



**Sezione Provinciale di Ferrara**  
**Via Bologna, 534**  
**44124 Ferrara**

# **ALLEGATO “Bando”**

## **Ricerca di microinquinanti nei suoli di Bando d'Argenta in relazione all'impianto di combustione biomasse**

**A cura di : D.ssa Manuela Mengoni  
Dr. Giovanni F. Garasto  
D.ssa Simona Coppi**

**Ferrara, febbraio 2010**

# Ricerca di microinquinanti nei suoli di Bando d'Argenta

## in relazione all'impianto di combustione biomasse

Lo studio è stato realizzato nell'anno 2008, dalla Sezione di Ferrara di ARPA Emilia Romagna, a integrazione, per la parte suolo, delle relazioni conoscitive periodicamente consegnate al Comune di Argenta dopo il 2003.

Hanno curato l'indagine l'ing. *Gian Luca Guglielmini*, il dott. *Giovanni F. Garasto* e la dott.ssa *Simona Coppi*, che si sono avvalsi, per l'effettuazione dei campionamenti e delle varie elaborazioni statistiche e cartografiche dei dati, della dott.ssa *Manuela Mengoni*.

Hanno inoltre collaborato i Dipartimenti Tecnici delle Sezioni Arpa di Ferrara e Ravenna che hanno effettuato le analisi sui campioni raccolti.

### 1. Ambito dell'indagine

L'impianto di produzione di energia posizionato in Bando d'Argenta è stato al centro dell'attenzione degli Enti locali e dell'opinione pubblica sin dal 2000, anno in cui veniva completato il relativo procedimento di VIA (Valutazione d'Impatto Ambientale).

L'impianto, sorto su precedente sito industriale (zuccherificio), era autorizzato a produrre energia mediante la combustione di biomasse legnose non trattate. Tra i vari monitoraggi d'immissioni era inserito quello annuale dei suoli superficiali, limitato però a soli 8 punti di campionamento *ante operam* e 5 punti *post operam* (dal 2003).

Terminati i rilievi sulle aree all'intorno degli inceneritori di Ferrara (Via Conchetta e Via Diana-Canal Bianco), approfittando dell'esperienza maturata, Arpa Ferrara decideva di pervenire a una migliore conoscenza della situazione dei suoli superficiali di Bando, al contempo verificando la fattibilità e migliorando, se possibile, la metodologia messa a punto per le precedenti diverse situazioni emissive.

In **figura 1.2** si rappresentano la *ratio* ed i principali elementi in gioco nelle rilevazioni sui terreni superficiali quali recettori di contaminazioni atmosferiche.

In termini generali, l'*effetto memoria* di un suolo, ovviamente variabile a seconda delle caratteristiche chimico-fisiche degli inquinanti in studio, vale purtroppo per tutte le immissioni che interessano la porzione d'area indagata: le ricadute da una sorgente specifica vanno infatti a mescolarsi con numerosissimi potenziali 'confondenti', capaci di nascondere le tracce a seconda dei relativi rapporti fra le diverse concentrazioni immesse dall'esterno o già presenti naturalmente nel suolo coinvolto. Le sorgenti (puntuali, lineari, areali, variamente distribuite nel luogo), la diffusione a distanza di contaminanti, la situazione meteo sono tutte variabili influenti sul tenore dei contaminanti rinvenuti.

Le elaborazioni su base spaziale e temporale dei dati delle indagini hanno per l'appunto lo scopo, con l'ausilio delle informazioni disponibili sul sito, di discernere fra le varie componenti della contaminazione superficiale. Tra gli elementi che possono rendere difficoltosa la lettura dei dati sono le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche dei siti: si pensi, per esempio, alla tessitura locale del suolo (in termini di composizione percentuale di sabbia, limo e argilla) o all'origine geochimica del terreno esaminato. Le difficoltà diventano ancora maggiori quando capita d'imbattersi in fatti episodici di mescolamento meccanico, d'introduzione di terreni di riporto (anche risalente a molti anni prima), di micro-sversamenti e depositi che nulla hanno a che fare con le emissioni della sorgente in studio.



Figura 1.1 Vista del camino dell'impianto di produzione energia di Bando d'Argenta.

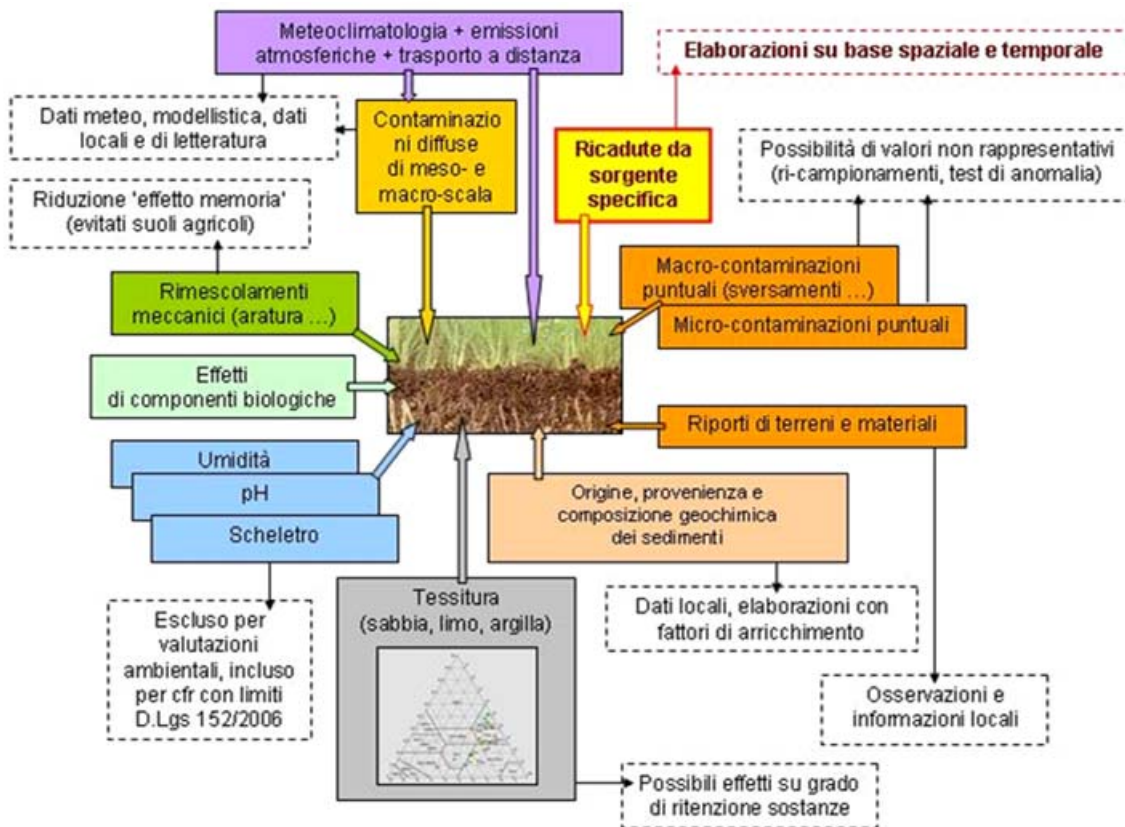


Figura 1.2 Premesse ed elementi caratteristici delle indagini effettuate

Volendo tracciare un'estrema semplificazione di un'indagine come quella qui presentata, si può considerare la successiva **figura 1.3**. L'interpretazione delle immagini è relativamente semplice: ci sono le rappresentazioni della contaminazione diffusa di meso- e macro-scala e delle possibili micro-contaminazioni puntuali che 'si assommano' agli effetti della locale diffusione (modulata dal 'meteo') delle sostanze emesse dalla sorgente in studio (nello specifico, la Centrale di Bando) e che portano alla rappresentazione in alto a destra; invece, in basso a destra c'è la rappresentazione dell'applicazione della strategia di campionamento adottata con l'individuazione dei siti indagati.

