

a cura di Nazaria Marchi, Giacomo Zaccanti, Cecilia Cavazzuti

1. Valori di fondo di metalli e metalloidi nei suoli agricoli della pianura emiliano-romagnola

1.1 Premessa e obiettivi del lavoro

La necessità di conoscere un "contenuto di fondo" prima di sancire lo stato di effettiva contaminazione di un sito è contenuta nelle normative ambientali di diversi paesi europei compresa quella italiana, in particolare il D.Lgs 152/06 all'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".

Il valore di fondo è un concetto imprescindibile per determinare uno stato di contaminazione del suolo, in particolar modo quando si parla di metalli e metalloidi i quali, essendo contenuti naturalmente nei materiali di partenza, sono sempre presenti, talora anche con concentrazioni significative.

La difficoltà è quella di differenziare la componente naturale da quella antropica e, a cascata, quella antropica diffusa da quella puntuale: senza questi passaggi il grado di approssimazione nel definire un sito contaminato potrebbe risultare elevato.

Va segnalato inoltre che non è sufficiente, per calcolare il rischio complessivo, conoscere il contenuto di metalli e metalloidi nel suolo, ma anche quanta parte di questo è mobile verso il biota e le acque sotterranee.

Il Servizio Geologico e Sismico della Regione (affiliato al Servizio Geologico Nazionale in seno ad ISPRA, e a quello Europeo) ha storicamente il compito di produrre strumenti cartografici a supporto della pianificazione territoriale.

Dal 2016 con la DGR 622/2016 sono state ufficializzate anche le attività di studio sui contenuti di fondo naturale e naturale antropico di alcune sostanze nei suoli e la realizzazione delle cartografie relative.

Su queste premesse il Servizio Geologico Sismico e dei suoli ha strutturato il quadro conoscitivo regionale relativamente ai microinquinanti inorganici in tre fasi:

1. identificazione e mappatura del contenuto di **fondo naturale** legato alle caratteristiche genetiche dei suoli non influenzate da cause antropiche;
2. identificazione e mappatura contenuto di **fondo naturale-antropico** che somma il contenuto naturale alle fonti di contaminazione diffusa;
3. identificazione del **contenuto bioaccessibile**.

I finanziamenti hanno permesso la ricognizione solo di alcuni metalli, scelti sulla base inizialmente della normativa dei fanghi (D.lgs 92/99) poi integrate con altre richieste.

Ad oggi le prime due fasi conoscitive sono state completate rispettivamente per sei metalli (Carte del Fondo Naturale di Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, V) e otto metalli (Carte del Fondo naturale-antropico di As, Cr, Cu, Ni, Pb, Sn, Z, V) mentre per la terza è ancora in atto l'acquisizione dei dati.

1.2 Contesto ambientale

Lo studio è stato condotto sulla sola porzione di pianura ritenuta, dalla Regione Emilia-Romagna, quella più urgente per l'elevata pressione antropica. Dal 2017 si intraprenderanno gli studi per elaborare la cartografia della parte collinare e montana.

La cartografia dei metalli e metalloidi è stata redatta a partire dalla carta dei suoli a scala 1:50.000 semplificata sulla base delle caratteristiche geochemiche dei suoli e, per quanto riguarda il Contenuto di Fondo Naturale, è giunta alla seconda edizione.

1.3 Modello concettuale e trasposizione nel data base

Per la determinazione dei valori di fondo dei metalli è stato utilizzato l'approccio concettuale proposto dalla norma ISO 19258:2005 (Soil Quality – Guidance on the determination of background values) che rappresenta il riferimento a livello internazionale relativamente ai valori di fondo nei suoli.

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 da suoli con uguale provenienza del materiale parentale, tessitura e grado evolutivo.

Ciò è stato possibile sovrapponendo la carta dei suoli e quella dei bacini idrografici che ha permesso di raggruppare i suoli dei siti di campionamento in Unità Genetico Funzionali ovvero gruppi di suoli con affinità geochemiche, consolidate in seguito attraverso i dati analitici relativi ai metalli.

Per evitare aree con impatti antropici pregressi sono stati utilizzati molti strati informativi: foto aeree e carte dell'uso del suolo dal 1954 ad oggi. Per ricostruire gli antichi andamenti delle aste fluviali è stata utilizzata la carta geologica di superficie ed è stato eseguito uno studio di dettaglio sulla frequenza delle formazioni contenenti ofioliti in tutti i bacini dei fiumi appenninici.

