri nelle condizioni naturali. Sempre in linea di principio, inoltre, le indicazioni contenute nel documento potrebbero essere in gran parte applicabili anche all'amianto di origine naturale, che costituisce notoriamente una criticità presente in diverse aree del territorio ligure, in corrispondenza degli affioramenti di Ofioliti (c.d. Pietre Verdi). Tuttavia, le peculiari caratteristiche di rinvenimento e, soprattutto, di veicolazione nell'ambiente e di pericolosità dell'amianto ha suggerito di escluderlo dalla presente trattazione e di riservargli una specifica sede di valutazione.

Si deve, infine, sottolineare che, tenendo conto di quanto indicato al Cap. 4.2 e con le limitazioni di cui al successivo Cap. 4.3, le indicazioni che verranno fornite nel seguito non comportano l'automatica esclusione della possibile origine naturale di metalli e semimetalli non contemplati nel presente documento, non potendosi escludere in termini assoluti l'evenienza che fenomeni geologici a scala locale o sito-specifici possano determinare la presenza di concentrazioni potenzialmente superiori ai limiti normativi anche di altri elementi.

3. CARATTERISTICHE DEL CONTENUTO NATURALE DI METALLI E SEMIMETALLI IN LIGURIA

In Liguria sono presenti complessi litologici caratterizzati dalla presenza di alcuni metalli e semimetalli in concentrazioni elevate. In modo particolare, tra gli elementi di significato tossicologico e di ampia distribuzione ambientale, il cromo, il nichel, il cobalto e il vanadio si rinvenivano comunemente nei complessi ofiolitici o "Pietre Verdi".

I principali litotipi potenzialmente correlati ad elevate concentrazioni degli elementi suddetti sono i seguenti:

- Lherzoliti, Serpentiniti e Oficalciti;
- Metagabbri, Metabasalti e Metabasiti s.l., Anfiboliti ed Eclogiti, Breccie poligeniche.

Si precisa che le Lherzoliti, le Serpentiniti e alcuni tipi di Oficalciti sono in genere caratterizzati da concentrazioni di cromo e nichel sensibilmente superiori agli altri litotipi, e frequentemente superiori alla Colonna B della Tab. 1 (*Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare*) dell'All. 5 alla Parte IV del D.lgs. 152/06, mentre cobalto e vanadio si rinvenivano in modo sostanzialmente omogeneo nei litotipi sopraindicati, con valori intorno ai limiti della Colonna A. In particolare, nelle Serpentiniti e al contatto Serpentiniti-Gabbri, possono essere presenti livelli concentrati di cromite.

Nell'intorno dei litotipi specifici delle sequenze ofiolitiche, possono essere presenti in concentrazioni localmente rilevanti (in taluni casi, addirittura di interesse economico) mineralizzazioni a solfuri e ossidi polimetallici. Questi possono determinare concentrazioni superiori ai valori soglia dei seguenti elementi: rame, zinco, cadmio, arsenico, cobalto e piombo. In queste zone, la presenza di tali elementi si accompagna all'elevata reattività dei solfuri in ambiente superficiale che, attraverso reazioni ossido-riduttive, può indurre concentrazioni anche molto elevate nelle acque sotterranee e superficiali.

Si deve inoltre tener presente che alcuni litotipi a carattere sedimentario (es. arenarie e conglomerati del Bacino Terziario del Piemonte) derivanti dalla detritazione di rocce ofiolitiche possono contenere concentrazioni elevate degli elementi tipici delle sequenze ofiolitiche, e alcuni litotipi di origine magmatica acida (ad es. ortogneiss), sedimentaria o metasedimentaria possono presentare concentrazioni anche localmente elevate di arsenico.