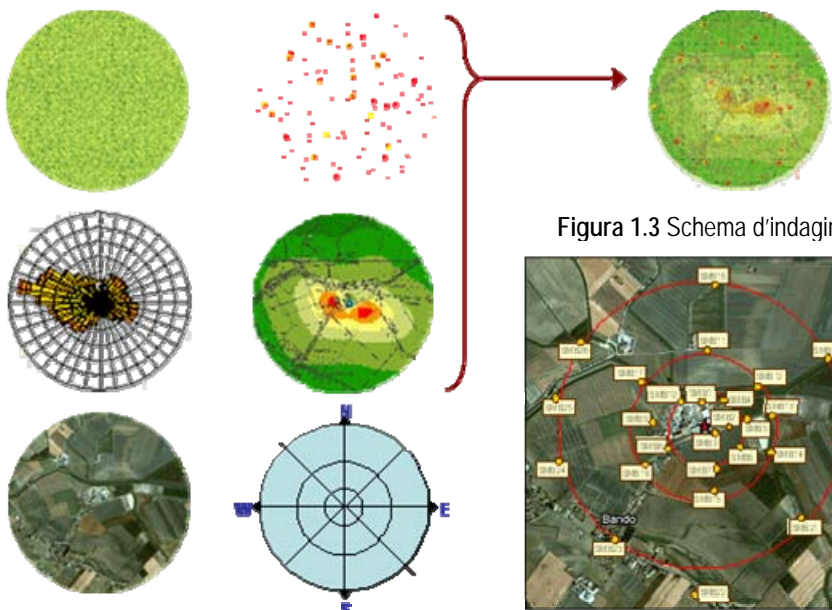


Figura 1.3 Schema d'indagine

Nelle **figure 1.4 e 1.5** si provvede a visualizzare meglio l'area in studio, così come le situazioni meteo e alcuni esiti di simulazioni modellistiche relative agli anni 2005 e 2007. Va notato come, nei pressi della Centrale, non siano presenti altre emissioni puntiformi significative, mentre l'insediamento abitativo più prossimo ad essa è costituito da Bando (a circa 1 Km a SW). Va anche notato come la disposizione spaziale dei siti di campionamento abbia ricalcato quella di precedente analoga indagine effettuata Ferrara ('Via Diana').

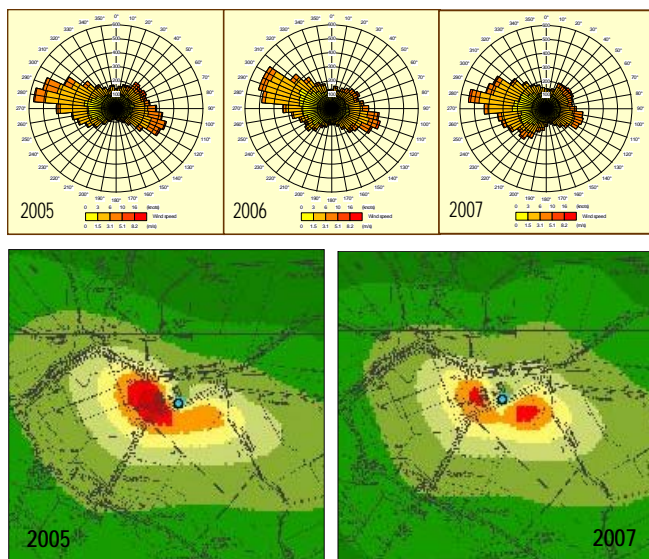


Figura 1.4

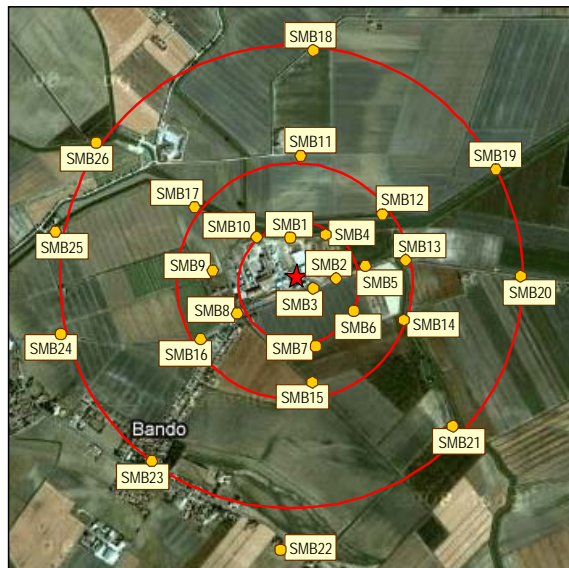


Figura 1.5 Bando: griglia e siti di campionamento

Sono stati individuati 26 siti e precisamente:

- 3 siti di influenza entro 200 m di distanza dal camino (punti ‘SMB1’ a N, ‘SMB2’ a E, ‘SMB3’ a SE);
- 8 siti fra 220 e 400 m dal camino (SMB4; SMB5; SMB6; SMB7; SMB8; SMB9; SMB10; SMB15);
- 6 siti a circa 500 m dal camino (SMB11; SMB12; SMB13; SMB14; SMB16; SMB17);
- 9 siti a 1-1.2 Km dal camino (SMB18; SMB19; SMB20; SMB21; SMB22; SMB24; SMB25; SMB26; e SMB23 nell’insediamento abitativo di Bando).

Anche la metodologia di campionamento ha sostanzialmente ricalcato quanto operato in precedenza (vedi **figure 1.6 e 1.7**); è stata però introdotta la rilevazione delle dimensioni delle particelle (*granulometria*) e del *pH* dei terreni. I parametri ricercati sono quindi stati:

- 16 metalli (*antimonio, arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo totale ed esavalente, mercurio, nichel, piombo, rame, selenio, stagno, tallio, vanadio e zinco*);
- 7 diossine e 10 furani (*2,3,7,8-T4CDD; 1,2,3,7,8-P5CDD; 1,2,3,4,7,8-H6CDD; 1,2,3,6,7,8-H6CDD; 1,2,3,7,8,9-H6CDD; 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD; O8CDD; 2,3,7,8-T4CDF; 1,2,3,7,8-P5CDF; 2,3,4,7,8-P5CDF; 1,2,3,4,7,8-H6CDF; 1,2,3,6,7,8-H6CDF; 2,3,4,6,7,8-H6CDF; 1,2,3,7,8,9-H6CDF; 1,2,3,4,6,7,8-H7CDF; 1,2,3,4,7,8,9-H7CDF; O8CDF*);
- 28 PCB (*T4CB-81; T4CB-77; P5CB-123; P5CB-118; P5CB-114; P5CB-105; P5CB-126; H6CB-(167+128); H6CB-156; H6CB-157; H7CB-(180+193); H6CB-169; H7CB-170; H7CB-189; T3CB-28; T4CB-52; P5CB-95; P5CB-101; P5CB-99; P5CB-110; H6CB-151; H6CB-149; H6CB-146; H6CB-(153+168); H6CB-138; H7CB-187; H7CB-183; H7CB-177*);
- 21 IPA (*Naftalene; Acenaftene; Acenaftilene; Fluorene; Fenantrene; Fluorantene; Antracene; Pirene; Benzo(a)antracene; Crisene; Benzo(b+j)fluorantene; Benzo(k)fluorantene; Benzo(a)pirene; Benzo(e)pirene; Dibenzo(a,h)antracene; Indeno(1,2,3,c,d)pirene; Benzo(g,h,i)perilene; Dibenzo(a,e)pirene; Dibenzo(a,i)pirene; Dibenzo(a,h)pirene; Dibenzo(a,l)pirene*);
- pH;
- % sabbia, limo, argilla.