La densità di campionamento è di 1 sito ogni 14 kmq circa per un totale di 776 siti validi e 1552 campioni analizzati.

Le profondità di campionamento sono due: tra 90 e 120 cm (60-80 nei suoli con scheletro) per i campioni relativi al contenuto naturale, 20-30 cm. per i campioni relativi al contenuto naturale-antropico.

Sono state utilizzate due tipi di determinazioni analitiche: il metodo XRF (X Ray Fluorescence) per le elaborazioni relative al contenuto di fondo naturale e il metodo UNI EN 13346:2002 + EPA 6020 per le elaborazioni relative al contenuto di fondo naturale-antropico.

Si è ritenuto infatti che il metodo XRF determinando il contenuto totale dei metalli permetta una analisi geochemica più accurata in grado di meglio selezionare i suoli con affinità geochemica, mentre il metodo in acqua regia pur determinando il contenuto pseudototale permette di confrontare i valori del contenuto naturale antropico con la maggior parte dei dati ambientali finora prodotti a scala regionale e nazionale.

Ogni sito di campionamento utilizzato per la cartografia è stato descritto come una osservazione pedologica secondo il manuale di rilevamento della Regione Emilia-Romagna, quindi tutte le osservazioni sono state ricondotte ad una Unità Tipologica di Suolo contenuta dell'Archivio delle UTS della regione e tutti i dati sono stati archiviati nella banca dati dei suoli regionale, compresi naturalmente quelli geochemici.

1.3.1 Trattazione statistica

Le determinazioni dei valori di fondo naturale e naturale antropico sono state fatte sulle singole Unità Genetico Funzionali, ovvero sui gruppi di suoli ad affinità geochemica.

Per ciascuna popolazione di dati e per ogni metallo, mantenendo distinti i valori degli orizzonti superficiali da quelli profondi, sono stati identificati utilizzando il programma ProUCL: media, mediana, minimo, massimo, percentili (5°, 25°, 75°, 90° e 95°), deviazione standard, errore standard, coefficienti di asimmetria (skewness) e di curtosi (kurtosis), media geometrica.

La statistica descrittiva sopra enunciata è stata elaborata previa eliminazione degli outlier attraverso il metodo dei box-plot. Per ciascun gruppo di dati è stato verificato se la distribuzione era normale o gaussiana con i test di Kolmogorov-Smirnov, Shapiro Wilk e di Lilliefords ma in caso negativo non è stata fatta in questa seconda edizione la trasformazione con Box-Cox: su tredici UGF solamente tre non hanno una distribuzione normale o log normale e sono state segnalate nel fornire il valore del 95° percentile assunto come valore di fondo.

1.3.2 Elaborazione cartografica

L'elaborazione cartografica è diversa tra le due cartografie.

Le **Carte del Fondo Naturale** sono state elaborate utilizzando come base la carta pedologica: a ciascun poligono è stata attribuita l'Unità Genetico Funzionale di appartenenza sulla base dei suoli più frequenti e quindi il valore di fondo naturale dell'UGF stessa corrispondente al 95° percentile. Per la rappresentazione cartografica sono state scelte classi di concentrazione dei valori di fondo naturale basate sui valori limite per le aree verdi ad uso residenziale e ricreativo.

Le **Carte del Fondo Naturale Antropico** sono state elaborate secondo il metodo della geostatistica simulativa utilizzando come proxy l'uso del suolo sintetizzato per distretto e rappresentate attraverso Elementi Quadrati Finiti di 1km di lato; se in un elemento è presente un dato misurato, i valori descritti coincidono con questo.

Ogni EQF è attribuito ad una classe di concentrazione sulla base del valore del 95° percentile del proprio centroide e le classi sono basate sui limiti di legge per le aree verdi ad uso residenziale e creativo;

La scelta di rappresentare i due valori in modo diverso è legata al modello concettuale di partenza: il contenuto di fondo naturale rappresenta le caratteristiche genetiche dei suoli e la sua distribuzione areale sarà influenzata dalla distribuzione dei suoli nel paesaggio efficacemente rappresentata dalla carta pedologica di base, mentre il contenuto di fondo naturale antropico in quanto influenzato dalle attività agricole deve essere elaborato tramite la geostatistica che permette di sovrapporre il dato dell'uso del suolo in modo più corretto.