L'ambito territoriale di interesse dovrà essere valutato utilizzando tutti gli elementi conoscitivi disponibili, e in modo particolare la cartografia geologica e geotematica del progetto CARG e la cartografia geochemica della Regione Liguria, oltre agli altri dati eventualmente presenti nella letteratura scientifica specializzata. La presenza, all'interno del bacino idrografico di appartenenza, di complessi litologici caratterizzati da concentrazioni potenzialmente elevate di taluni metalli e semimetalli (anche non esclusivamente afferenti alle Pietre Verdi) dovrà essere accertata in via prioritaria. Peraltro, come anticipato nel Cap. 2 relativo alle definizioni e ai limiti di applicazione delle presenti linee-guida, la mancata segnalazione nella cartografia geologica di riferimento di determinati litotipi nell'areale di interesse non pregiudicherà in generale la possibilità di indagare l'eventuale origine naturale dei metalli/semimetalli di interesse. In questi casi, tuttavia,

come verrà meglio specificato nel seguito, lo studio dovrà essere supportato da specifiche documentate evidenze geologiche locali, e il numero dei campionamenti dovrà essere opportunamente incrementato.

4. CRITERI E METODI

4.1 Principi generali

Il citato documento APAT-ISS *“Protocollo Operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d’interesse nazionale”* stabilisce alcuni fondamentali principi che, per la loro valenza generale, si ritengono da applicare anche ai presenti fini, e che si riportano di seguito:

“I dati necessari alla determinazione del fondo, finalizzato al confronto con dati specifici di un sito potenzialmente contaminato, dovranno provenire da aree che presentino le seguenti caratteristiche:

- 1. Siano geologicamente e geomorfologicamente confrontabili con l’area oggetto di indagine;*
- 2. La distribuzione delle concentrazioni dei metalli/metalloidi non sia riconducibile ad alcuna sorgente puntuale e/o specifica attiva nel presente o nel passato.*

Il primo criterio di selezione delle aree d’indagine prevede la compatibilità geologica e geomorfologica, per ottemperare all’esigenza di individuare un’area che presenti le medesime caratteristiche dell’area inquinata in termini di composizione chimica “naturale”. Le condizioni richieste dal secondo punto portano all’individuazione di aree di campionamento in cui la destinazione d’uso sia tale da escludere, in prima analisi, la presenza di sorgenti puntuali di contaminazione”.

Nel territorio ligure, spiccatamente caratterizzato da una prevalenza di aree collinari e montuose e da limitate piane costiere e alluvionali di fondovalle, nelle quali tuttavia si concentrano la maggior parte degli insediamenti e delle attività produttive, assume particolare rilevanza il grado di trasporto subito dai sedimenti. Questo è da ritenersi in linea generale limitato o nullo nelle zone di versante, dove è connesso ai soli processi gravitativi, che, salvo il caso di grandi frane, non

comportano trasporti in massa rilevanti. In questi casi, il chimismo del suolo² è strettamente collegato alla natura del substrato locale. Al contrario, nelle piane alluvionali e in generale lungo le aste fluviali, il trasporto subito dai sedimenti è notevole, e la composizione chimica dei terreni risulta legata alla geologia del bacino imbrifero sotteso.

4.2 Suoli, coltri e depositi di versante

Per quanto detto nelle generalità di cui al precedente cap. 4.1, l'ubicazione dei punti di campionamento dovrà essere effettuata considerando l'esigenza di individuare zone confrontabili dal punto di vista geologico e geomorfologico con l'area oggetto di indagine e, al contempo, non interessate dalla stessa, da analoghe o da altre fonti di potenziale contaminazione che possono avere determinato o contribuito a determinare le concentrazioni rilevate nel sito.