Figura 1.6 Strumenti per il campionamento

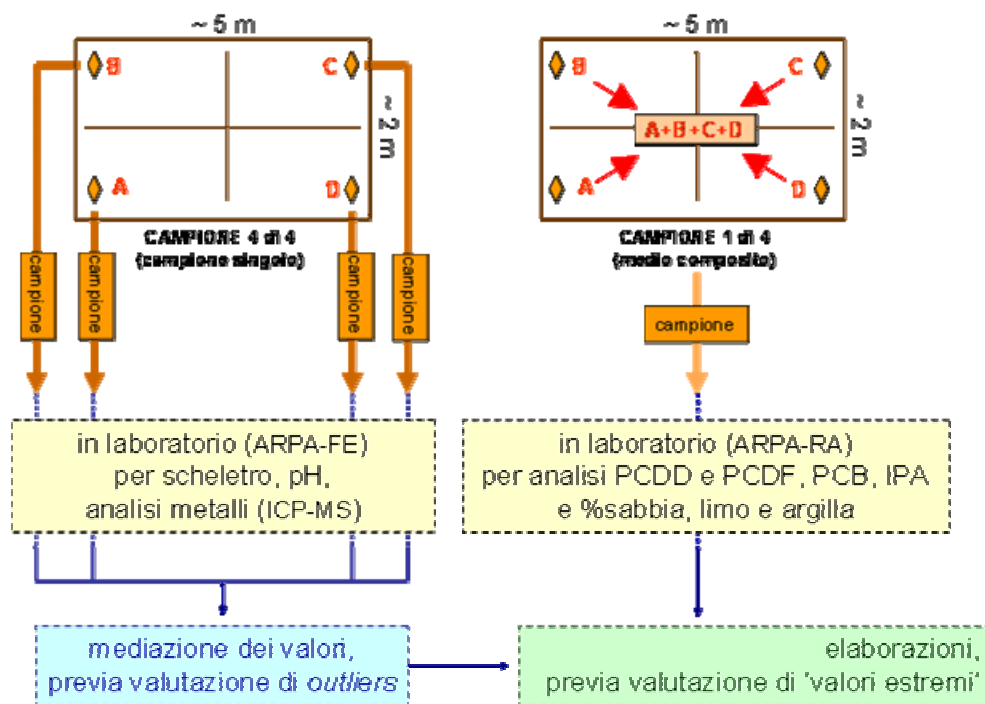


Figura 1.7 Schema-base di campionamento, analisi ed elaborazione dei dati

## 2. Alcune caratteristiche del suolo: tessitura e pH

Le particelle minerali (frazione inorganica) che costituiscono il suolo hanno una grande variabilità di forme e dimensioni. Quelle il cui diametro supera i 2 mm compongono lo *scheletro*; la frazione con granuli inferiori ai 2 mm è detta *terra fine* che è rappresentata da sabbia, limo e argilla:

- le particelle sabbiose hanno un diametro compreso tra 2000 $\mu$  e 50 $\mu$ ;
- le particelle limose hanno un diametro compreso tra 50 $\mu$  e 2 $\mu$ ;
- le particelle argillose hanno un diametro < 2 $\mu$ .

La distribuzione percentuale delle particelle di sabbia, limo e argilla definisce la **tessitura** del suolo. Vengono utilizzate delle specifiche classificazioni per questa proprietà; tra i diversi sistemi la Regione Emilia-Romagna ha adottato quello utilizzato dal *Dipartimento di Agricoltura degli USA* (USDA-NRCS). La tessitura influenza notevolmente la struttura e la porosità del suolo (regolandone l'areazione), il trattenimento e la ritenzione di acqua, lo scambio ionico e il potenziale *redox*. La *sabbia* è formata principalmente da minerali primari ereditati dalla roccia madre, pertanto si può considerare come prodotto di disaggregazione della roccia stessa o del substrato pedogenetico. I terreni sabbiosi, caratterizzati da particelle di diametro piuttosto elevato, sono ricchi di macropori che facilitano la circolazione di acqua e aria, determinando un buon drenaggio e scarsa capacità di trattenere liquidi ed elementi nutritivi. La *porzione argillosa* presenta solo piccole quantità di minerali primari (quali silicati, carbonati, solfati, solfuri e ossidi) molto suddivisi; la componente principale è costituita da prodotti di neoformazione che assumono le caratteristiche proprie della frazione colloidale. Le particelle di argilla hanno un particolare aspetto a scaglie e favoriscono un'elevata attività superficiale contribuendo alla ritenzione d'acqua e di elementi nutritivi. I terreni *limosi* mostrano caratteristiche abbastanza simili a quelli argillosi ma non riescono a formare complessi con la sostanza organica e, rispetto ai terreni sabbiosi, hanno un maggior contenuto in miche e feldspati, minore in quarzo, e capacità di scambio cationico più elevato. In conclusione, ad incidere soprattutto sulle proprietà più spiccatamente chimiche è la frazione argillosa, mentre quelle sabbiosa e limosa costituiscono una sorta d'intelaiatura inerte (*"Chimica delle deposizioni secche ed umide: interazioni con matrici ambientali e materiali"* - Università degli studi di Bologna, Tesi di Dottorato in Chimica Industriale).

In seguito all'analisi granulometrica delle particelle e della distribuzione percentuale di sabbia, limo e argilla, è stato possibile classificare la tessitura dei campioni di suolo intorno alla Centrale a biomasse di Bando d'Argenta (FE) attraverso il sistema USDA-NRCS.

I suoli campionati mostrano prevalentemente classi tessiturali a elevato contenuto di limo e argilla. Più precisamente s'individuano 6 classi:

- franco sabbioso (campione 3);
- franco (campioni 5, 12, 14, 25);
- franco limoso (campioni 1, 2, 4, 8, 9, 22, 23);
- franco limoso argilloso (campioni 10, 16, 17, 21, 26);
- franco argilloso (campioni 19, 18);
- argilloso limoso (campioni 6, 7, 11, 13, 15, 20, 24)

Le **figure 2.2 e 2.3** mostrano la distribuzione dei campioni prelevati nel corso dell'indagine, la prima in relazione alla classificazione USDA-NRCS, la seconda a seguito di un'elaborazione con *software Surfer* che mostra un'area con maggiore percentuale di argilla a S-SW della Centrale.