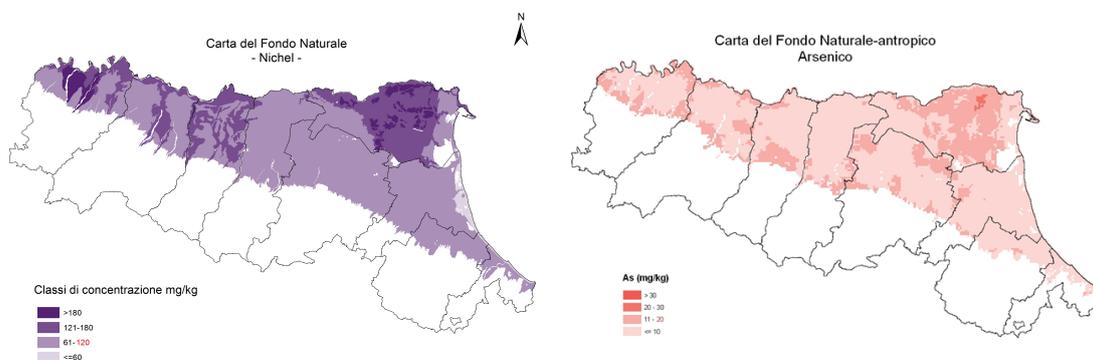
La consultazione delle carte si svolge allo stesso modo ovvero interrogando il poligono/EQF sul web vengono forniti i valori del 50°, 90°, 95° percentile per il metallo di interesse espressi in mg/kg, affinché l'utente possa utilizzare il valore di fondo (95° percentile) ma avere informazioni supplementari; le carte sono tutte consultabili con le note illustrative nei seguenti siti:

http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartpedo/carte_tematiche.jsp?tem=1#tem1;

https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=pedologia&bookmark=1%22

e scaricabili dal geocatalogo regionale alla voce suoli dove in due distinte cartelle si trovano le carte del Contenuto di Fondo Naturale e quello di Fondo Naturale-Antropico. Si riportano di seguito 2 esempi di elaborazioni cartografiche per il Nichel come fondo naturale e per l'Arsenico come fondo naturale antropico.

Figura 1. Carta del Fondo Naturale del Nichel. Edizione 2016 e carta del Fondo Naturale-antropico dell'Arsenico



1.4 Risultati e gestione dei risultati

Valore di fondo naturale

La distribuzione areale delle concentrazioni naturali nei suoli vede la presenza di "anomalie geochemiche" intese come aree naturalmente arricchite solo per **Cromo, Nichel e Vanadio**.

I primi due sono legati alla provenienza del parent material: nel caso in cui nel bacino di provenienza siano presenti complessi ofiolitici **Cromo** e **Nichel** si arricchiscono nei suoli perchè derivano dai minerali in essi contenuti (cromite e clorite cromifera-kaemmerite).

Questo fa sì che la porzione occidentale della pianura da Modena in poi sia arricchita di questi metalli, così come l'area dell'antico delta del Po e della piana a meandri attuale.

Il **Vanadio** è legato alla tessitura, alla provenienza e al contenuto di sostanza organica si arricchisce in tutti i suoli fini della pianura in particolar modo quelli di provenienza "ofiolitica" e quelli con abbondante contenuto di sostanza organica: tra i suoli grossolani risultano più arricchiti di nuovo quelli di provenienza "ofiolitica".

Piombo e **Rame** hanno una distribuzione omogenea sull'intera pianura mentre lo **Zinco** si differenzia solo nella fascia costiera e nelle aree di area interdistributrice dell'antico delta del Po.

Valore di fondo naturale antropico

La distribuzione areale delle concentrazioni negli orizzonti superficiali oltre a riflettere il contenuto naturale rende conto della contaminazione diffusa, la quale si ritiene prevalentemente influenzata dalle pratiche agricole e dalle ricadute atmosferiche.

