

LE PROVINCE GEOCHIMICHE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

La definizione di province geochemiche in letteratura viene fatta coincidere con quella di “aree con anomalie positive” (B.Boelviken et al. 1989): rispetto a questo concetto bisogna stabilire qual è il valore soglia che identifica l’anomalia e qual è la matrice/profondità di esplorazione a cui ci si sta riferendo.

Nel presente documento si identificano come anomalie positive le aree caratterizzate da suoli il cui valore di fondo supera le CSC per le aree a verde pubblico e residenziale del D.lgs 152/06 distinguendo tra contenuto di fondo naturale e contenuto di fondo naturale-antropico.

In questa ottica vengono reinterpretate tutte carte prodotte dalla Regione Emilia-Romagna.

Introduzione

Dal 2005 ad oggi il Servizio Geologico Sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna ha avviato un percorso di conoscenza sulle concentrazioni di alcuni metalli potenzialmente tossici nei suoli della pianura che ha portato alla pubblicazione di tredici carte alla scala 1:250.000 con relative note illustrative e di diversi studi di approfondimento.

La cartografia prodotta è basata su dati analitici di 770 punti di campionamento che sono anche osservazioni pedologiche ricondotte a tipologie di suolo e descrive la distribuzione areale della concentrazione entro i 150 cm di profondità; si tratta quindi di elaborazioni relative ai suoli ma la loro redazione non ha potuto prescindere da conoscenze geologiche, geomorfologiche, geochemiche a cui si aggiungono dati sull’uso e la gestione dei suoli.

I valori sono determinati con il metodo della Fluorescenza a Raggi X ed espressi in mg/kg.

La metodologia applicata è lo standard ISO/DIN 19258:2005 (“Soil quality: guidance on the determination of background values”), sulla base del quale vanno sempre elaborati due strati informativi per i metalli nei suoli: uno relativo ai dati dell’orizzonte sub superficiale (sub-soil), (nel nostro caso a circa 1m di profondità) e uno relativo ai dati analitici dell’orizzonte superficiale (top-soil), così facendo si ottengono informazioni sia sul **contenuto naturale** (detto anche pedochemico) legato alla genetica dei suoli e dei sedimenti che li originano, sia sul contenuto **naturale-antropico** che **somma** alla suddetta componente gli apporti antropici di origine diffusa,fall out atmosferico e gestione agronomica, principalmente.

I metalli studiati sono: CROMO, NICHEL, RAME, PIOMBO, ZINCO per i quali ci sono entrambe le cartografie (contenuto naturale e naturale-antropico) e STAGNO, ARSENICO E VANADIO per i quali ci sono al momento solo elaborazioni sul contenuto naturale-antropico (Figura1).

Si segnala che la cartografia del Contenuto di fondo naturale è in fase di aggiornamento e a giugno 2016 verrà aggiunta la carta del vanadio.



Figura 1: note illustrative carte pedochemica o del contenuto naturale e carta del contenuto naturale-antropico

CARTOGRAFIA PEDOGEOCHIMICA O DEL CONTENUTO DI FONDO NATURALE

Partendo dal presupposto che i metalli sono sempre naturalmente presenti nei suoli, le unità della carta del contenuto naturale sono costituite da gruppi di suoli con affinità geochimiche (Unità Genetico Funzionali - UGF) identificati sulla base della medesima **PROVENIENZA** (del materiale parentale), **GRADO EVOLUTIVO** E **TESSITURA**: questi sono caratteri diagnostici o discriminanti frutto della integrazione della carta pedologica con quella dei bacini idrografici associata all'analisi geochimica dei dati relativi ai singoli suoli (Figure 2 e 3). Ai fini di una migliore comprensione del dato pedologico è stata aggiunta la caratterizzazione ambientale che identifica sia i complessi ambientali (macroambienti come delta, pianura alluvionale etc..) che gli ambienti deposizionali a cui le UGF sono ascrivibili. (Tabella.1).

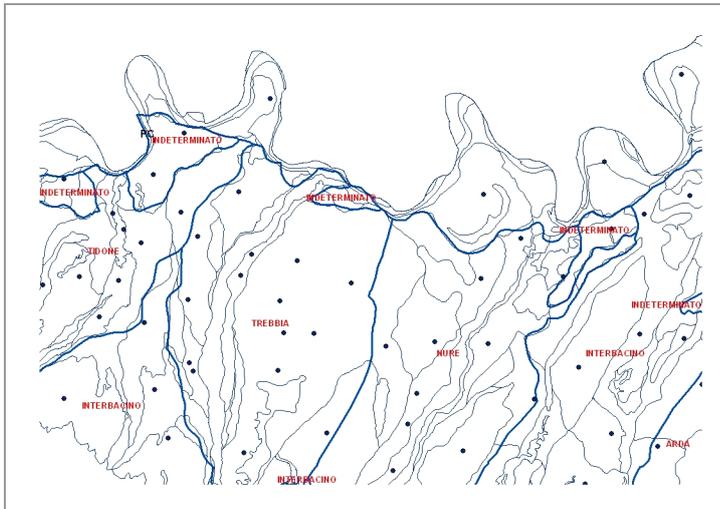


Figura 2: identificazione dei suoli ad affinità geochimica

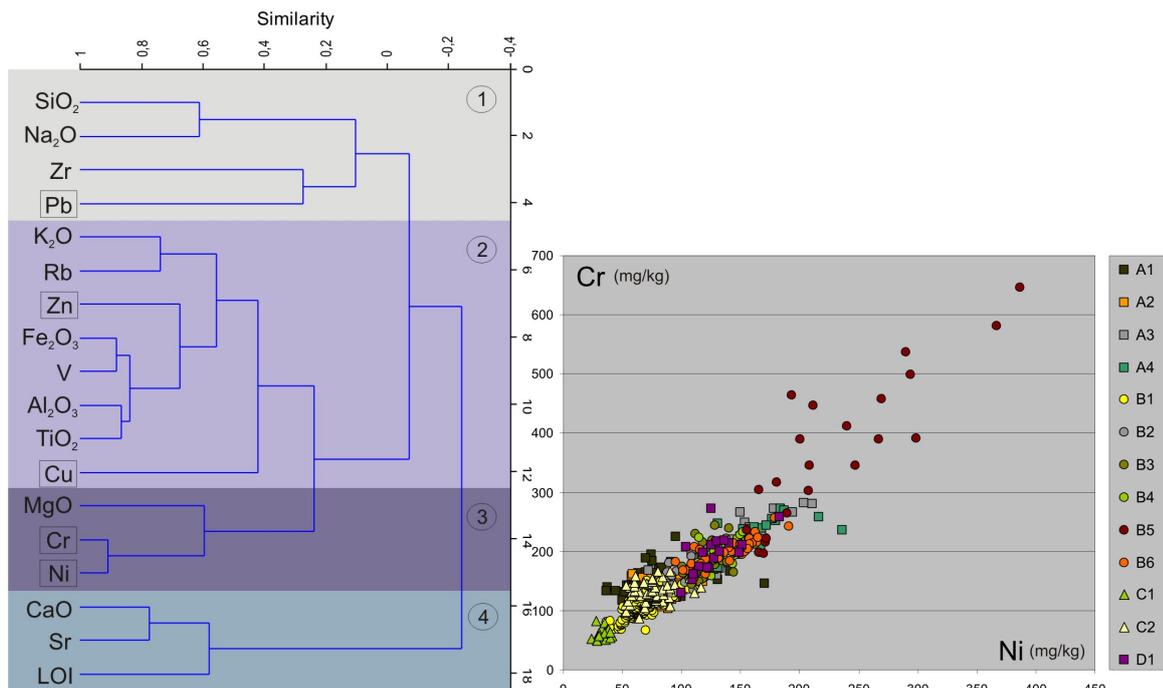


Figura.3: identificazione dei gruppi di dati geneticamente correlati tramite R-mode cluster analysis e verifica tramite marker

Unità	Caratteri diagnostici o discriminanti		Caratteri ambientali
Sigla	Suoli	Provenienza dei sedimenti	Complesso ambientale Ambiente deposizionale
A1	Suoli a tessitura da media a fine, ad elevato grado di alterazione Stagnic Luvisols, Vertic Cambisols	Mista (da bacini appenninici a componente ofiolitica da assente ad elevata)	Conoide alluvionale, interconoide e terrazzo fluviale Depositi indifferenziati
A2	Suoli a tessitura fine, a debole o moderato grado di alterazione Vertic Cambisols, Hyposalic Vertisols, Calcic Vertisols	Bacini appenninici privi di componente ofiolitica	Pianura alluvionale Depositi di piana inondabile
A3	Suoli a tessitura fine, a debole o moderato grado di alterazione Vertic Cambisols, Calcic Vertisols, Eutric Vertisols	Mista Po-appenninica da moderata ad elevata componente ofiolitica	Pianura alluvionale Depositi di piana inondabile
A4	Suoli a tessitura fine, a debole o moderato grado di alterazione Vertic Cambisols, Calcic Vertisols, Hyposalic Vertisols	Fiume Po	Delta (piana deltizia) Depositi di area interdistributrice
B1	Suoli a tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, localmente con scheletro, a debole o moderato grado di alterazione Haplic Cambisols, Haplic Calcisols	Bacini appenninici privi di componente ofiolitica	Pianura e conoide alluvionale Depositi di canale, argine e rotta fluviale
B2	Suoli a tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, localmente con scheletro, a debole o moderato grado di alterazione Haplic Cambisols, Haplic Calcisols	Mista (in prevalenza da bacini appenninici a moderata componente ofiolitica: F. Enza, T. Baganza, T. Tresinaro)	Pianura e conoide alluvionale Depositi di canale, argine e rotta fluviale
B3	Suoli a tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, localmente con scheletro, a debole o moderato grado di alterazione Haplic Cambisols, Haplic Calcisols	Bacini appenninici da moderata ad elevata componente ofiolitica (fiumi Arda e Taro)	Pianura e conoide alluvionale Depositi di canale, argine e rotta fluviale
B4	Suoli a tessitura da media a moderatamente grossolana, a debole o moderato grado di alterazione Haplic Cambisols, Haplic Calcisols	Fiume Po	Pianura alluvionale Depositi di canale, argine e rotta fluviale
B5	Suoli a tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, frequentemente con scheletro, a debole o moderato grado di alterazione Haplic Cambisols, Haplic Calcisols	Bacini appenninici ad elevata componente ofiolitica (fiumi Trebbia e Nure)	Pianura e conoide alluvionale Depositi di canale, argine e rotta fluviale
B6	Suoli a tessitura da media a moderatamente grossolana, a debole o moderato grado di alterazione Haplic Cambisols, Haplic Calcisols	Fiume Po	Delta (piana deltizia) Depositi di canale distributore, argine e rotta fluviale
C1	Suoli a tessitura grossolana, a debole grado di alterazione Endogleyic Arenosols	Bacini appenninici privi di componente ofiolitica	Piana costiera Depositi di cordone litorale
C2	Suoli a tessitura grossolana, a debole grado di alterazione Endogleyic Arenosols	Fiume Po	Delta (fronte deltizio) Depositi di cordone litorale

D1	Suoli a materiale organico umificato Thionic Histosols, Thionic Fluvisols	Fiume Po	Delta (piana deltizia) Depositi di baia interdistributrice
----	--	----------	--

Tabella1: legenda estesa delle Unità Genetico-Funzionali della carta pedogeochemica

Ogni unità (UGF) ha un range di contenuto per i vari metalli ed è caratterizzata anche dal proprio “valore di fondo naturale” corrispondente al 95° percentile della sua popolazione di dati, previa eliminazione degli outlier. LA RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA VIENE FATTA DESCRIVENDO I POLIGONI DELLA CARTA DEI SUOLI IN BASE AI PRINCIPALI SUOLI PRESENTI. L’UNITA’ CARTOGRAFICA ASSUME IL NOME DELLA UGF “DOMINANTE”. ALLE UNITA’ CARTOGRAFICHE SONO INOLTRE ASSEGNATE CLASSI DI CONTENUTO DEL METALLO BASATE SUL LIMITE DI LEGGE PER LE AREE RESIDENZIALI (D.lgs152/06).