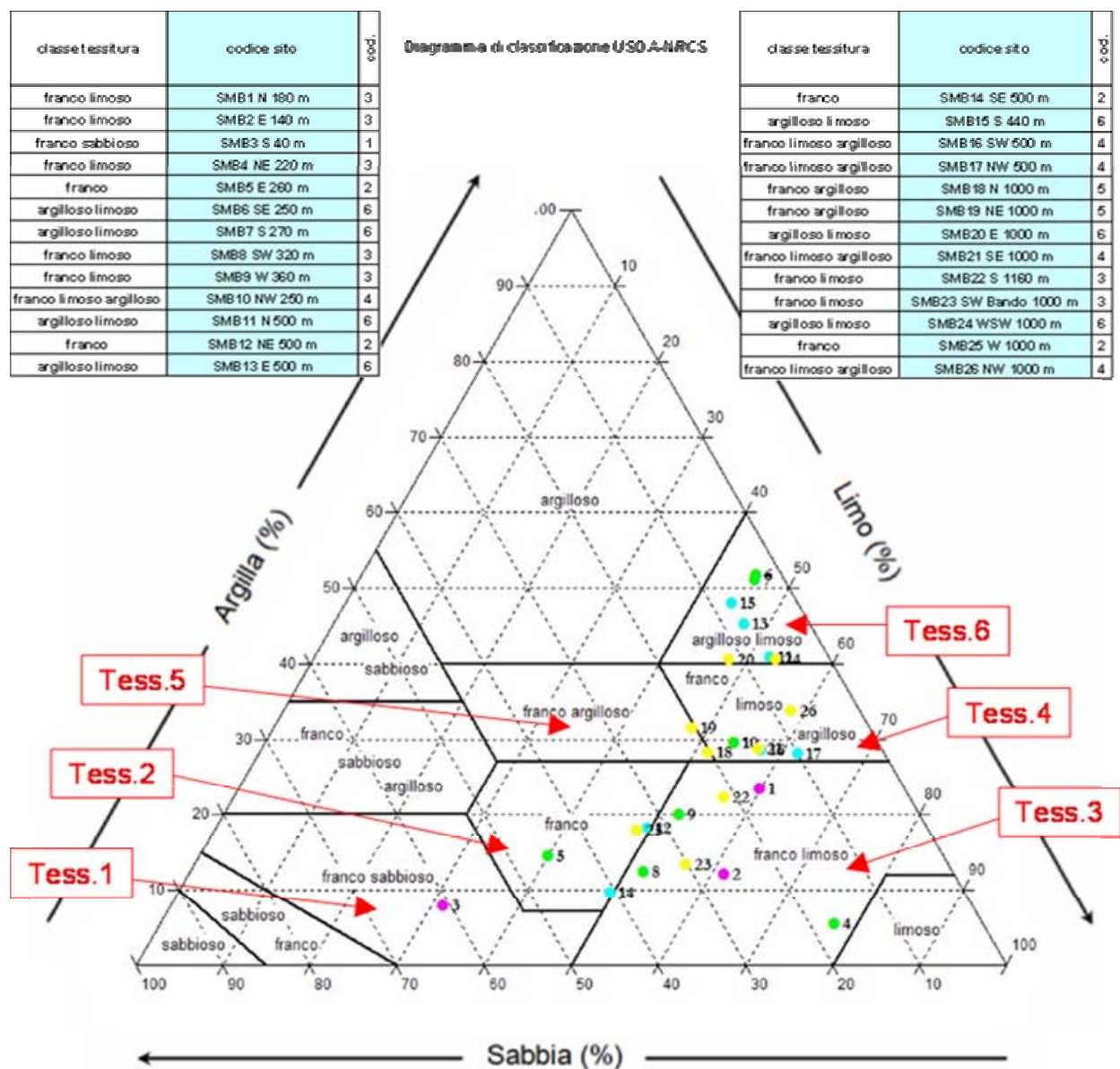
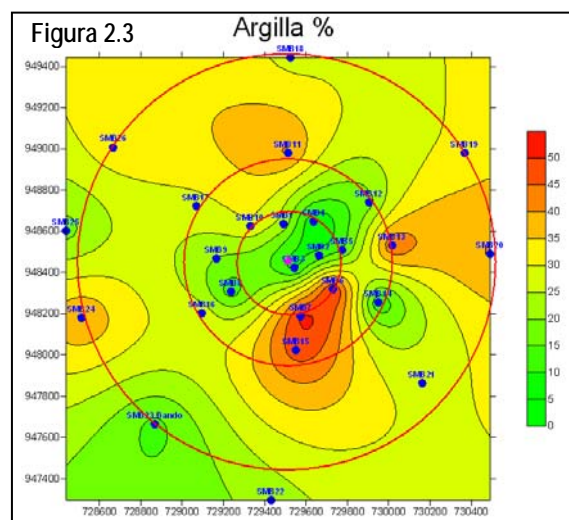
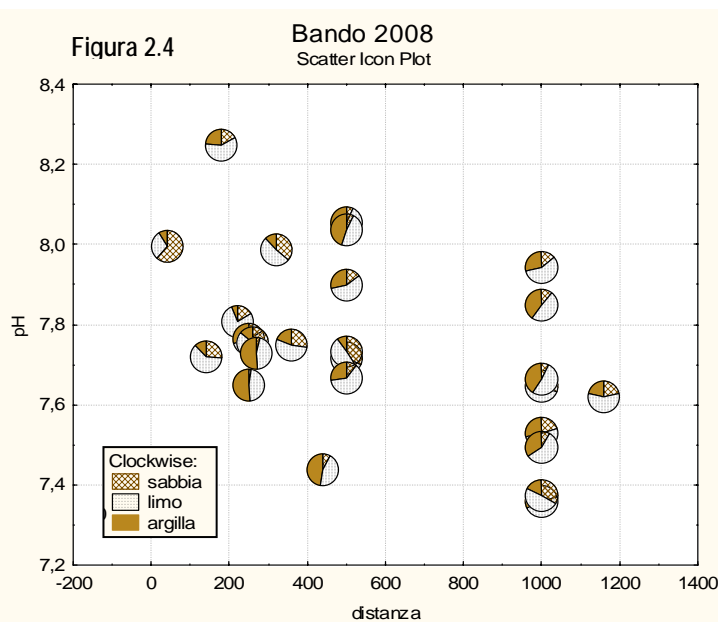


Figura 2.2 Bando d'Argenta. La tessitura dei suoli.

La **figura 2.4**, infine, contiene uno *scatter icon plot* della tessitura dei siti in funzione della distanza dal camino e del pH dei terreni campionati.



Quanto a quest'ultima caratteristica, il *pH* (che descrive la reazione del terreno rappresentandone la misura di acidità/neutralità/alcalinità), esso è proprietà fondamentale del suolo in grado di agire su molti processi fisici, chimici e

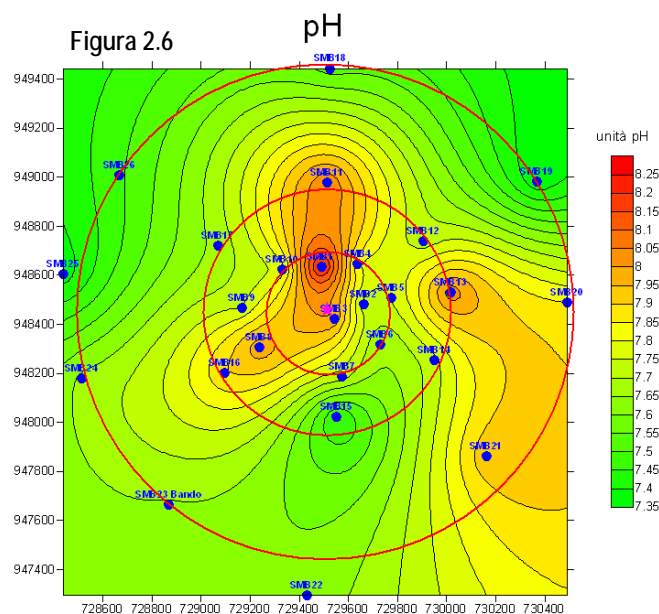
biologici. Esso influenza (*Arpa Emilia-Romagna - Annuario Regionale dei dati ambientali 2008*) la solubilità dei nutrienti, il tipo dei microrganismi e la loro attività, l'interazione coi fitofarmaci, la corrosività e la mobilità dei metalli pesanti (molti dei quali diventano più solubili in suoli con pH acido, potendo pertanto più facilmente muoversi e raggiungere acque superficiali e profonde).