La numerosità campionaria dovrà essere valutata e commisurata in primo luogo alla presenza ed estensione degli affioramenti di litotipi potenzialmente interessati da concentrazioni superiori ai valori soglia di legge all'interno del bacino idrografico di appartenenza, all'estensione dell'area oggetto di intervento e/o ai volumi interessati nel caso di terre e rocce da scavo, oltre al grado di complessità geologica, e comunque non inferiore a 5 campioni. Là dove non siano segnalati, all'interno del bacino idrografico di pertinenza e alla scala di rilevamento della cartografia di riferimento, i litotipi citati in precedenza in grado di giustificare elevate concentrazioni dei metalli/semimetalli di interesse, il numero dei campioni da prelevare dovrà essere non inferiore a 10. In questi casi, le condizioni geologiche locali e i processi geochimici connessi, supposti all'origine dei superamenti rilevati, dovranno essere oggetto di specifici approfondimenti. Tra questi, dovrà essere prodotta una 'carta degli affioramenti', con la rappresentazione a scala adeguata degli affioramenti delle litologie che avrebbero determinato i superamenti delle CSC di cui alle colonne A e B della Tab. 1 dell'allegato 5 alla Parte quarta del D.Lgs. 152/06.

Le operazioni di campionamento dovranno comprendere la georeferenziazione del punto di prelievo e l'annotazione delle coordinate geografiche su apposite schede di rilevamento (ad es. utilizzando i modelli ARPAL "Lista di controllo per la descrizione delle terre da UNI EN ISO 14688-1, e "Lista di controllo per la descrizione delle rocce da UNI EN ISO 14689-1", di cui all'Istruzione

² Qui inteso in senso ampio come insieme degli orizzonti pedologici e degli eventuali sottostanti materiali sciolti di copertura (coltri eluvio-colluviali e detritico-colluviali)

Operativa “*Caratterizzazione geologico-tecnica di terre e rocce*”), nonché un’adeguata documentazione fotografica.

Il campionamento deve interessare il suolo al di sotto dello strato superficiale, che va eliminato (circa 10-20 cm), raggiungendo, ove possibile, la profondità minima indicativa di 50 cm. La strumentazione da utilizzare sarà costituita da trivella manuale e/o vanga, ma potrebbe rendersi necessario l’impiego di campionatori meccanici ad infissione o rotazione. La profondità ed il tipo di terreno da campionare devono corrispondere, per quanto possibile, a quelli dei campioni raccolti nel sito. Poiché nel territorio ligure, prevalgono suoli immaturi in genere scarsamente differenziati (i.e. litosuoli), si ritiene in linea generale adeguata alle presenti finalità la realizzazione di un campione medio di suolo, salvo il caso in cui non siano presenti orizzonti ben definiti e distinguibili.

I campioni di terreno così raccolti che saranno sottoposti alle determinazioni analitiche dovranno comprendere anche alcuni campioni del materiale parentale di provenienza, ossia le rocce del substrato roccioso di origine, prelevati negli affioramenti più prossimi. Lo stretto legame esistente tra rocce del substrato e coltri di alterazione e copertura, caratteristico, come detto, dei processi pedogenetici che si sviluppano nel territorio ligure, suggerisce di tenere in considerazione le concentrazioni che si rilevano nella roccia di provenienza. Salvo limitati ed eccezionali casi in cui fenomeni di contaminazione antropica possono giungere ad interessare le porzioni più alterate del substrato roccioso, quest’ultimo è in generale da considerarsi esente da contaminazione e rappresentativo delle condizioni naturali, e di conseguenza in grado di fornire il riferimento primario delle concentrazioni dei metalli e semimetalli nelle matrici ambientali dalle quali, per alterazione e detrizione, originano i terreni oggetto di indagine.

4.3 Suoli, coltri e depositi delle piane alluvionali

Come accennato in precedenza, questo ambito rappresenta nel territorio regionale il caso più frequente e rilevante. È infatti nelle limitate zone pianeggianti delle piane alluvionali fluvio-torrentizie terminali e costiere che si concentrano gli insediamenti urbani e produttivi e che, di conseguenza, si realizzano la maggior parte degli interventi di bonifica e delle trasformazioni urbanistico-territoriali che possono comportare l’esigenza di documentare l’origine naturale delle concentrazioni di determinati elementi metallici o semimetallici.