CROMO E NICHEL

La carta dei bacini idrologici identifica le cave di prestito dei sedimenti per ogni asta fluviale: integrandola con la carta geologica si identificano le litologie caratteristiche di ogni bacino e con l’analisi geochemica dei suoli si individuano le relazioni tra le rocce, da cui proviene il materiale di partenza dei suoli e loro contenuto in metalli. La *cluster analysis* riportata sopra ha evidenziato che cromo e nichel sono correlati positivamente con le associazioni mineralogiche riferibili a rocce ultrafemiche e quindi con i bacini in cui si trovano formazioni in seguito denominate “ofiolitifere”. Le unità geologiche “ofiolitifere” sono sia le formazioni che contengono al loro interno corpi ofiolitici cartografabili, (unità “contenitori”) che le formazioni arenacee o conglomeratiche la cui composizione petrografica è rivelatrice dell’origine da un’ antica area-sorgente di tipo ofiolitico. Per ogni bacino idrografico sono state calcolate le estensioni areali delle unità ofiolitifere (Figure 4, 5) e messe in relazione con il contenuto ofiolitico delle unità cartografiche della carta pedogeochemica/del contenuto di fondo naturale, (Figura.6).

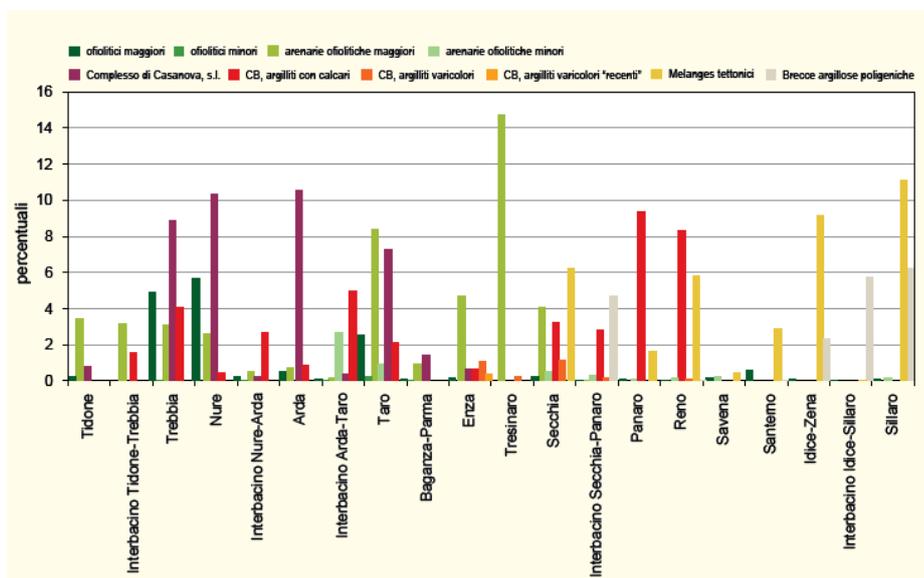


Figura 4: distribuzione delle percentuali delle superfici delle unità geologiche ofiolitici che o ofiolitifere, calcolate rispetto all’area di ciascun bacino idrografico

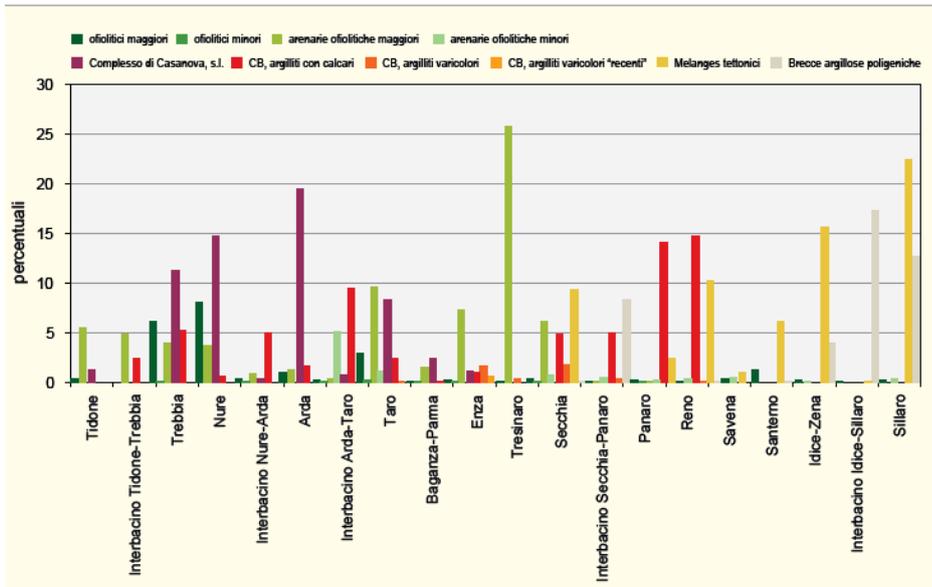


Figura 5: distribuzione delle percentuali delle superfici delle unità geologiche ofiolitiche o ofiolitifere, calcolate rispetto all'area di ciascun bacino idrografico limitatamente al settore montano.

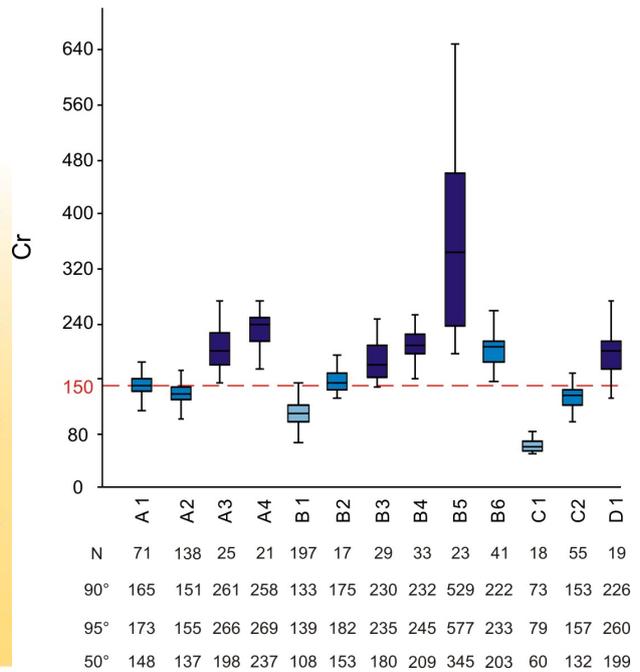
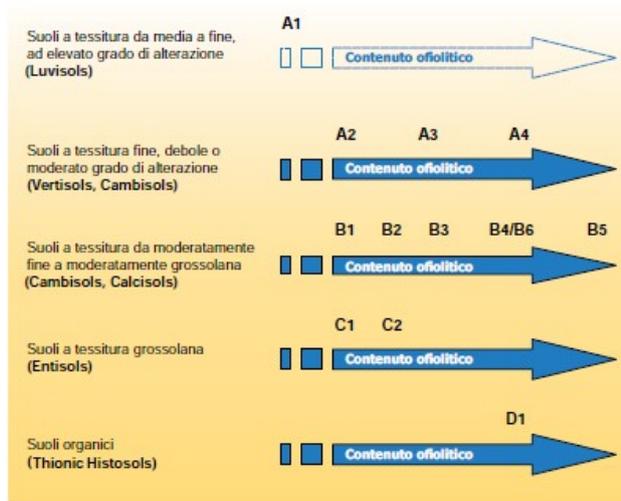


Figura 6: schema delle Unità (UGF) in relazione al contenuto ofiolitico

Nella pianura emiliano-romagnola ci sono aree di pertinenza padana che si trovano nella porzione di pianura alluvionale al confine con la Lombardia e nell'area dell'antico delta. Il Po si può considerare come un bacino a componente ofiolitica da media ad elevata dato che nella porzione di arco alpino, che costituisce il suo bacino idrografico, sono presenti diversi estesi complessi ofiolitici (Figura 7).

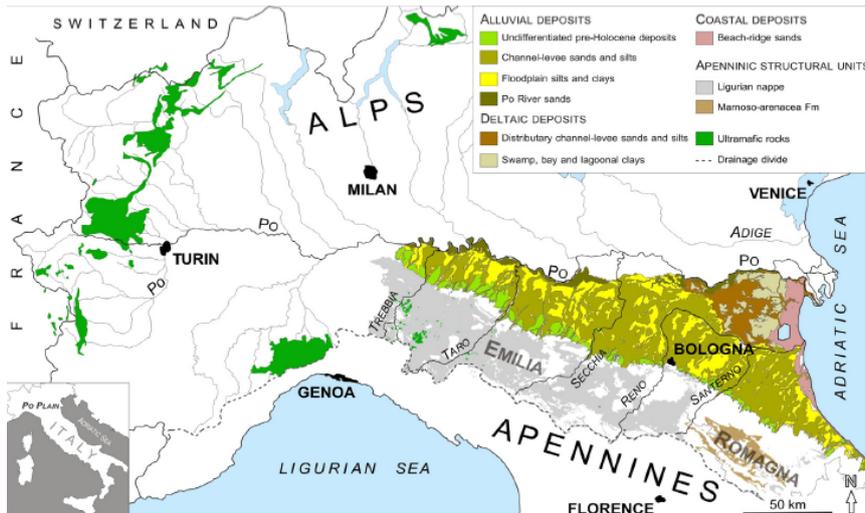


Figura 7: distribuzione dei corpi ofiolitici alpini (CNR, 1990 modificato, Amorosi et al.2014)

Le unità cartografiche della carta pedogeochimica o del contenuto di fondo naturale che rappresentano **anomalie positive** sono A3, B2, B3, B4, B5 per quanto riguarda la pianura alluvionale di pertinenza appenninica A4, B6, D1 nella pianura dell'antico delta del Po e C2 sulla costa.