L'**Arsenico** non ha una corrispondente Carta del Fondo Naturale perchè i dati determinati con XRF per le concentrazioni dei suoli emiliano-romagnoli non sono attendibili a causa delle basse concentrazioni e, sempre a causa dei limiti strumentali, nemmeno valide per la normativa (Allegato 2 al Titolo V D.lgs 152/2006). Le zone con le maggiori concentrazioni legate sia a motivi genetici che gestionali sono: l'antico delta del Po dove i suoli sono torbosi e molto fini, inoltre è la zona storica delle risaie regionali; il margine appenninico dove i suoli hanno un pH piuttosto basso e c'è una diffusa viticoltura nella quale gli arseniati in passato potrebbero essere stati utilizzati, e parte della piana a meandri, dove si associano suoli in condizioni spesso riducenti a colture che comportano l'uso degli arseniati come conservanti del legno (pioppeti).

Nel caso del **Cromo** e del **Nichel**, tenendo conto dei diversi metodi analitici (XRF vs UNI EN 13346, soprattutto per il cromo) l'andamento dei valori segnala le aree sottese dai bacini idrografici a maggior contenuto ofiolitico.

Nel caso del **Piombo** i valori superficiali sono localmente leggermente più alti ma la classe di concentrazione è uniforme e sempre quella più bassa come nella Carta del Fondo Naturale.

Il **Rame** è il caso in cui il Fondo Naturale-antropico più si discosta rispetto al contenuto naturale: a fronte infatti di un basso e omogeneo contenuto naturale si segnalano forti arricchimenti in particolare nelle province di Reggio e Modena, ma anche nella piana a meandri del piacentino e tra le province di Bologna e Ravenna. Ciò è dovuto all'uso massiccio di reflui zootecnici e di fitosanitari contenenti rame.

Lo **Stagno** risulta superiore al vecchio limite di legge di 1mg/kg in tutta la regione con particolari arricchimenti nelle aree interessate alle colture delle barbabietole da zucchero e dagli zuccherifici fino al 2000: la causa sta nell'utilizzo degli organostannici come fitofarmaci e allo spandimento dei fanghi di decantazione delle barbabietole utilizzati come ammendanti.

Lo **Zinco** presenta anche in superficie l'area a basso contenuto corrispondente alla fascia costiera ma risultano concentrazioni elevate nella provincia di Reggio Emilia, sempre probabilmente dovute all'uso di reflui zootecnici.

Il **Vanadio** in superficie ha una distribuzione areale delle concentrazioni che risente, così come per il cromo dei diversi metodi analitici quindi non riflette appieno la tessitura e la provenienza in tutte le aree. Ciò che sembra però influire è il contenuto di sostanza organica dell'orizzonte superficiale.

1.5 Sperimentazione per l'utilizzo della Cartografia come supporto alla pianificazione territoriale

Nell'utilizzo degli elaborati cartografici è necessario tener conto che:

1) I valori di fondo determinati sono riferiti alla sola frazione fine inferiore ai 2 mm, senza considerare lo scheletro, a differenza di quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 che prevede di esprimere le concentrazioni riferendole alla totalità dei materiali secchi comprensiva anche della frazione inferiore a 2 cm dello scheletro. Questo non determina alcuna differenza dove lo scheletro è assente, come le aree di bassa pianura, mentre in alta pianura potrebbero ridursi, tenendo in considerazione una parte dello scheletro.

2) Il valore di fondo naturale e di fondo naturale-antropico sono determinati con due metodi analitici diversi: nella consultazione delle cartografie è però segnalato lo scarto tra i valori ad essi relativi mettendo in condizioni l'utente di fare le opportune valutazioni.

3) Come illustrato precedentemente lo standard ISO 19258: 2005 attribuisce il valore di fondo naturale agli orizzonti profondi del suolo mentre quello naturale-antropico a quelli superficiali e la Regione Emilia-Romagna ha prodotto di conseguenza due cartografie.

Nell'Allegato I al titolo V (Criteri generali per l'analisi di rischio sanitario ambientale sito specifica) si fa riferimento al valore di fondo naturale, mentre nell'Allegato II nella parte relativa al campionamento terreni si auspica la caratterizzazione di ogni strato omogeneo dal punto di vista litologico ma sono richiesti "minimo" tre campioni di cui il primo ad una profondità compresa tra 0 e 1m di profondità.

In termini di suoli il valore numerico che uscirà dalla determinazione analitica di questo campione sarà rappresentativo sia del valore di fondo naturale che di quello naturale-antropico in modo mediato, in alcune aree dove il suolo è particolarmente "sottile" (Enti suoli) questo valore sarà addirittura rappresentativo anche dei contenuti in metalli del sedimento, in alcuni casi le differenze sono rilevanti. Non viene considerata questa una criticità delle cartografie prodotte ma una criticità della norma che avvalga come valore di fondo naturale quello associato ad un campione in cui entrambe le componenti (naturale e antropica) sono presenti.