Nel caso dei sedimenti fluvio-torrentizi di piana alluvionale, si ritiene che, a differenza che in tutti gli altri casi e quale caso particolare rispetto al criterio generale definito nel cap. 2, le indicazioni della Carta Geochimica regionale assumano un valore dirimente. In particolare, per bacini di estensione orientativamente superiore a 40 km², si ritiene che il numero dei punti di campionamento e delle analisi effettuate per la realizzazione della Carta Geochimica risulti più che sufficiente per poter escludere la presenza di elementi metallici e semimetallici non indicati nella stessa cartografia. In tali casi, pertanto, la segnalazione di un dato elemento nella Carta Geochimica è considerato un prerequisito indispensabile, in assenza del quale la dimostrazione della sua origine naturale non si ritiene sostenibile secondo i criteri delle presenti linee guida.

Anche in queste zone, valgono naturalmente gli stessi principi generali espressi al cap. 4.1, anche se la ricerca di aree di campionamento in cui la concentrazione di metalli/semimetalli “*non sia riconducibile ad alcuna sorgente puntuale e/o specifica attiva nel presente o nel passato*” potrebbe presentare particolari difficoltà in ragione della densità dell’urbanizzazione e della presenza di molteplici potenziali sorgenti di contaminazione antropica che caratterizzano queste zone. In ogni caso, all’interno del bacino idrografico sotteso al sito di bonifica e/o intervento, le zone di campionamento dovranno essere individuate a monte del sito, in relazione alla principale direzione del trasporto fluvio-torrentizio, e di eventuali altre sorgenti di potenziale contaminazione.

Sempre tenendo conto che la profondità e il tipo di terreno da campionare devono corrispondere, per quanto possibile, a quelli dei campioni raccolti nel sito, si dovrà in ogni caso raggiungere la profondità necessaria al superamento dei terreni rimaneggiati e/o di riporto tipici delle aree urbanizzate. Nel caso di aree non fortemente urbanizzate e antropizzate, la strumentazione da utilizzare potrà essere costituita da trivella manuale e/o vanga, mentre l’impiego di campionatori meccanici ad infissione o rotazione è da prevedersi in tutti gli altri casi.

La numerosità campionaria dovrà essere valutata e commisurata in primo luogo alla presenza ed estensione degli affioramenti di litotipi potenzialmente interessati da concentrazioni superiori ai valori soglia di legge all’interno del bacino idrografico di appartenenza, all’estensione dell’area oggetto di intervento e/o ai volumi interessati nel caso di terre e rocce da scavo, oltre al grado di complessità geologica, e comunque non inferiore a 5 campioni.

Là dove non siano segnalati, all’interno del bacino idrografico di pertinenza e alla scala di rilevamento della cartografia di riferimento, i litotipi citati in precedenza in grado di giustificare

elevate concentrazioni dei metalli/semimetalli di interesse, il numero dei campioni da prelevare dovrà essere non inferiore a 10. In questi casi, le condizioni geologiche locali e i processi geochimici connessi, supposti all'origine dei superamenti rilevati, dovranno essere oggetto di specifici approfondimenti. In ogni caso, dovrà essere prodotta una 'carta degli affioramenti', con la rappresentazione a scala adeguata degli affioramenti delle litologie che avrebbero determinato i superamenti delle CSC di cui alle colonne A e B della Tab. 1 dell'allegato 5 alla Parte quarta del D.Lgs. 152/06.

Poiché i fenomeni di trasporto connessi alla sedimentazione fluviale non consentono di effettuare dirette correlazioni con la natura del substrato prossimale, come nel caso prima descritto relativo ai suoli (coltri e depositi) di versante, potrebbe rendersi necessario uno specifico approfondimento con l'applicazione di tecniche di analisi mineralogica.