La classificazione dei terreni in funzione del pH segue schemi che possono differire leggermente per i limiti di demarcazione delle classi e per la denominazione ma che sono sostanzialmente simili. Nella **figura 2.5** si riporta un esempio ricavato dalla letteratura, mentre la **figura 2.6** si riferisce a un'elaborazione spaziale con *software Surfer*, che consente di apprezzare le variazioni di pH dell'area.

fonte: US Department of Agriculture (1993) **Figura 2.5**

Denominazione	Gamma del pH
Ultra acidi	meno di 3,5
Estremamente acidi	3,5 - 4,4
Molto fortemente acidi	4,5 - 5,0
Fortemente acidi	5,1 - 5,5
Moderatamente acidi	5,6 - 6,0
Debolmente acidi	6,1 - 6,5
Neutri	6,6 - 7,3
Debolmente alcalini	7,4 - 7,8
Moderatamente alcalini	7,9 - 8,4
Fortemente alcalini	8,5 - 9,0
Molto fortemente alcalini	oltre 9,0

I suoli campionati a Bando hanno presentato un pH medio di 7,7; essi appartengono ai suoli alcalini, considerati calcarei, in quanto hanno un elevato contenuto di carbonato di calcio. In particolare si sono individuati suoli debolmente alcalini e moderatamente alcalini; inoltre, i campioni del sito SMB4 e, in maniera minore, quelli dei siti SMB16 e SMB1 contenevano quantità visibili di "calce di defecosaturazione", depositate probabilmente in passato quando era attivo l'ex Zuccherificio, che era ubicato nell'attuale area di studio.



Risulta molto interessante, a questo punto, esaminare le due caratteristiche del suolo testé illustrate (tessitura e pH) incrociandole con i rilievi dei vari contaminanti cercati.

Nel merito va detto che, ai fini di una corretta interpretazione di dati che includano in sé diverse ‘componenti’, è sempre opportuno effettuare, su quei dati, elaborazioni multiple; la *slide* in **figura 2.7** mostra un’esemplificazione nel merito. Poiché nei siti vanno non di rado a intrecciarsi situazioni di contaminazione di diversa origine, tra cui possibili micro-inquinamenti puntuali di entità non trascurabile, si è ritenuto importante cercare d’individuare, nel complesso dei siti, eventuali anomalie e casi ‘estremi’. Le **figure 2.8 e 2.9**, che contengono *multiple box plots* relativi a tutti i parametri rilevati, hanno consentito di connotare come ‘estremi’ i siti SMB5, SMB9, SMB18, SMB25; a tale serie si è ritenuto di aggiungere anche il sito SMB4, contenente valori ‘anomali’ (*outliers*) e, come più sopra detto, contenente tracce evidenti di ‘calce di defecosaturazione’. Si è deciso allora di elaborare grafici di correlazione tra i vari parametri sia includendo che escludendo detti siti: la loro ‘eliminazione’, senza nulla togliere all’opportunità di procedere ad ulteriori approfondimenti conoscitivi specifici, è risultata in grado di mettere in risalto la distribuzione delle immissioni in relazione alla distanza dalla sorgente di emissione.

Per interpretare ...

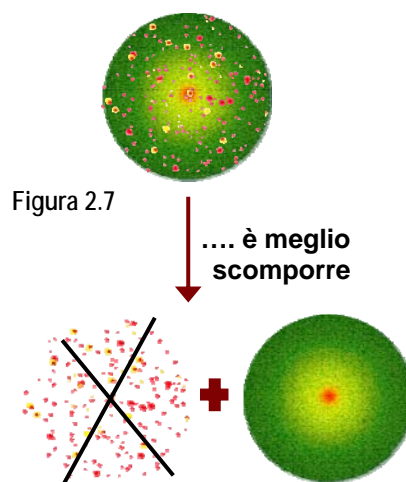
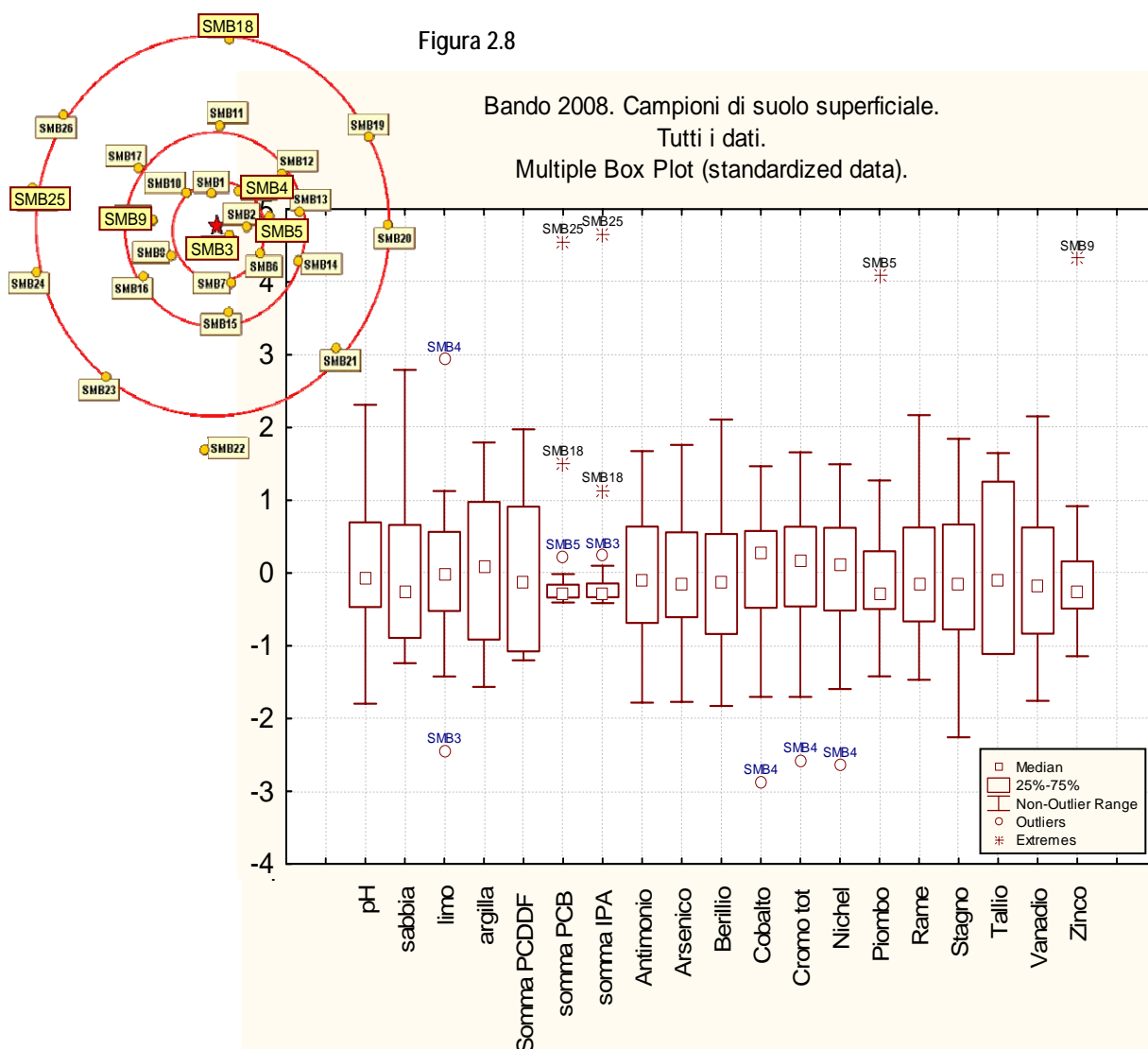
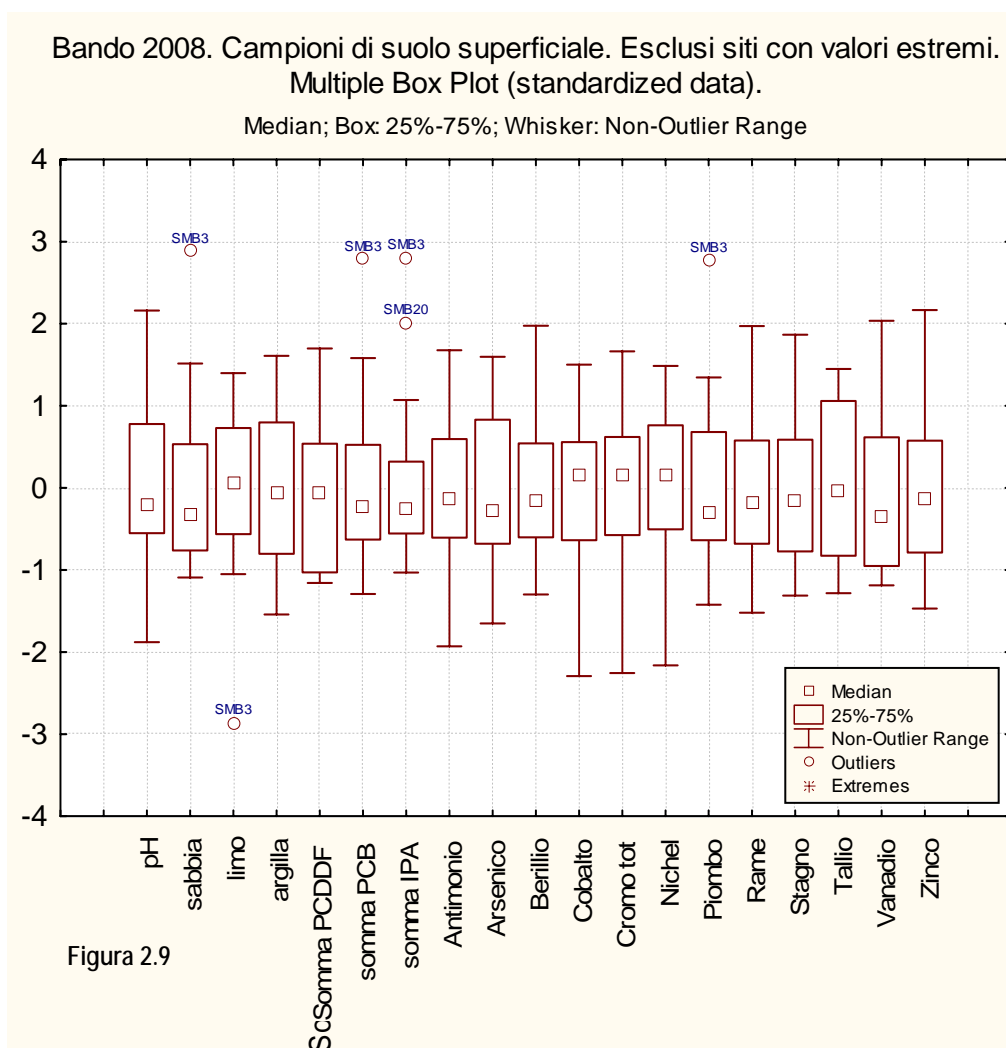