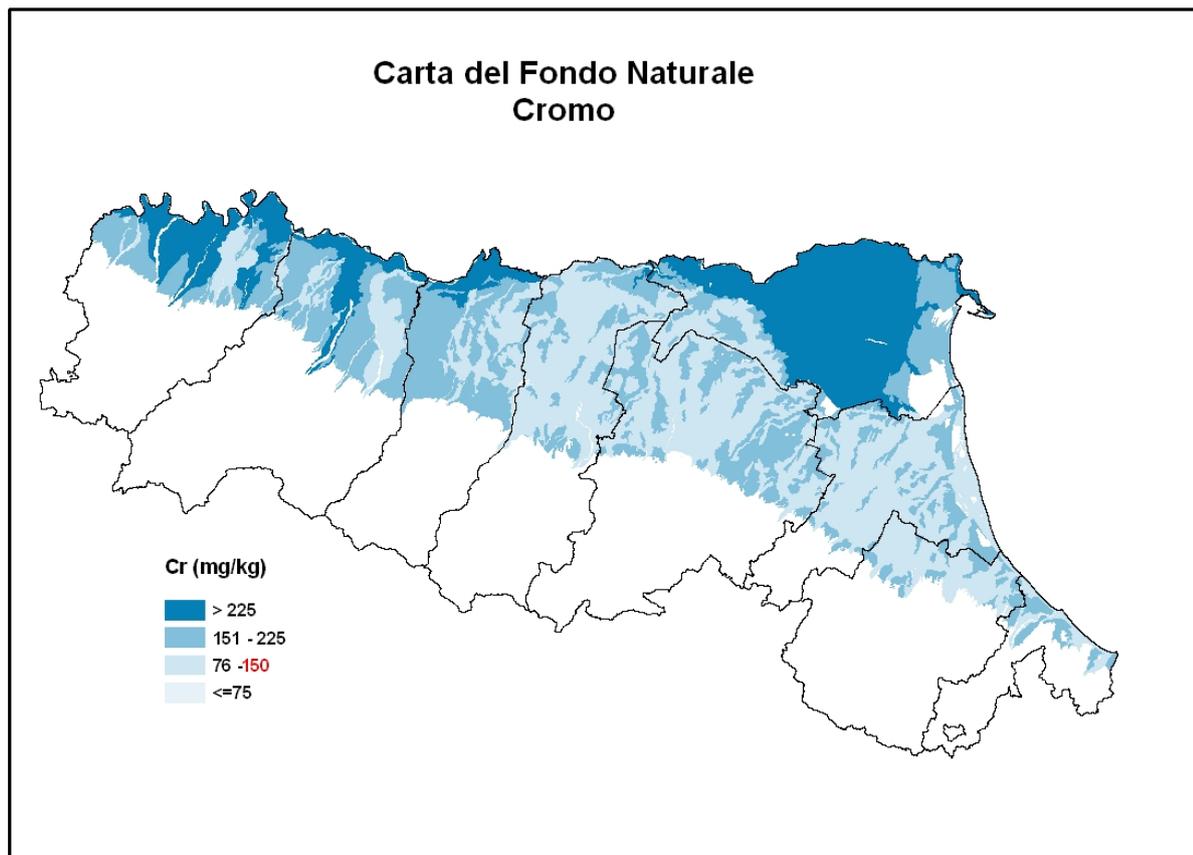


Figura 8: **province geochemiche** del cromo secondo la carta del contenuto naturale a scala 1:250.00

L'analogia tra la distribuzione areale del contenuto di cromo e quella del contenuto di nichel nei suoli è molto forte in quanto, come già detto, risentono dello stesso fattore determinante della provenienza del materiale parentale e le due carte del contenuto naturale hanno un pattern molto simile (Figura 9)

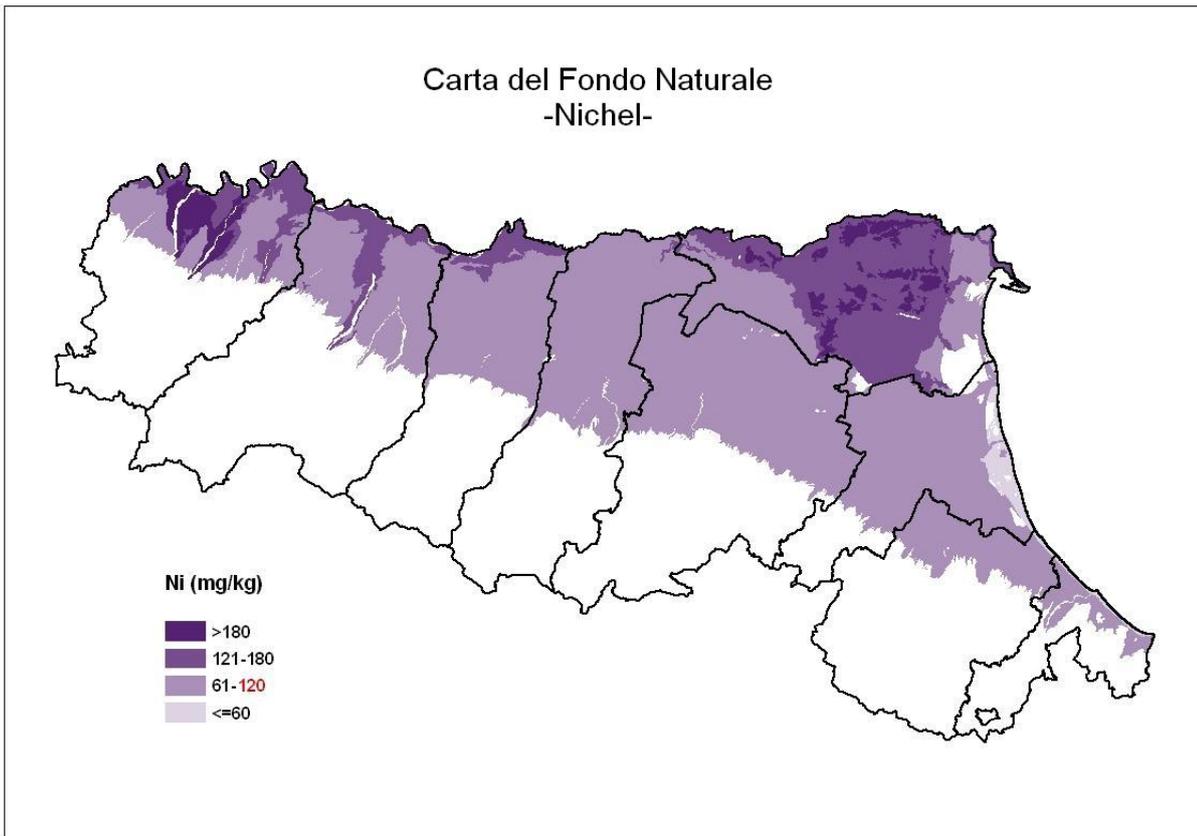


Figura 9. **Province geochimiche** del nichel secondo la carta del contenuto naturale a scala 1:250.000

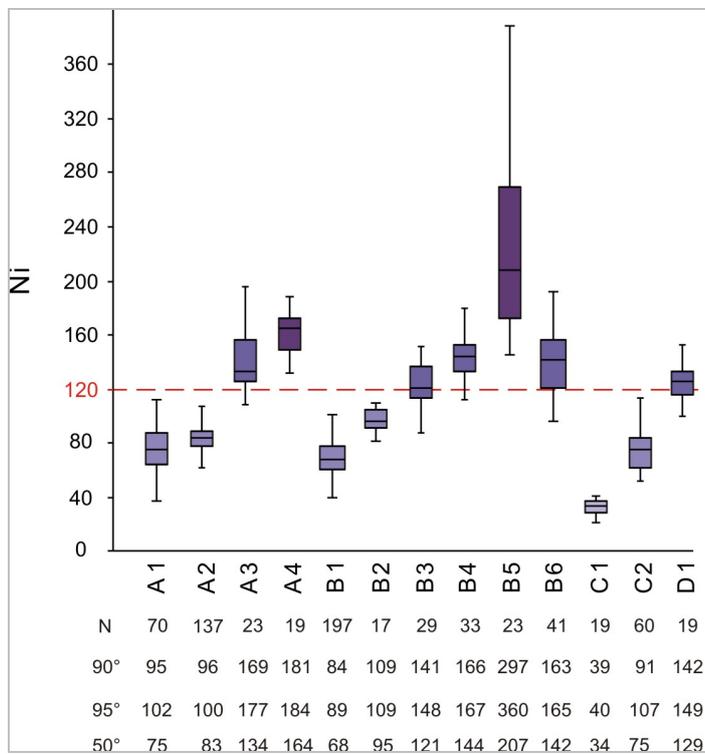


Figura 10: valori di fondo delle unità della carta del fondo contenuto di fondo naturale del nichel

RAME

Lo stesso percorso metodologico per il rame **non ha portato alla identificazione di province geochimiche intese come aree peculiari dal punto di vista del contenuto naturale** in quanto esso in tutte le unità ha un contenuto naturale al di sotto di 60 mg/kg: entrando nel merito dei valori delle singole UGF si possono separare le aree costiere (UGF C1 e C2) caratterizzate da suoli grossolani rispetto al resto della pianura (Figure 11 e 12).

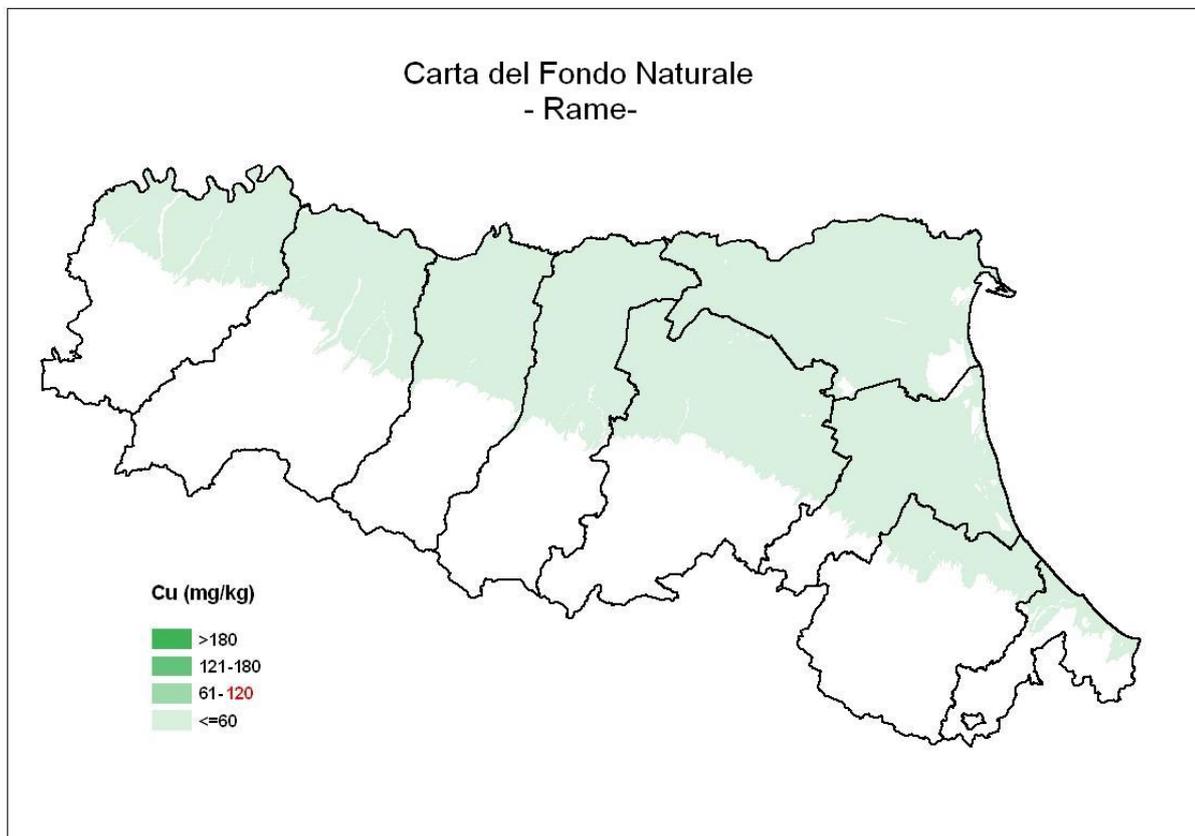


Figura 11: contenuto di fondo naturale di rame nei suoli della pianura emiliano-romagnola. Scala 1:250.000