4.4 Determinazioni di laboratorio

Le determinazioni di laboratorio dovranno garantire la concentrazione 'totale' o 'assoluta' dei metalli indagati. Nel caso di rocce, pertanto, la preparazione del campione dovrà ottenersi previa porfirizzazione (macinazione) totale del campione. Nel caso di materiali sciolti (suoli, coltri detritico-colluviali, alluvioni ecc.), di norma il campione dovrà essere preparato mediante setacciatura, e la determinazione dovrà essere effettuata sul passante al setaccio con diametro pari a 2 mm, senza riportare il risultato al peso totale comprensivo dello scheletro campionato. In taluni casi, potrebbe rendersi necessaria l'esecuzione delle analisi su frazioni granulometriche distinte, conformemente a quanto prescritto all'allegato XI del D.M. 13 settembre 1999 (*"Metodi ufficiali di analisi chimica sul suolo"*).

Le analisi dovranno essere integrate dalla determinazione della tessitura (granulometria), ed eventualmente del pH, del potenziale redox, del carbonio organico, della capacità di scambio cationico e del contenuto di carbonati. Oltre agli elementi specificamente oggetto di indagine, dovranno essere sempre analizzati i cosiddetti 'elementi maggiori' (silicio, alluminio, ferro, calcio, sodio, potassio e magnesio).

Là dove la sola concentrazione degli elementi indagati non sia decisiva per dimostrarne l'origine naturale, potrebbero rendersi necessari approfondimenti di indagine. In tal caso, le determinazioni dovranno comprendere anche analisi mineralogiche del tipo indicato nel D.M. 21

marzo 2005 (“Metodi ufficiali di analisi mineralogica del suolo”). In particolare, le analisi mineralogiche saranno finalizzate all'identificazione dei minerali contenenti gli elementi indagati, e alla valutazione dell'effettiva stabilità delle relative specie mineralogiche.

4.5 Valutazione di compatibilità

In tutti i casi sopra descritti, la valutazione conclusiva consisterà nel confronto ragionato tra i dati rilevati nel sito di bonifica o intervento e quelli rilevati nelle zone esterne³ al sito all'interno del bacino idrografico di appartenenza, individuate sulla base dei criteri precedentemente indicati, tenuto conto di quanto riportato nella Carta geochimica.

Nei casi in cui i valori eccedenti i limiti normativi riscontrati nel sito risultassero ricompresi nel *range* dei valori naturali rilevati nelle aree di indagine all'interno del contesto territoriale di riferimento, si potrà ritenere dimostrata la ‘compatibilità geologica’ degli stessi in relazione alle condizioni geologiche naturali. Per *range* di valori, si intende l'intervallo tra il valore minimo e quello massimo delle concentrazioni rilevate nelle aree di indagine esterne al sito, eventualmente ampliato con un intervallo di tolleranza ad assegnato grado di confidenza, calcolato con opportuni metodi statistici⁴. Il giudizio sarà relativo ai soli dati rilevati nel sito e valido solo nell'ambito dello specifico singolo procedimento, e consentirà di poter definire i suoli caratterizzati da tali valori di concentrazione di metalli e semimetalli come ‘non contaminati’, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, ed idonei ad eventuali ipotesi di riutilizzo, fermi restando tutti gli altri requisiti richiesti dalle vigenti normative.

Dott. Geol. Gianluca Beccaris

Dott. Geol. Emanuele Scotti

³ Si evidenzia che requisito indispensabile relativo alle aree di campionamento è che esse siano confrontabili dal punto di vista geologico e geomorfologico con l'area oggetto di indagine e, al contempo, non siano interessate dalla stessa, da analoghe o da altre fonti di potenziale contaminazione che possono avere determinato, o contribuito a determinare, le concentrazioni rilevate nel sito. In questo senso, i limiti amministrativi e i confini di proprietà rivestono un significato secondario, e potrebbe verificarsi il caso in cui all'interno del sito o della proprietà siano presenti aree non contaminate rispondenti ai requisiti sopra riportati. In questi casi, anche i dati relativi a queste aree potranno essere presi in considerazione.