Figura 2.7





Le successive **figure dalla 2.10 alla 2.15** riportano dati e grafici di correlazione. Nelle tabelle delle prime due (*figg. 2.10 e 2.11*) sono indicati gli esiti di tutte le correlazioni ( **$p < 0.01$  in rosso**;  **$p < 0.05$  in blu**;  **$p < 0.10$  in nero grassetto**; altri in nero non grassetto) relative ai parametri microinquinanti organici (PCDD+PCDF, PCB, IPA) e a pH, % argilla e distanza dei siti dal camino. Va notato che la prima elaborazione (*fig. 2.10*) si riferisce ai dati tal quali, mentre la seconda (*fig. 2.11*) è stata effettuata al fine di massimizzare l'evidenza delle correlazioni escludendo i dati dei citati 'siti estremi'. Analogamente si è proceduto con i risultati dei rilievi dei metalli: nelle tabelle relative (*figg. 2.12, 2.13, 2.14 e 2.15*) sono stati indicati però solo gli esiti delle correlazioni risultate significative o al limite ( **$p < 0.01$  in rosso**;  **$p < 0.05$  in blu**;  **$p < 0.10$  in nero grassetto**).

Circa i microinquinanti organici, si nota come non si possano evidenziare relazioni di questi né con il pH né con la percentuale di *argilla* del suolo, mentre una correlazione inversa con la distanza dal camino si ottiene per il parametro PCDD+PCDF e, solo dopo l'eliminazione dei 'siti estremi', per il parametro PCB.

Quanto agli inorganici, l'eliminazione dei 'siti estremi' risulta in grado di omogeneizzare il comportamento di *piombo* e *zinco* con quello degli altri metalli ricercati: tutti vengono a mostrare una correlazione con la percentuale di *argilla* del suolo. Per nessun metallo è peraltro evidenziabile una correlazione con la distanza dal camino della Centrale.

Figura 2.10

Bando 2008. Campioni di suolo superficiale. Tutti i dati.  
Matrix plot.

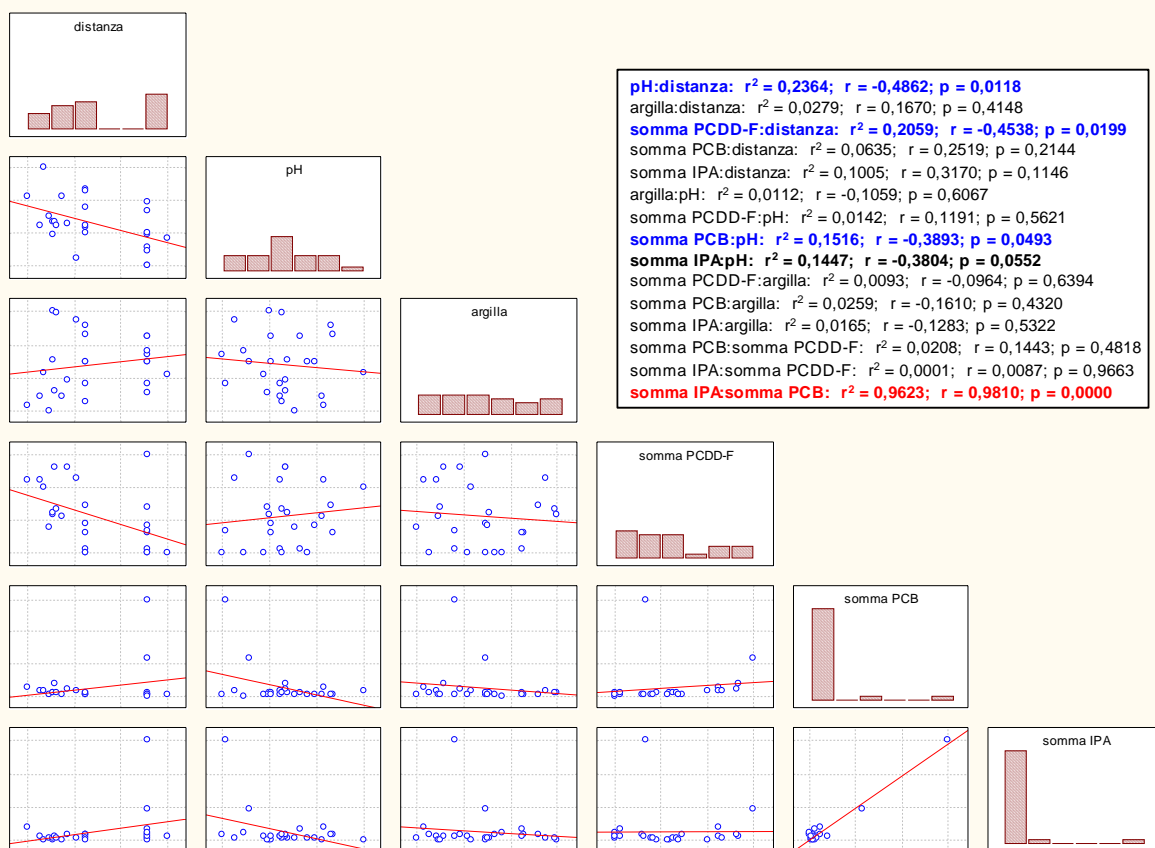


Figura 2.11

Bando 2008. Campioni di suolo superficiale. Esclusi siti con valori estremi.  
Matrix plot.