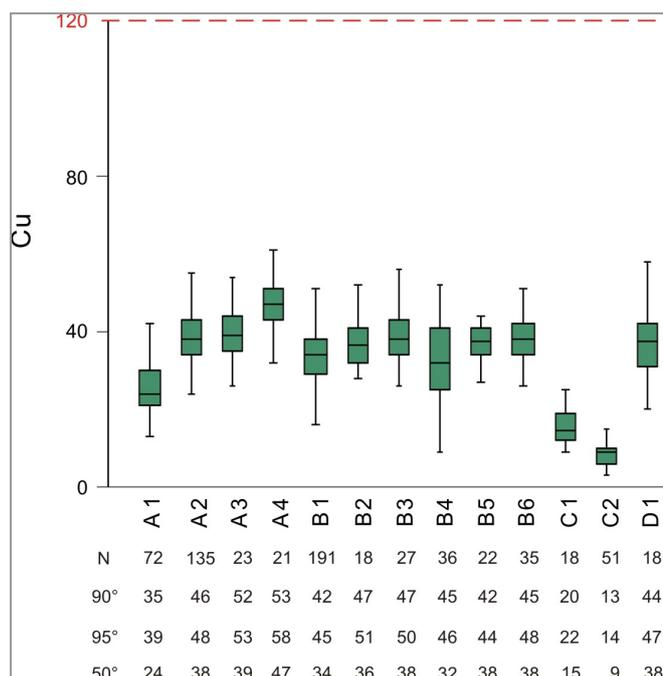


Figura 12: valori di fondo delle unità della carta del contenuto di fondo naturale del rame

PIOMBO

Anche per il piombo (Figure 13 e 14) **non sono state identificate province geochimiche intese come aree peculiari dal punto di vista del contenuto naturale** in quanto il piombo in tutte le unità ha un contenuto naturale al di sotto di 50 mg/kg. La componente naturale comporta valori bassi, non essendoci in regione rocce ad elevato contenuto naturale che possono influenzare il *parent material* dei suoli.

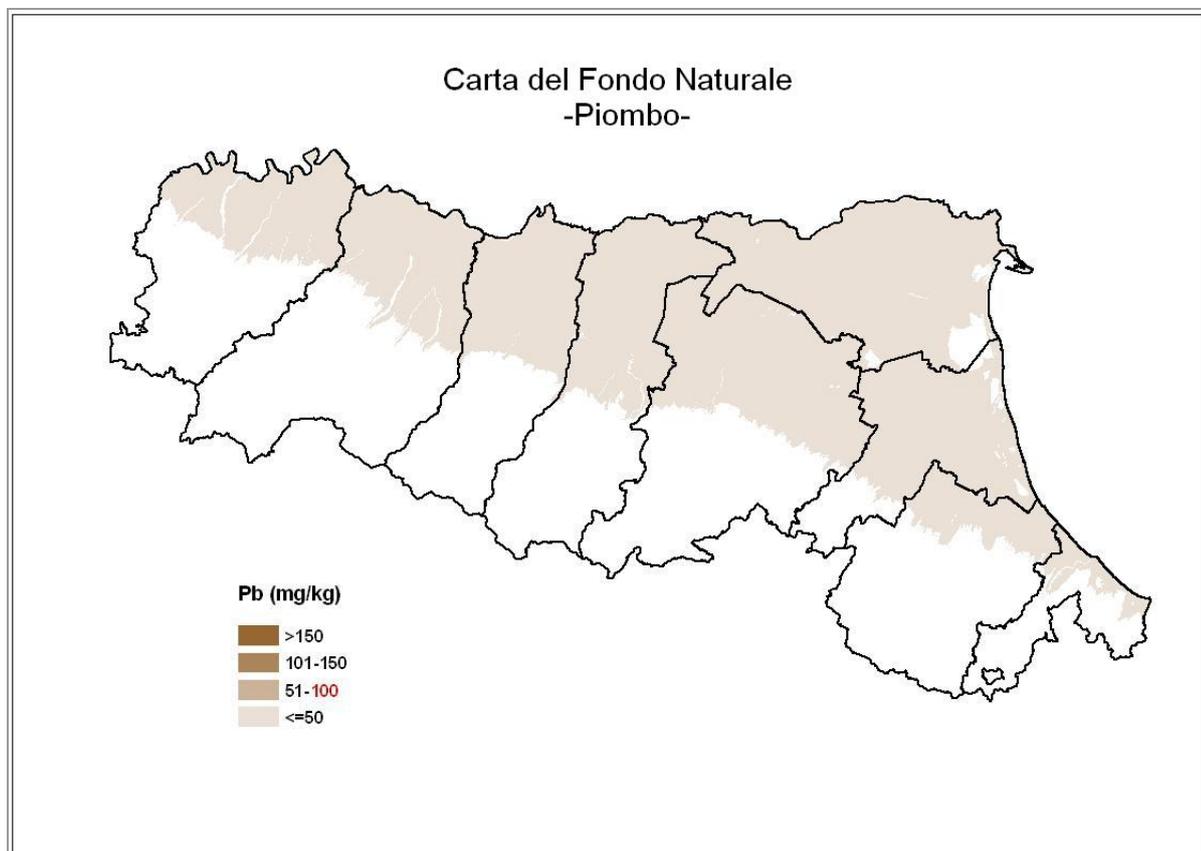


Figura 13: contenuto di fondo naturale di piombo nei suoli della pianura emiliano-romagnola. Scala 1:250.000

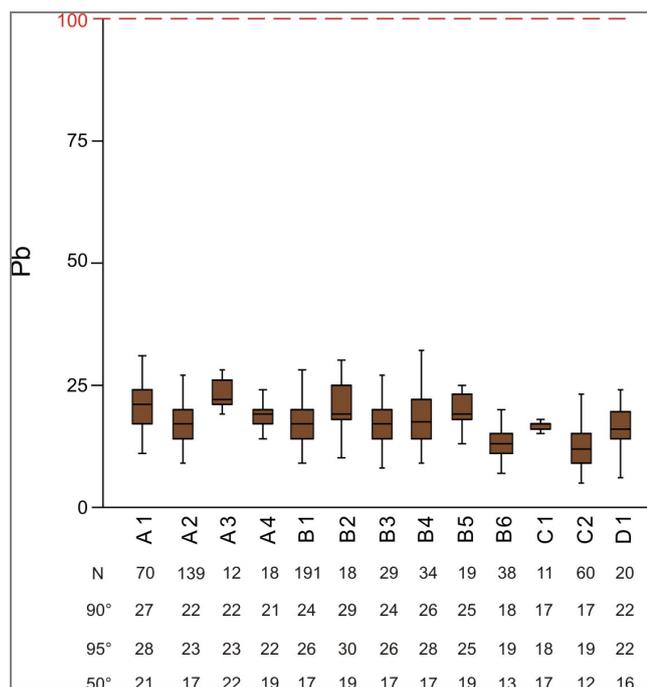


Figura 14: valori di fondo delle unità della carta del fondo naturale del piombo

ZINCO

Per quanto riguarda lo zinco l'anomalia positiva è costituita dalle aree dell'unità A4 dell'antico delta relative ai suoli delle antiche aree interdistributrici che hanno contenuti superiori al limite di legge per le aree residenziali (>150 mg/kg). L'area costiera si caratterizza per bassi contenuti e questa è l'unica evidenza cartografica del legame tra questo metallo e la frazione fine dei sedimenti che era emersa dall'analisi cluster, perché a questa scala non si distinguono le aree con suoli a tessitura fine da quelle con suoli a tessitura media dei dossi fluviali della pianura alluvionale (vedi Figura2).

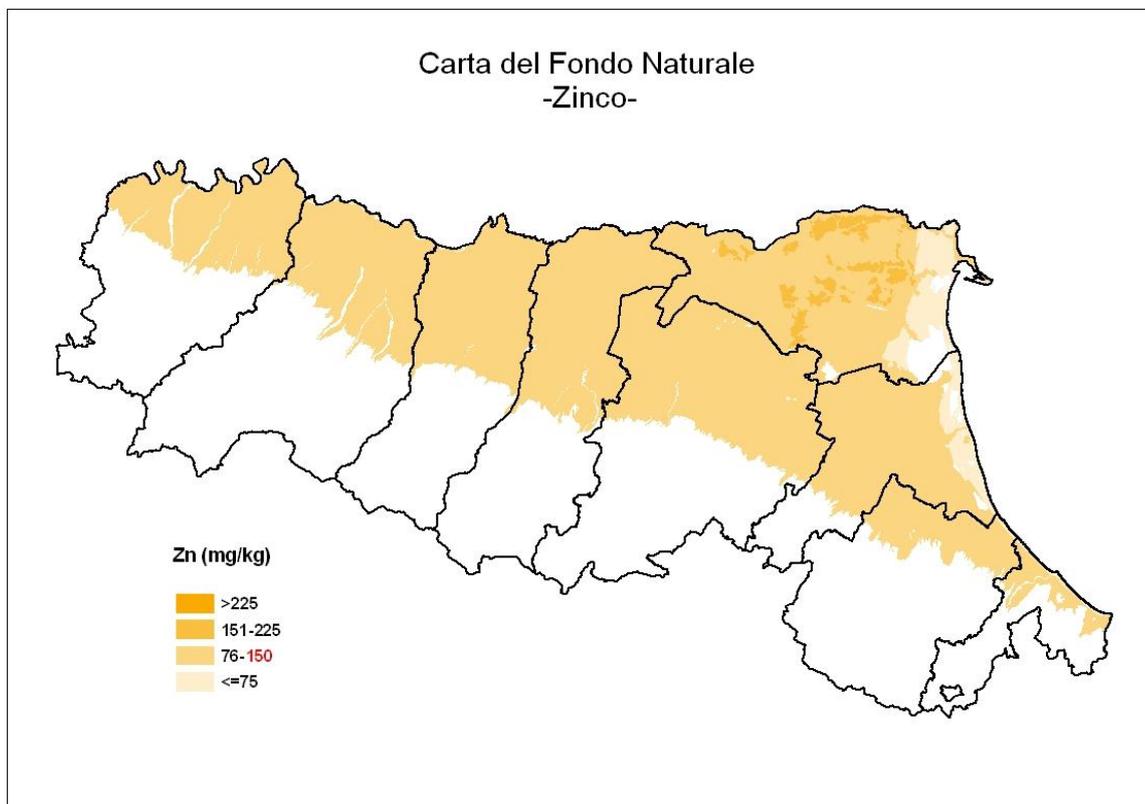


Figura 15: **province geochimiche** dello zinco secondo la carta del contenuto di fondo naturale a scala 1:250.000

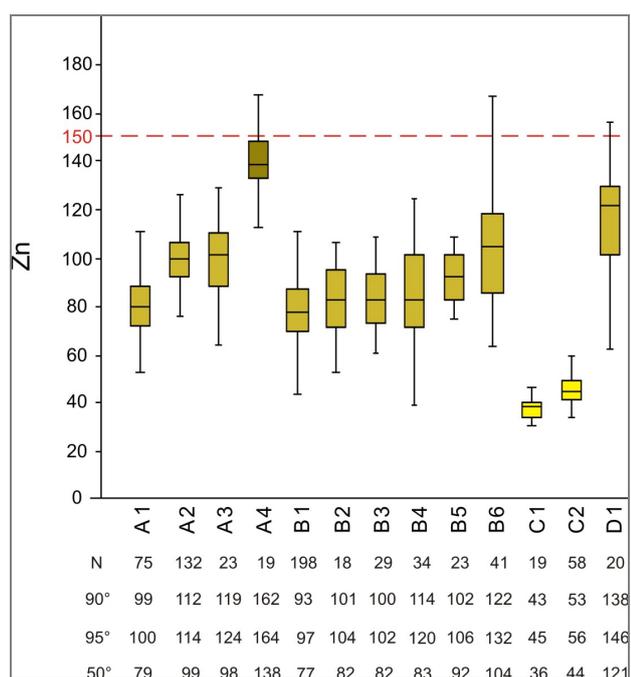


Figura 16 :valori di fondo delle unità della carta del fondo naturale dello zinco

CARTOGRAFIA DEL CONTENUTO DI FONDO NATURALE-ANTROPICO

Il contenuto naturale-antropico dei metalli nei suoli è relativo all'orizzonte superficiale (top soil) e come tale influenzato, oltre che dalle caratteristiche geochimiche intrinseche dei suoli, dalla contaminazione diffusa (fall out, uso e gestione dei suoli).