⁴ In tali casi, si dovrà tenere conto della media $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$ e della deviazione standard $\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$ della serie di misure.



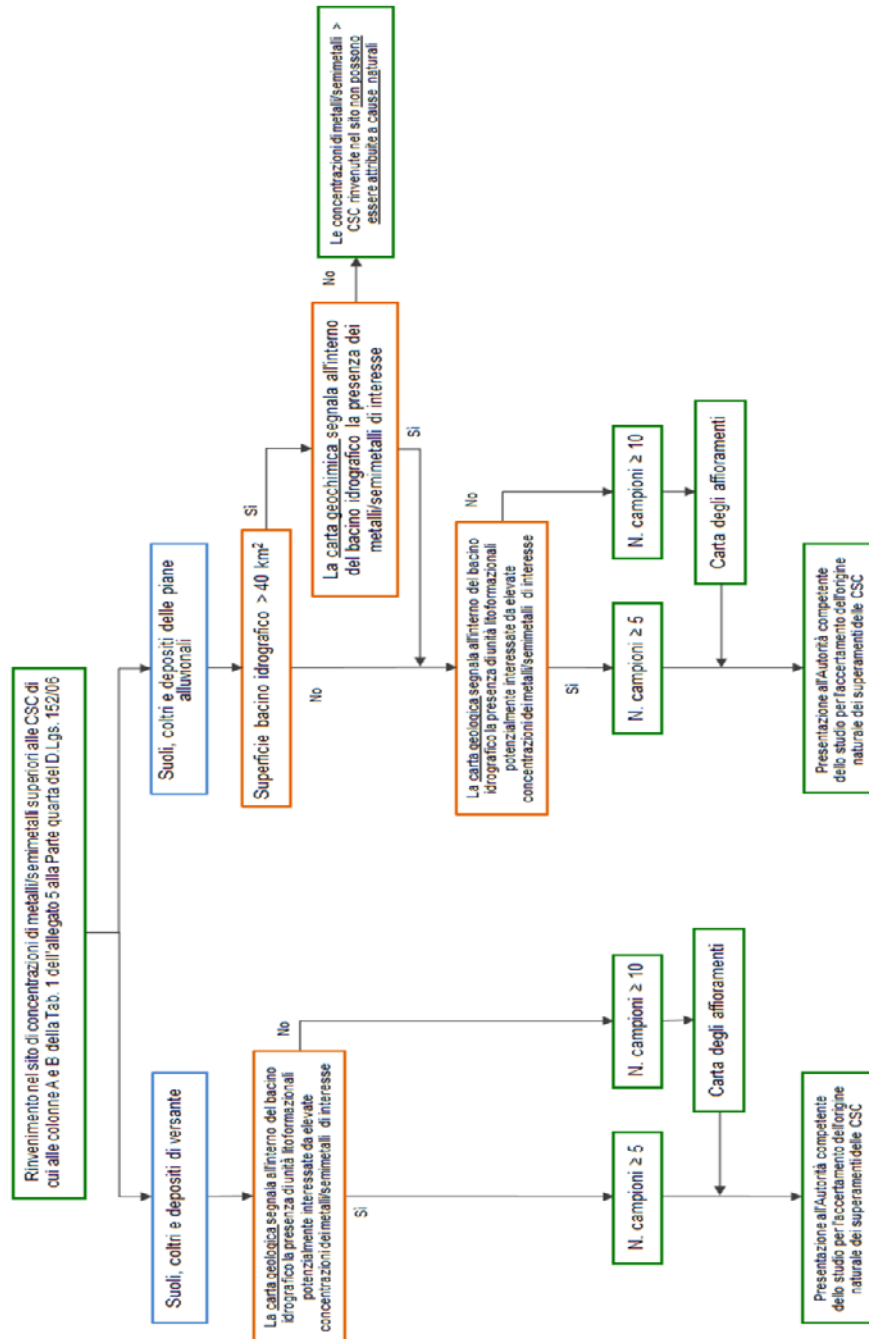
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure