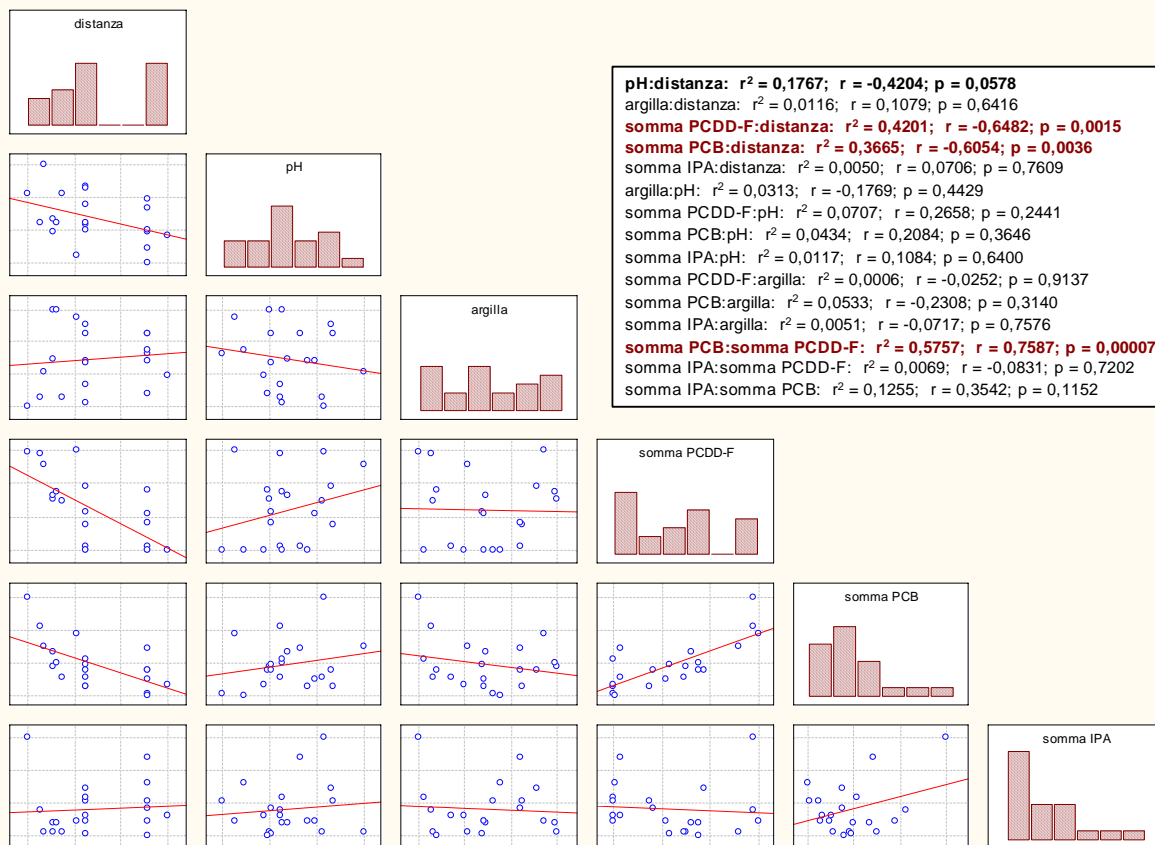


Figura 2.12 Bando 2008. Campioni di suolo superficiale. Tutti i dati.  
Matrix plot.

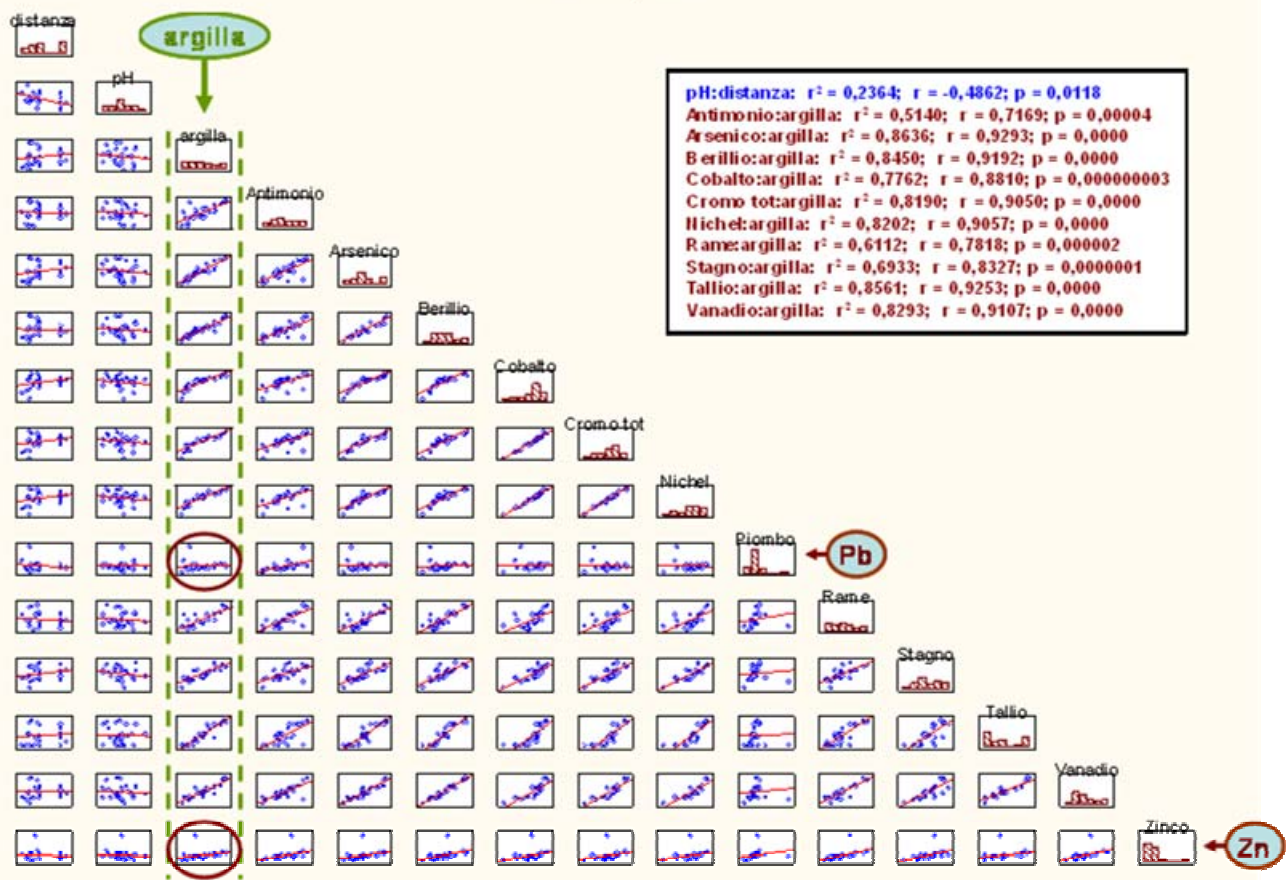
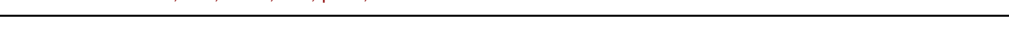