Si possono individuare province geochimiche anche nella cartografia del contenuto naturale-antropico: in questo caso non sono dovute al solo contenuto naturale ma alla gestione del territorio che porta o ha portato ad anomalie positive poichè anche la contaminazione diffusa può avere un pattern (ISO 19258:2005).

La redazione della carta del contenuto di fondo naturale-antropico della pianura emiliano-romagnola, a prevalente utilizzazione agricola (> 85% della superficie, rapporto SAU/SAT censimento ISTAT 2010) è partita dalle conoscenze già acquisite integrate con il dato della gestione agronomica estrapolato dal censimento agricoltura di ISTAT del 2000 rappresentato geograficamente nella Carta dei Comprensori agricoli (nella versione del 2016 verrà utilizzata una versione aggiornata).

A questo punto le unità cartografiche derivano dalla integrazione di quest'ultima carta con i dati dei metalli acquisiti nell'orizzonte superficiale dei suoli e raggruppati con il criterio delle Unità Genetico Funzionali. Per ognuna di esse sono stati calcolati i valori statistici tra cui i valori di fondo corrispondenti al 95° dei valori della popolazione di dati previa eliminazione degli outlier (fig 17).

I contenuti sono determinati con il metodo dell'estrazione in acqua regia associato alla lettura con ICP-Massa (UNI 13346+EPA 6020) ed espressi in mg/kg.

Per elaborare i dati è stata utilizzata la geostatistica simulativa su una maglia di 1Km²: al centroide di ogni Elemento Quadrato Finito viene attribuito il 95° percentile simulato che poi viene attribuito alla classe di concentrazione di pertinenza. Anche in questo caso i dati sono stati classati sulla base del limite di legge per le aree residenziali del D.lgs152/06.

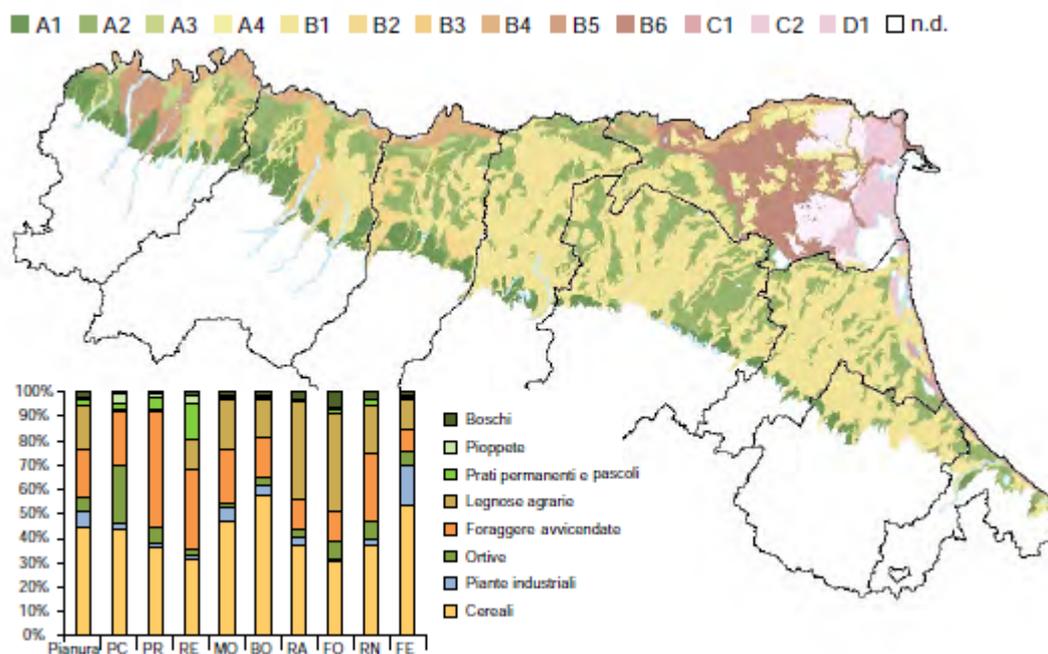


Figure 17: distribuzione geografica delle Unità Genetico Funzionali e dei comprensori agricoli (coincidono con le Province)

CROMO E NICHEL

L'andamento delle concentrazioni dei due metalli nel top soil è abbastanza simile a quello del subsoil a conferma del fatto che il fattore più importante che determina il contenuto è la provenienza;

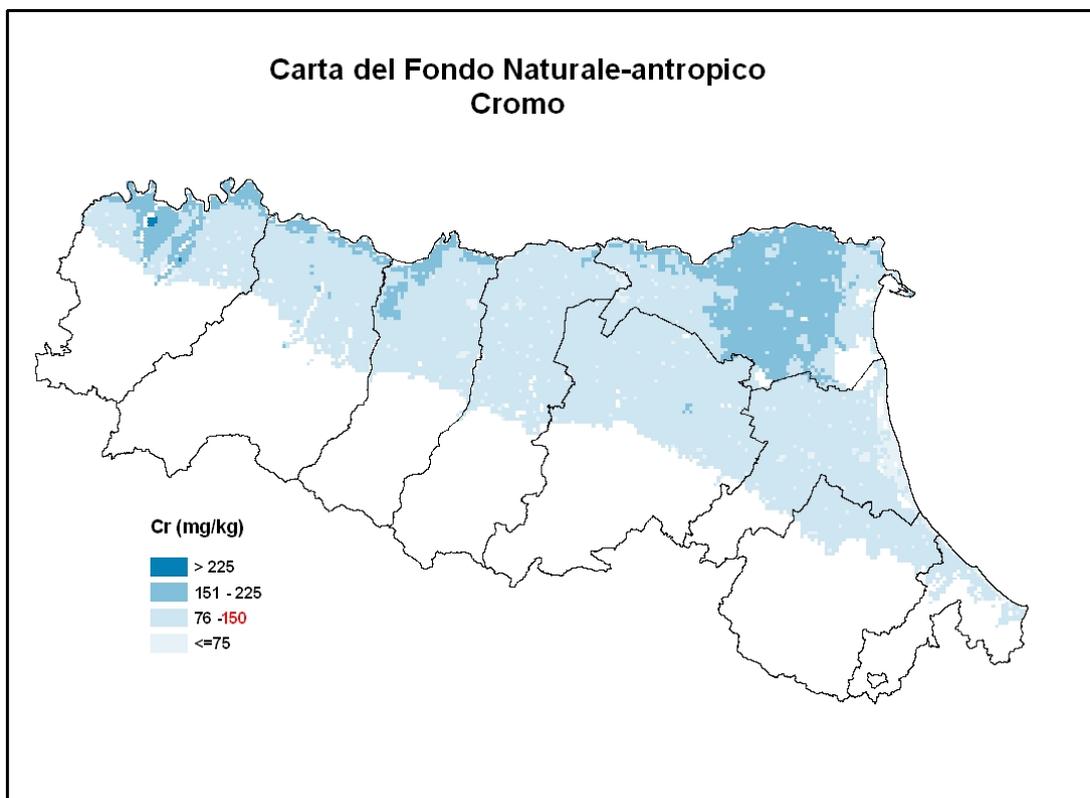


Figura 18: **province geochimiche** del cromo secondo la carta del contenuto naturale - antropico a scala 1:250.00

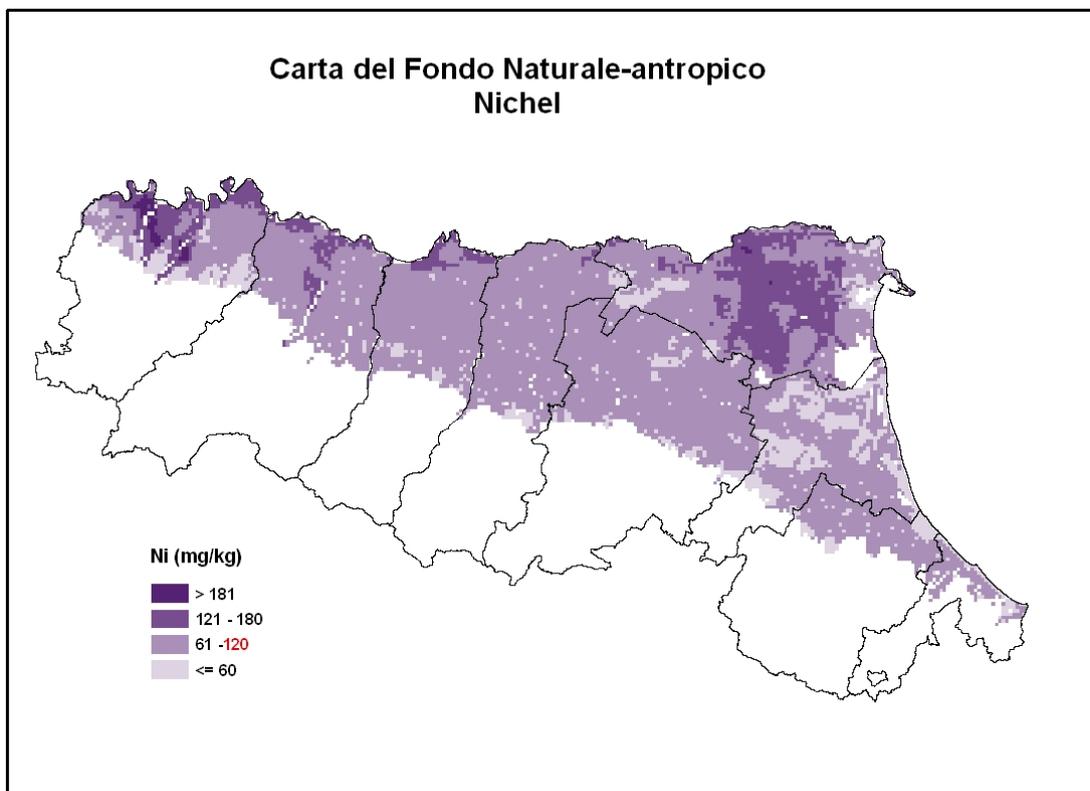


Figura 19: **province geochimiche** del nichel secondo la carta del contenuto naturale - antropico a scala 1:250.00

RAME

Il contenuto di rame nel top-soil dei suoli agricoli della pianura è fortemente influenzato dalla gestione agronomica e vede un sostanziale arricchimento superficiale rispetto al contenuto naturale legato all'uso di liquami zootecnici come ammendanti e, secondariamente, ai composti di rame come fitofarmaci. È noto l'apporto al suolo di zinco e rame dovuto alle deiezioni zootecniche in quanto presenti, soprattutto nel passato, come integratori e antibiotici nella razione alimentare dei suini (ERSAF, 2007; ARPAV, 2011; Kabata-Pendias, 2001): per questi motivi **le province geochimiche** intese come aree con anomalie positive si possono far coincidere principalmente con i comprensori di Reggio Emilia e Modena nei quali la pratica agronomica ordinaria risente dei numerosi allevamenti di suini presenti nell'area (Figura 20).