Direzione Scientifica
Via Bombrini, 8 - 16149 Genova
Tel. +39 010 3467 223 - fax. +39 010 6437 204
segreteria.ds@arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107



ANNESSO

Flussogramma della procedura



BIBLIOGRAFIA

- ACCORNERO M., MARINI L., OTTONELLO G. & VETUSCHI ZUCCOLINI M. (2005). *The fate of major constituents of chromium and other trace elements when acid waters from the derelict Libiola Mine are mixed with stream waters*. APPLIED GEOCHEMISTRY, vol. 20, p. 1368-1390
- BONARIA V., CIPOLLI F. (2003). *The Genoa sheet of the geochemical maps of Italy: Explanatory notes* (in Geochemical baselines of Italy)
- FANTONI D., CANEPA M., CIPOLLI F., MARINI L., OTTONELLO G., VETUSCHI ZUCCOLINI M. (2002). *Natural hexavalent chromium in groundwaters interacting with ophiolitic rocks*. Environmental Geology, n. 42, pp. 871-882
- FRAU F., MARESCOTTI P. (2011). *Mineralogical and geochemical techniques to investigate the relationships between minerals and contaminants in supergenic environments: an update review*. NEUES JAHRBUCH FUR MINERALOGIE-ABHANDLUNGEN, vol. 188 (1), p. 1-9
- ISPRA (2009) - Settore Siti Contaminati - Servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali. *Protocollo per la Definizione dei Valori di Fondo per le sostanze inorganiche nelle acque sotterranee*"
- MARESCOTTI P., AZZALI E., SERVIDA D., CARBONE C., GRIECO G., DE CAPITANI L., LUCCHETTI G. (2010). *Mineralogical and geochemical spatial analyses of a waste-rock dump at the Libiola Fe-Cu sulphide mine* (Eastern Liguria, Italy). ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES. vol. 61, p. 187-199
- MARESCOTTI P., CARBONE C., COMODI P., FRONDINI F., LUCCHETTI G. (2012). *Mineralogical and chemical evolution of ochreous precipitates from the Libiola Fe-Cu-sulfide mine* (Eastern Liguria, Italy). APPLIED GEOCHEMISTRY, vol. 27, p. 577-589
- MARESCOTTI P., CARBONE C., DE CAPITANI L., GRIECO G., LUCCHETTI G., SERVIDA D. (2008). *Mineralogical and geochemical characterisation of open air tailing and waste-rock dumps from the Libiola Fe-Cu sulphide mine* (Eastern Liguria, Italy). ENVIRONMENTAL GEOLOGY, vol. 53, p. 1613-1626.
- MARESCOTTI P., OLIVARI E., VECCHIO A., PIRANI G. (2011). *Mineralogical and chemical investigations for the evaluation of arsenic background values in natural and anthropogenic soils: A case Study from the Colleferro industrial site* (Valle del Sacco, Italy). In: 11th ICOBTE - International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements. Firenze, Italy, July 3-7, 2011, p. 1-2



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure

MARINI L., OTTONELLO G. (2002). *Atlante degli acquiferi della Liguria*. Università degli studi di Genova - Dipartimento per lo Studio del Territorio, Cattedre di geochimica e geochimica applicata

OZE C., BIRD DENNIS K., and FENDORF S. (2006). *Genesis of hexavalent chromium from natural sources in soil and groundwater*

World Health Organization Guidelines for Drinking-water Quality (2003). *Chromium in Drinking-water*

Direzione Scientifica
Via Bombrini, 8 - 16149 Genova
Tel. +39 010 3467 223 - fax. +39 010 6437 204
segreteria.ds@arpal.gov.it - www.arpal.gov.it
C.F. e P.IVA 01305930107