Sarebbe auspicabile stabilire criteri di indagine univoci per la determinazione del valore di fondo naturale dei metalli nei suoli a scala locale sulla base delle cartografie regionali, così come è stato fatto per il Veneto con DGRV 464 del 2/3/2010, allo scopo di poter distinguere tra situazioni di effettivo inquinamento causate da apporti esterni al suolo (processo esogeno) e situazioni di elevata concentrazione naturale degli elementi presenti nel suolo (processo endogeno).

1.5.1 Applicazioni e verifiche sperimentali

La carta è stata pubblicata in tre step dal 2010 in poi partendo dalla pianura emiliana occidentale per essere completata con la provincia di Ferrara nell'agosto del 2013 quindi una parte di studi locali sono stati fatti in aree ancora sprovviste dalla cartografia dopo la prima pubblicazione mentre le applicazioni sono tutte relative al periodo posteriore alla pubblicazione completa sul web.

In particolare:

- nel 2011 è stata predisposta la relazione "Valutazione del contenuto di stagno degli orizzonti superficiali dei suoli grossolani nella provincia di Ravenna".
- nel 2011 la relazione "Criteri di ubicazione campioni di fondo" è stata utilizzata per ubicare i siti di campionamento in aree pedologiche simili a quelle di alcune ex aree pozzo ENI in provincia di Ferrara. Nel 2014 i risultati del valore di fondo determinato sulla base di questi campionamenti è stato confrontato con quello della Carta del Fondo Naturale che nel frattempo era stata ultimata e sono stati approvati dalla Conferenza dei Servizi.

- nel 2013 è stata predisposta la relazione "Valutazione del valore di fondo del Vanadio" dell'area nei pressi di Novellara.
- nel 2014 è stata avviata una collaborazione tra Servizio Geologico e Arpae per l'utilizzo della cartografia nell'ambito delle procedure relative alle terre e rocce da scavo. Arpae in ottemperanza della normativa vigente in materia di terre e rocce da scavo è coinvolta direttamente nell'iter di gestione delle pratiche legate alla movimentazione di materiale riconducibile alla categoria di sottoprodotto. Nell'esplicazione delle proprie funzioni Arpae effettua attività di vigilanza e controllo e implementa uno specifico DB per catalogare e georeferire i dati sito specifici rappresentativi dei siti di produzione e destinazione delle terre e rocce da scavo movimentate nel territorio regionale. La rendicontazione dei dati relativi alle terre e rocce da scavo ha consentito di attivare una collaborazione fra Arpae e Servizio Geologico regionale per la definizione di una procedura sperimentale atta a valutare i casi per i quali il proponente/produttore indichi superamenti di valori di soglia di contaminazione asseriti a valori di fondo naturali. Un'analisi comparativa fra le caratteristiche fisico chimiche del materiale movimentato dichiarate dal produttore, rispetto allo screening analitico fornito dalla cartografia elaborata dal Servizio Geologico Regionale, consente di indirizzare le attività di controllo documentale e di ispezione in situ delle pratiche pervenute.
- 2015-2018: utilizzo della Carta del Fondo Naturale-antropico dell'Arsenico nell'ambito del "Protocollo operativo per la gestione operativa dei fanghi agroalimentari da pomodoro". La carta viene utilizzata sia per confrontare i dati allegati alle richieste di autorizzazione di spandimento della provincia di Parma sia per l'attività di sperimentazione allestita nell'ambito del progetto.
- 2015: report "Relazione conoscitiva sullo stato del suolo nella Valle del Mezzano" redatto in occasione degli eventi di incendio delle torbe verificatesi nell'agosto del 2015 e delle successive analisi territoriali e ppt "Valutazioni sui suoli torbosi del mezzano interessate dagli incendi estivi" presentato in conferenza stampa a Ferrara: entrambi i documenti hanno una parte relativa al contenuto di fondo dei metalli pesanti in quanto nelle aree interessate dagli incendi erano stati prodotti dati su alcuni metalli.
- 2016: report "Province geochemiche dell'Emilia-Romagna".
- 2016: relazione "Valutazione dei valori di fondo del Vanadio nei suoli del comune di Ravenna".