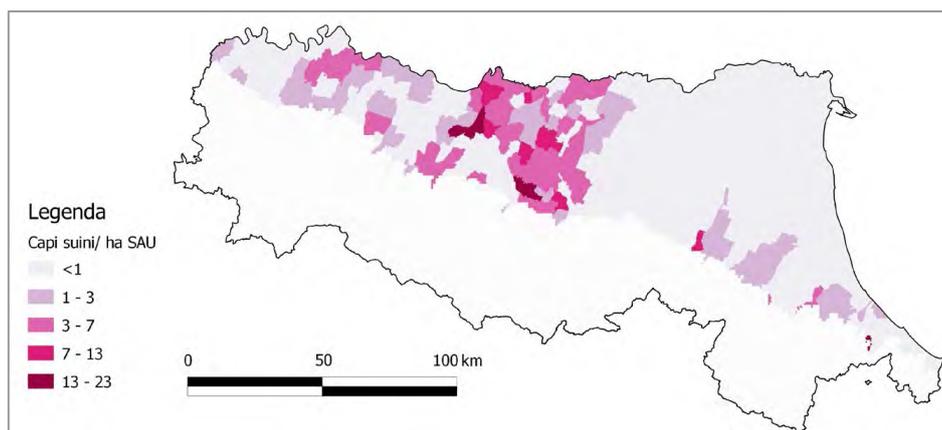


Figura 20: densità capi suinicoli per ettaro (dati censimento agricoltura 2010)

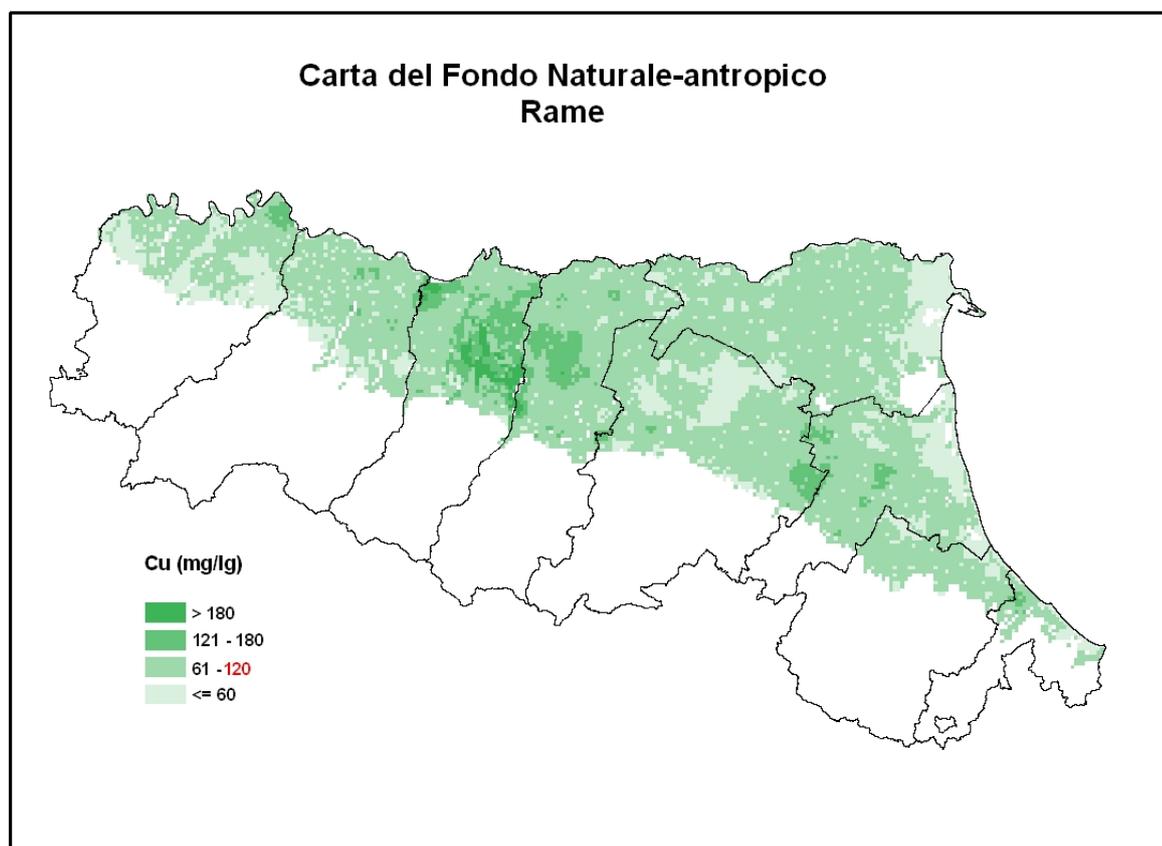


Figura 21: **province geochimiche** del rame secondo la carta del contenuto naturale - antropico a scala 1:250.00

ZINCO

Lo zinco risente come il rame dell'uso di reflui zootecnici come ammendanti e quindi della gestione agricola ma ha anche una componente genetica già evidenziata nella Carta del contenuto naturale per cui le province geochimiche con anomalie sono sempre Reggio-Emilia e Modena sebbene solo la prima, a causa della classificazione adottata, emerge nella carta del contenuto naturale-antropico (Figure 22 e 23)

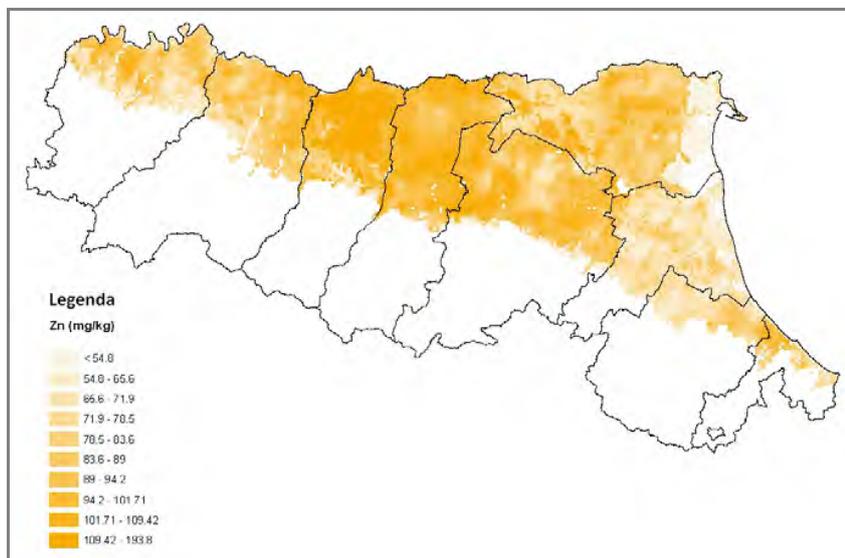


Figura 22: concentrazione media dello zinco nel top soil

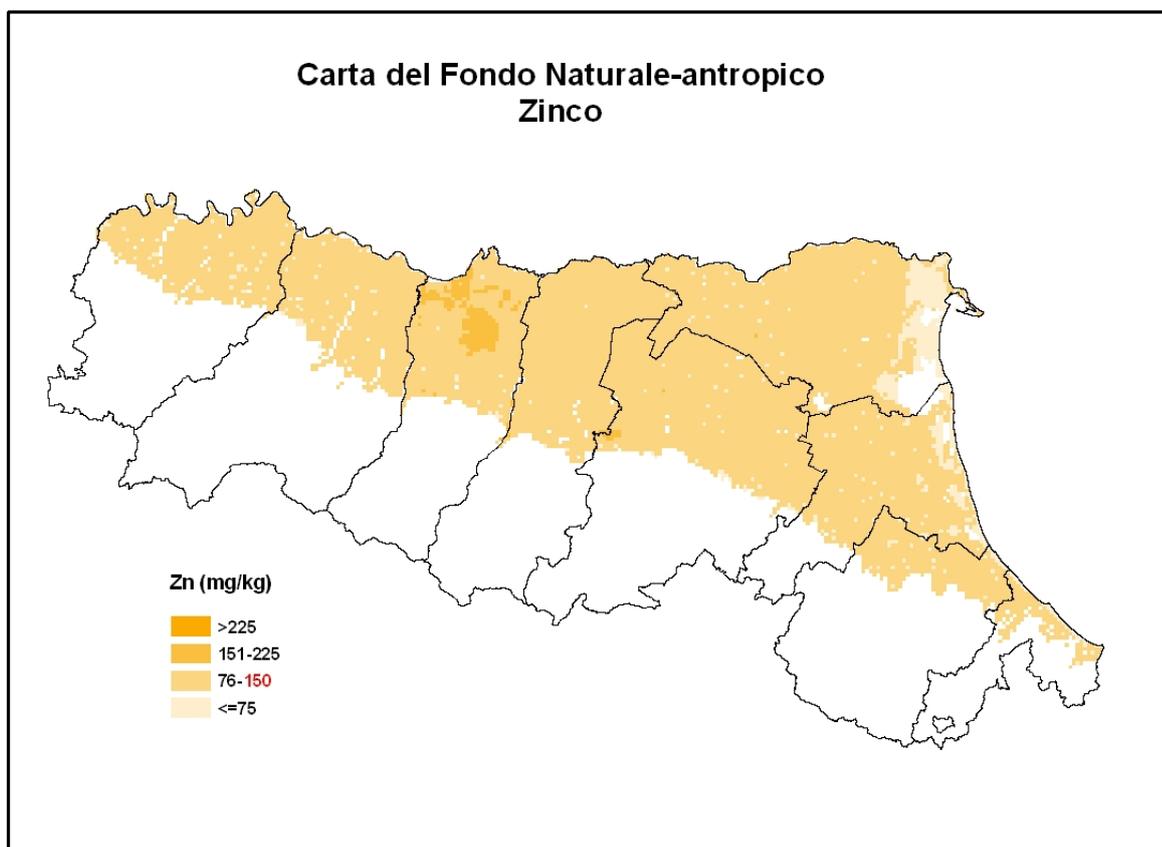


Figura 23: province geochimiche dello zinco secondo la carta del contenuto naturale - antropico a scala 1:250.00

PIOMBO

Il contenuto naturale-antropico di piombo nei suoli della pianura emiliano-romagnola tende ad essere omogeneo ed è sempre inferiore al limite fissato dal D.lgs 152/06 (100 mg kg⁻¹). Questo vale per tutte le UGF e per tutti i comprensori. La componente naturale comporta valori bassi, non essendoci in regione rocce ad elevato contenuto naturale che possono influenzare il *parent material* dei suoli e, allo stesso tempo, la contaminazione diffusa è principalmente legata al *fall-out* atmosferico e non sembra risentire di impatti antropici legati significativamente alla gestione agronomica.

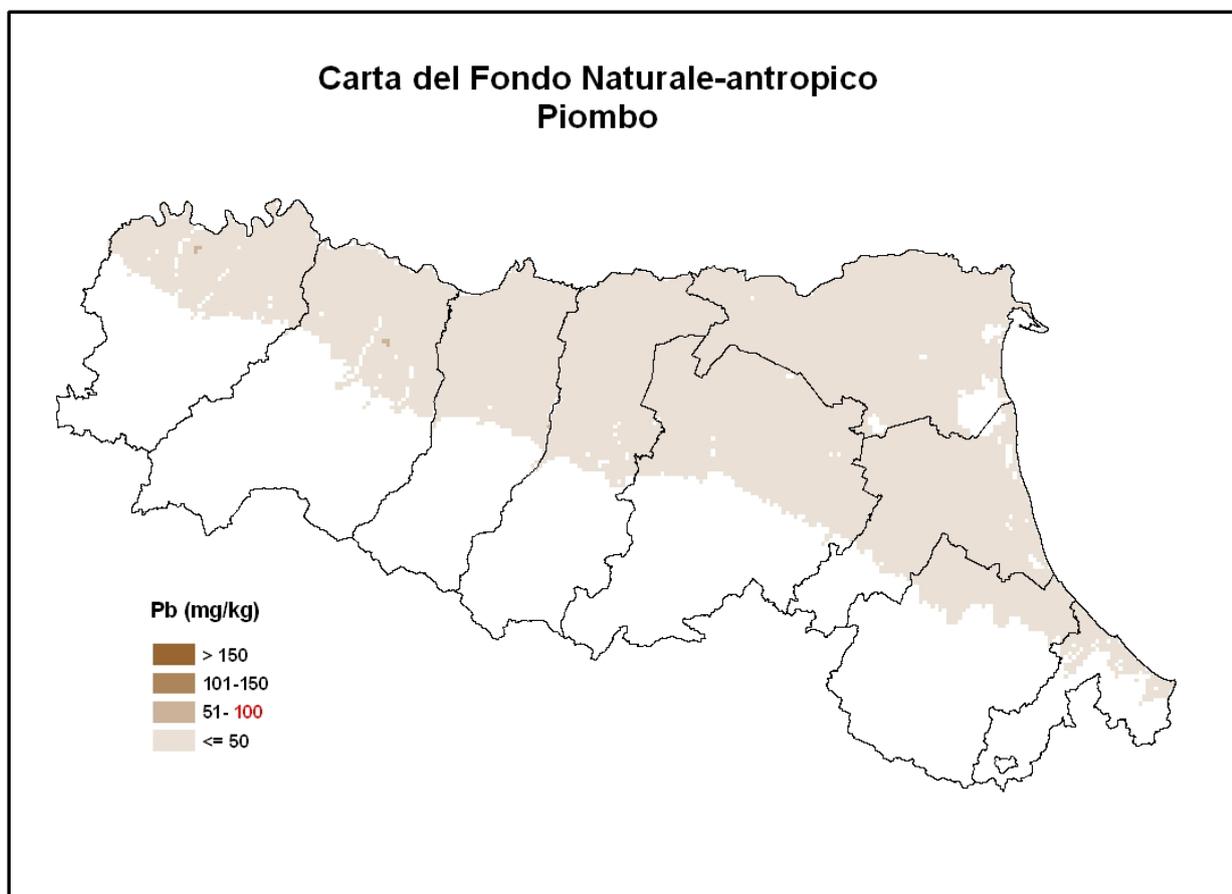


Figura 24 Contenuto naturale-antropico di piombo nei suoli della pianura emiliano-romagnola. Scala 1:250.000

STAGNO

Il contenuto naturale-antropico di stagno nei suoli della pianura emiliano-romagnola è sistematicamente superiore a 1 mg kg⁻¹ e sembra avere un'origine prevalentemente antropica non essendoci in regione rocce ad elevato contenuto naturale che possono influenzare il *parent material* dei suoli.

Le principali fonti di apporto che possono influire sulla contaminazione diffusa sono le deposizioni atmosferiche e l'uso di pesticidi in agricoltura (ARPAV, 2011; Hoch, 2011); in particolare i fitofarmaci classificati come organostannici (OTC), hanno trovato largo impiego come fungicidi, diserbanti e acaricidi fin dalla fine degli anni '50 e sono stati ampiamente utilizzati nella coltura della barbabietola.

In regione Emilia-Romagna la coltura della barbabietola da zucchero ha interessato dagli anni '50 alla fine del 2005 grandi superfici con picchi di quasi 135.000 ettari concentrati nelle province di Ferrara, Bologna, Ravenna e Modena in ordine di superfici decrescenti.

In Regione Emilia-Romagna gli organostannici sono stati utilizzati in passato (Revoca con Decreto Ministeriale del 27 dicembre 2002) principalmente sottoforma di formulati a base di fentin acetato e fentin idrossido di Stagno (Mazzini F., Rossi R., Servizio Fitosanitario-Regione Emilia-Romagna, comunicazione

orale). Tutti questi elementi portano a considerare un legame di causa-effetto tra gli areali di coltivazione della barbabietola da zucchero, l'uso di organostannici e le concentrazioni naturali-antropiche di Stagno rilevate nei suoli tale da rendere possibile una valutazione quali-quantitativa dell'impatto di questo tipo di gestione agricola. Se si osservano i grafici della Figure 24 si vede come sia le concentrazioni medie che le probabilità di valori attesi superiori a 1 e 2 mg kg⁻¹ di Stagno nei suoli siano più alte nelle vicinanze degli zuccherifici con un'ottima correlazione (rispettivamente R² = 0.90 e R² = 0.88). Ciò è dovuto non solo alla coltivazione della barbabietola, ovviamente più diffusa in prossimità dei centri di lavorazione, ma anche alla pratica di distribuire il terreno di risulta dal "lavaggio" delle barbabietole nei campi vicini agli zuccherifici. In termini di province geochimiche intese come anomalie positive e prendendo il limite di legge come soglia tutta la regione è una provincia geochimica ma stando all'andamento delle concentrazioni le province di Ferrara, Bologna, Ravenna e Modena sono quelle principali. Per questo metallo non esiste attualmente la carta del fondo naturale.

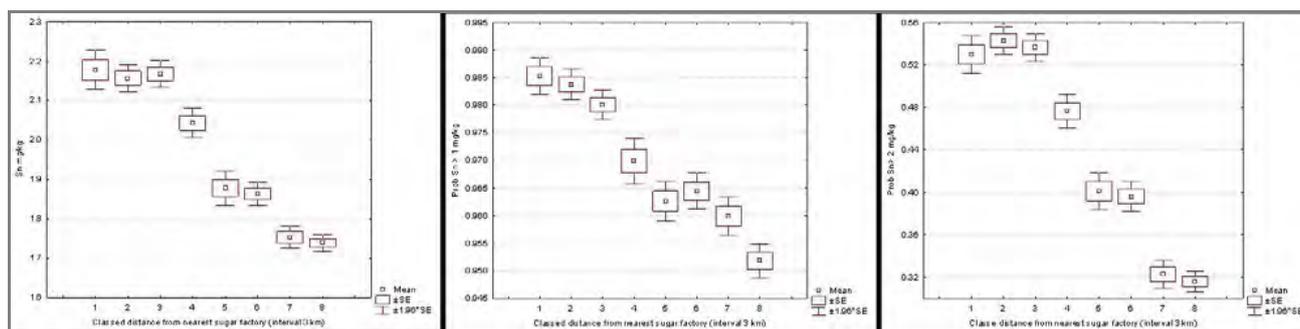


Figura 25 Relazione tra la distanza dagli stabilimenti degli zuccherifici e il contenuto in stagno

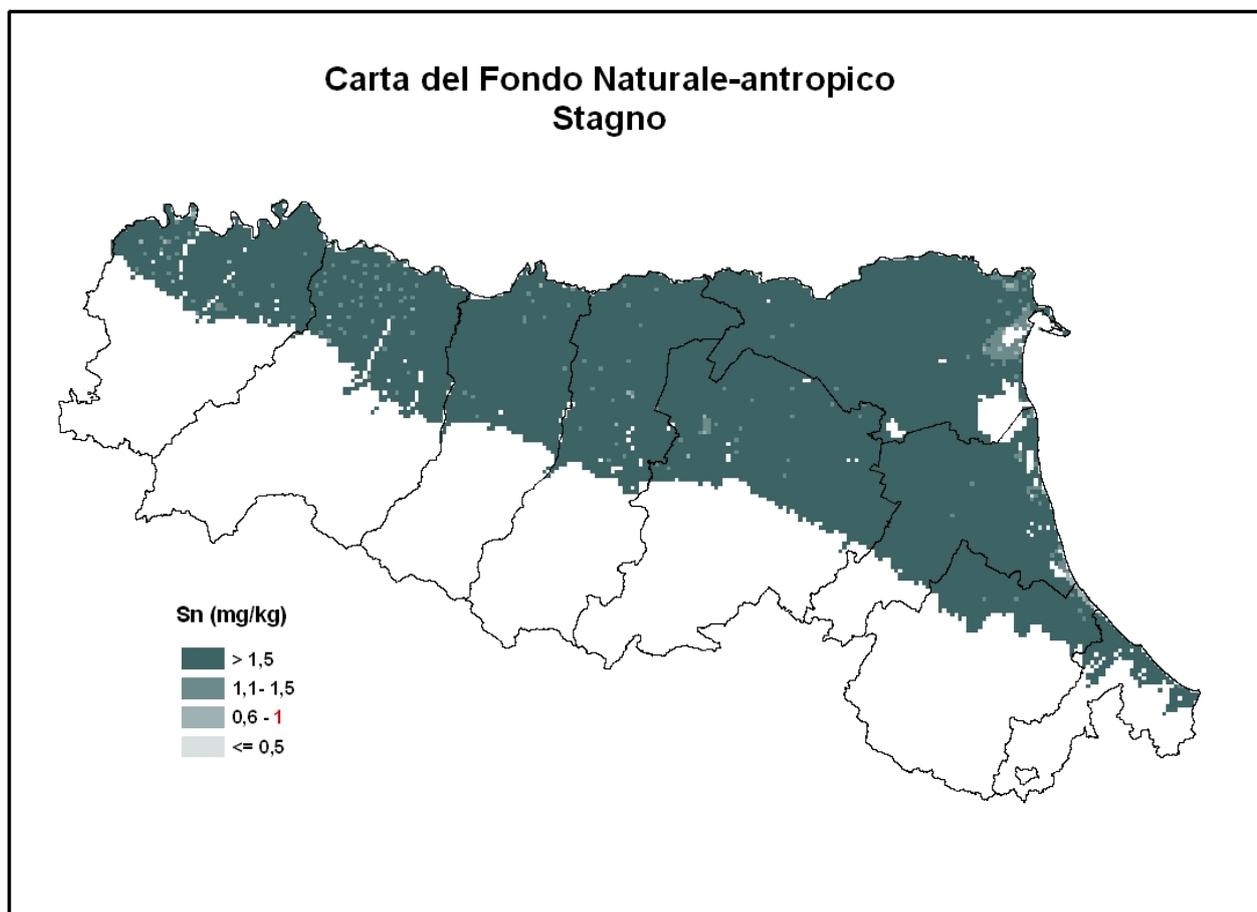


Figura 26. Contenuto naturale-antropico di piombo nei suoli della pianura emiliano-romagnola. Scala 1:250.000

ARSENICO

Il contenuto naturale antropico di arsenico nei suoli della pianura emiliano-romagnola è prevalentemente al di sotto del limite di legge indicato dal D.lgs 152/06 (20 mg kg⁻¹) e contenuto entro i 10 mg kg⁻¹, valore segnalato come “medio” per i suoli in letteratura (Alloway, 1995).

Se si considera la distribuzione areale del 95°percentile risultano arricchite alcune aree che possono essere identificate come province geochimiche in quanto anomalie positive: l'antico delta nel comprensorio ferrarese, la fascia del margine appenninico e la fascia della piana a meandri del Po fino al reggiano ma sempre con valori al di sotto del limite di legge. Solo nel ferrarese, in una piccola area, lo si supera stando alla simulazione geostatistica.

Le motivazioni di questi arricchimenti sono in parte di origine genetica in parte di origine antropica e al momento non c'è riscontro per la parte genetica in quanto non esiste una cartografia del contenuto naturale, tuttavia la componente genetica è legata, nel margine appenninico, alla presenza nel suolo di ossidi e idrossidi di ferro sotto forma di concrezioni e a valori bassi di pH, nelle aree torbose dell'antico delta alla presenza di zolfo spesso in condizioni riducenti e nelle aree della piana a meandri sempre a condizioni riducenti.

I fattori antropici sono principalmente legati all'uso di arseniati e arseniti in agricoltura che è stato massiccio fino alla fine degli anni '70, sia nella frutticoltura che nelle viticoltura finanche nei pioppeti.

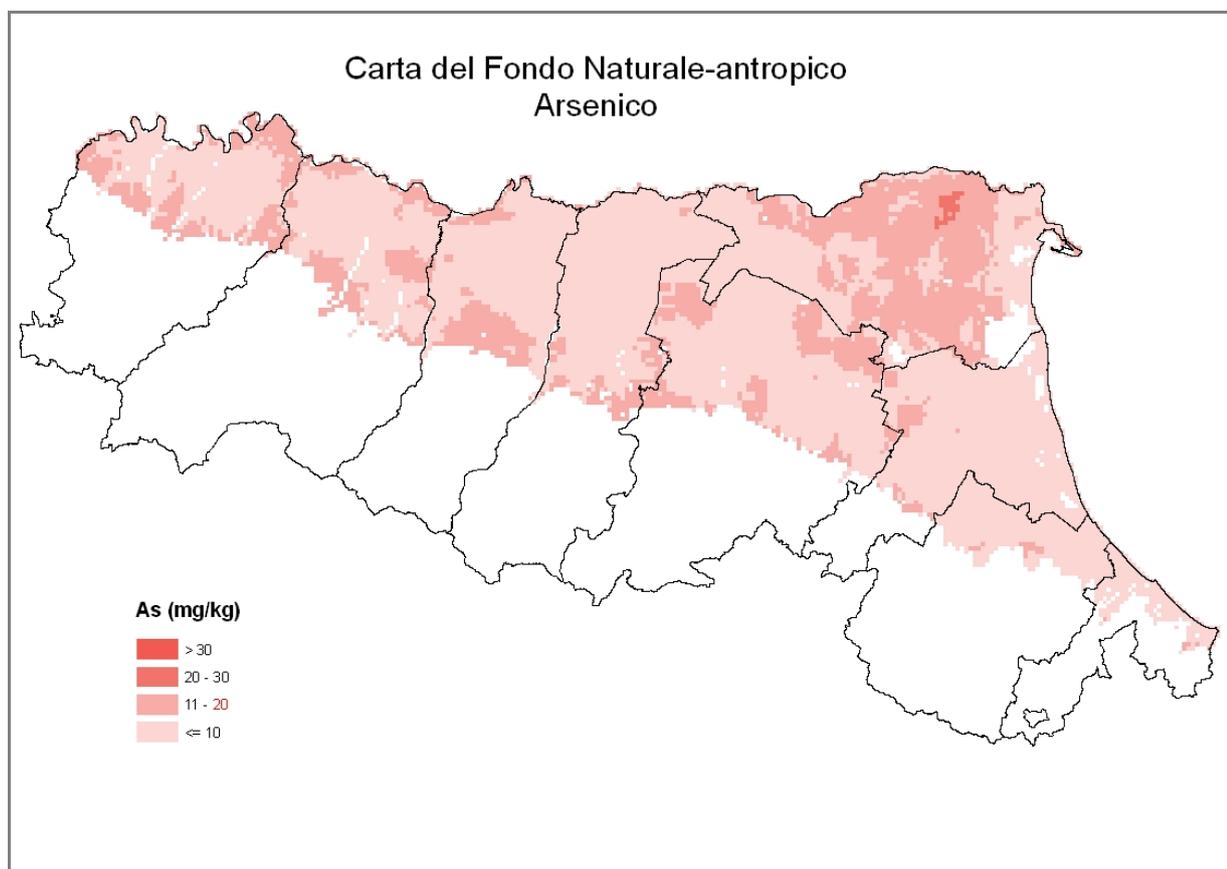


Figura 27. Carta delle **province geochimiche** dell'arsenico

VANADIO

La carta del contenuto di fondo naturale del vanadio è in fase di redazione e sarà pubblicata nel 2016, al momento da quella del contenuto naturale antropico si trae la conclusione che questo metallo risenta in particolar modo della tessitura identificando come province geochimiche tutte le aree interessate da prevalenza di suoli a tessitura fine che tendono a superare il limite di legge. In letteratura altre cause di arricchimento naturale sono state attribuite al contenuto di sostanza organica e alla provenienza: questi aspetti sono tutt'ora oggetto di studio.

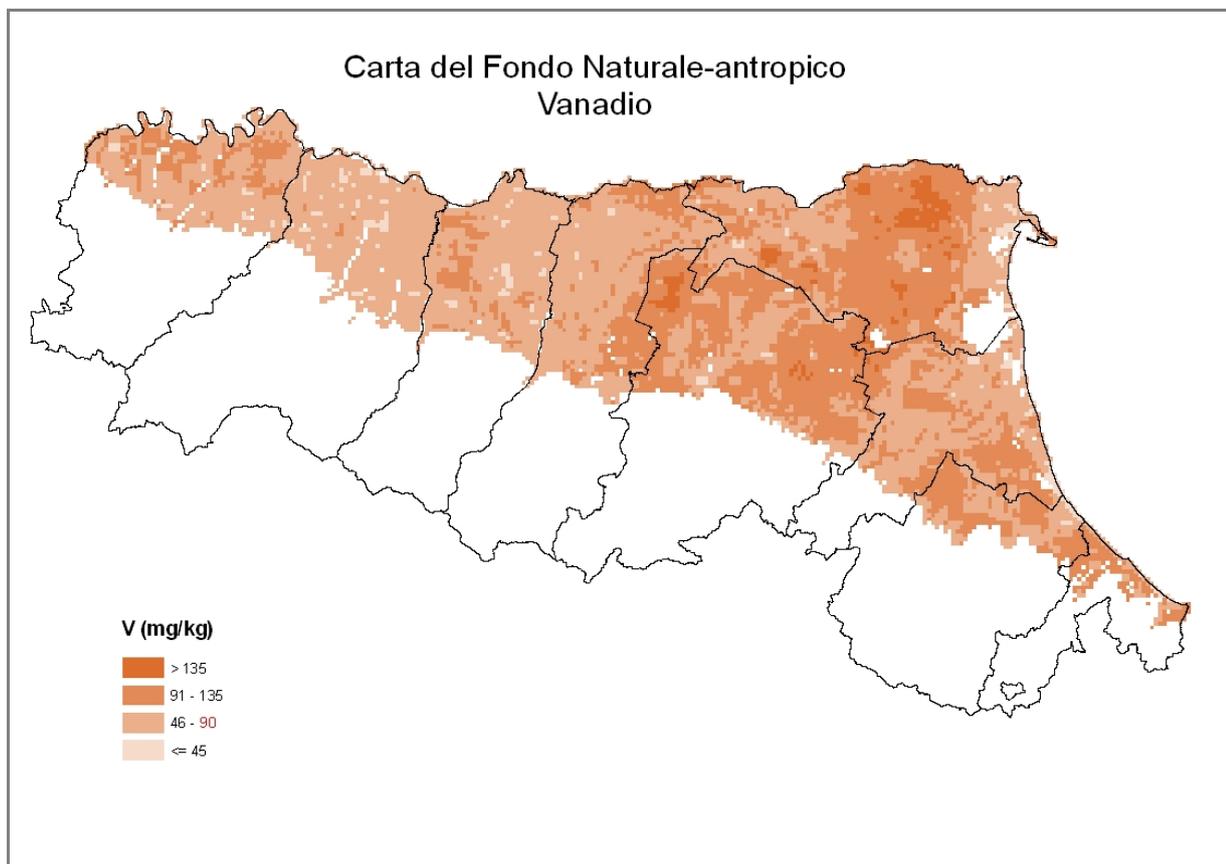


Figura 28. province geochimiche del vanadio secondo la carta del contenuto naturale-antropico

Tutte le cartografie sopra illustrate sono visualizzabili nei siti web

www.cartpedo.it

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-bancedati/webgis-suoli>

e scaricabili come shapefile dal geocatalogo della Regione Emilia-Romagna.

<http://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo/>

Bibliografia

Alloway B.J.,1995. Heavy metals in soils- Blackie Academic & Professional, II edition, London.

A.Amorosi, M.Guermandi,N.Marchi, I.Sammartino,2014. Fingerprinting sedimentary and soil units by their natural metal contents: A new approach to assess metal contamination. Science of the Total Environment 500-501:361-372.

Amorosi A., Sammartino I., Guermandi M., Marchi N., 2012. Note illustrative della Carta Pedogeochemica della Pianura Emiliano-Romagnola alla scala 1:250.000

ARPAV, 2011. Metalli e metalloidi nei suoli del Veneto. Determinazione dei valori di fondo. Dipartimento Provinciale di Treviso, Servizio Suoli, Regione Veneto.

B.Boelviken, G.Kullerud and R.R.Loucks, 1990. Geochemical and metallogenic provinces: a discussion initiated by results from geochemical mapping across northern Fennoscandia. Journal of Geochemical Exploration, 39:49-90.

Decreto Legislativo 03/04/2006, N° 152. Norme in materia ambientale. G.U. 88, 14/04/2006.

Decreto Ministeriale 27 dicembre 2002. G.U n.73 del 28/03/2003 “Attuazione della decisione della Commissione 2002/478/ CE del 20 giugno 2002 concernente la non iscrizione della sostanza attiva “fentin acetato” nell’allegato I della direttiva 91/414/CEE e la revoca delle autorizzazioni di prodotti fitosanitari contenenti detta sostanza attiva.”

Decreto Ministeriale 27 dicembre 2002. G.U n.73 del 29/03/2003 “Attuazione della decisione della Commissione 2002/479/ CE del 20 giugno 2002 concernente la non iscrizione della sostanza attiva “fentin idrossido” nell’allegato I della direttiva 91/414/CEE e la revoca delle autorizzazioni di prodotti fitosanitari contenenti detta sostanza attiva.”

De Nardo M.T., Segadelli S., 2015. Individuazione e classificazione delle unità geologiche ofiolitiche o ofiolitifere nell’Appennino Emilia-romagnolo. Allegato alle Note Illustrative della Carta Pedogeochemica della Pianura Emiliano-romagnola.

ERSAF, 2007. Analisi del contenuto in rame e altri metalli nei suoli agricoli Lombardi - Regione Lombardia-Quaderni della ricerca, n.61

Hoch M., 2001. Organotin compounds in the environment: an overview. Applied Geochemistry 16, 719-743.

ISO/DIS 19258, 2005. Soil quality - Guidance on the determination of background values.

Kabata-Pendias A., Pendias H., 2001. Trace elements in soils and plants. OCR Press, II Ed., Boca Raton.

Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, 2012. Cartografia dei Suoli.
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis-suoli>

Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, 2012. Sito dei Suoli
<http://geo.regione.emilia-romagna.it/carpedo>

Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, 2012. Carta dei Suoli della pianura alla scala 1:50.000- versione digitale 2012.

Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – Carta Geologica dell’Appennino emiliano-romagnolo a scala 1:10.0000.

Ungaro. F., Marchi N., Guermandi M., 2013. Note Illustrative della Carta del fondo naturale-antropico della pianura Emiliano-Romagnola alla scala 1:250.000.