Figura 2.13

Arsenico:Antimonio: $r^2 = 0,5349$ ; $r = 0,7314$ ; $p = 0,00002$	Cromo tot:Cobalto: $r^2 = 0,9694$ ; $r = 0,9846$ ; $p = 0,00000$
Berillio:Antimonio: $r^2 = 0,5734$ ; $r = 0,7573$ ; $p = 0,000008$	Nichel:Cobalto: $r^2 = 0,9754$ ; $r = 0,9876$ ; $p = 0,00000$
Cobalto:Antimonio: $r^2 = 0,3804$ ; $r = 0,6167$ ; $p = 0,0008$	Rame:Cobalto: $r^2 = 0,3803$ ; $r = 0,6167$ ; $p = 0,0008$
Cromo tot:Antimonio: $r^2 = 0,3740$ ; $r = 0,6116$ ; $p = 0,0009$	Stagno:Cobalto: $r^2 = 0,6472$ ; $r = 0,8045$ ; $p = 0,0000007$
Nichel:Antimonio: $r^2 = 0,4013$ ; $r = 0,6335$ ; $p = 0,0005$	Tallio:Cobalto: $r^2 = 0,6725$ ; $r = 0,8201$ ; $p = 0,0000003$
Piombo:Antimonio: $r^2 = 0,3359$ ; $r = 0,5796$ ; $p = 0,0019$	Vanadio:Cobalto: $r^2 = 0,7246$ ; $r = 0,8513$ ; $p = 0,00000004$
Rame:Antimonio: $r^2 = 0,5817$ ; $r = 0,7627$ ; $p = 0,000006$	Zinco:Cobalto: $r^2 = 0,1266$ ; $r = 0,3558$ ; $p = 0,0745$
Stagno:Antimonio: $r^2 = 0,3970$ ; $r = 0,6301$ ; $p = 0,0006$	Nichel:Cromo tot: $r^2 = 0,9840$ ; $r = 0,9920$ ; $p = 0,00000$
Tallio:Antimonio: $r^2 = 0,5103$ ; $r = 0,7143$ ; $p = 0,00004$	Rame:Cromo tot: $r^2 = 0,4079$ ; $r = 0,6387$ ; $p = 0,0004$
Vanadio:Antimonio: $r^2 = 0,6373$ ; $r = 0,7983$ ; $p = 0,000001$	Stagno:Cromo tot: $r^2 = 0,6617$ ; $r = 0,8135$ ; $p = 0,0000004$
Zinco:Antimonio: $r^2 = 0,2090$ ; $r = 0,4572$ ; $p = 0,0189$	Tallio:Cromo tot: $r^2 = 0,7099$ ; $r = 0,8426$ ; $p = 0,00000007$
Berillio:Arsenico: $r^2 = 0,8426$ ; $r = 0,9179$ ; $p = 0,0000$	Vanadio:Cromo tot: $r^2 = 0,7663$ ; $r = 0,8754$ ; $p = 0,000000005$
Cobalto:Arsenico: $r^2 = 0,7756$ ; $r = 0,8807$ ; $p = 0,000000003$	Rame:Nichel: $r^2 = 0,4256$ ; $r = 0,6524$ ; $p = 0,0003$
Cromo tot:Arsenico: $r^2 = 0,8054$ ; $r = 0,8975$ ; $p = 0,0000$	Stagno:Nichel: $r^2 = 0,6778$ ; $r = 0,8233$ ; $p = 0,0000002$
Nichel:Arsenico: $r^2 = 0,8262$ ; $r = 0,9089$ ; $p = 0,0000$	Tallio:Nichel: $r^2 = 0,7214$ ; $r = 0,8493$ ; $p = 0,00000004$
Rame:Arsenico: $r^2 = 0,6277$ ; $r = 0,7923$ ; $p = 0,000001$	Vanadio:Nichel: $r^2 = 0,7654$ ; $r = 0,8749$ ; $p = 0,000000005$
Stagno:Arsenico: $r^2 = 0,6496$ ; $r = 0,8060$ ; $p = 0,0000007$	Stagno:Rame: $r^2 = 0,5794$ ; $r = 0,7612$ ; $p = 0,000006$
Tallio:Arsenico: $r^2 = 0,8154$ ; $r = 0,9030$ ; $p = 0,0000$	Tallio:Rame: $r^2 = 0,6680$ ; $r = 0,8173$ ; $p = 0,0000003$
Vanadio:Arsenico: $r^2 = 0,8761$ ; $r = 0,9360$ ; $p = 0,0000$	Vanadio:Rame: $r^2 = 0,7857$ ; $r = 0,8864$ ; $p = 0,000000002$
Zinco:Arsenico: $r^2 = 0,1263$ ; $r = 0,3555$ ; $p = 0,0747$	Zinco:Rame: $r^2 = 0,2928$ ; $r = 0,5411$ ; $p = 0,0043$
Cobalto:Berillio: $r^2 = 0,7622$ ; $r = 0,8731$ ; $p = 0,000000006$	Tallio:Stagno: $r^2 = 0,5541$ ; $r = 0,7444$ ; $p = 0,00001$
Cromo tot:Berillio: $r^2 = 0,8101$ ; $r = 0,9000$ ; $p = 0,0000$	Vanadio:Stagno: $r^2 = 0,6591$ ; $r = 0,8118$ ; $p = 0,0000005$
Nichel:Berillio: $r^2 = 0,7887$ ; $r = 0,8881$ ; $p = 0,000000001$	Zinco:Stagno: $r^2 = 0,2375$ ; $r = 0,4873$ ; $p = 0,0116$
Rame:Berillio: $r^2 = 0,7076$ ; $r = 0,8412$ ; $p = 0,000000007$	Vanadio:Tallio: $r^2 = 0,8485$ ; $r = 0,9211$ ; $p = 0,0000$
Stagno:Berillio: $r^2 = 0,6655$ ; $r = 0,8158$ ; $p = 0,0000004$	Zinco:Tallio: $r^2 = 0,1160$ ; $r = 0,3406$ ; $p = 0,0886$
Tallio:Berillio: $r^2 = 0,8476$ ; $r = 0,9207$ ; $p = 0,0000$	Zinco:Vanadio: $r^2 = 0,2579$ ; $r = 0,5078$ ; $p = 0,0081$
Vanadio:Berillio: $r^2 = 0,9477$ ; $r = 0,9735$ ; $p = 0,0000$	
Zinco:Berillio: $r^2 = 0,2033$ ; $r = 0,4509$ ; $p = 0,0208$	

Matrix plot  
Esclusi i siti con valori estremi.



c

Invitando a far riferimento, per dettagli maggiori, alle elaborazioni contenute nei successivi capitoli per inquinante, si propone comunque un'ulteriore visione d'insieme in merito al tema sin qui trattato.

L'eventuale esistenza di relazioni spaziali fra concentrazioni d'inquinante e percentuale di *argilla* emerge chiaramente dall'esame comparato delle immagini contenute nelle **figure 2.16 e 2.17** ed elaborate con *software Surfer*. Le elaborazioni della prima figura (*fig. 2.16*) sono state effettuate con tutti i dati di tutti i siti (escluso un solo campione puntuale, SMB5C, decisamente 'abnorme' per il *piombo*). *Piombo* e *zinco* vi compaiono due volte poiché la prima elaborazione relativa a detti metalli risultava cromaticamente disomogenea rispetto a quella degli altri metalli: si è così proceduto ad effettuarne una seconda con scala artificiosamente tagliata nella sua parte alta. In ogni caso, per tutti i metalli, appare ben chiara l'area di più bassa concentrazione attorno alla Centrale, cui corrisponde un'equivalente area con minore percentuale di *argilla*. Le elaborazioni della seconda figura (*fig. 2.17*) sono state effettuate invece dopo aver escluso i 'siti estremi' come più sopra individuati.

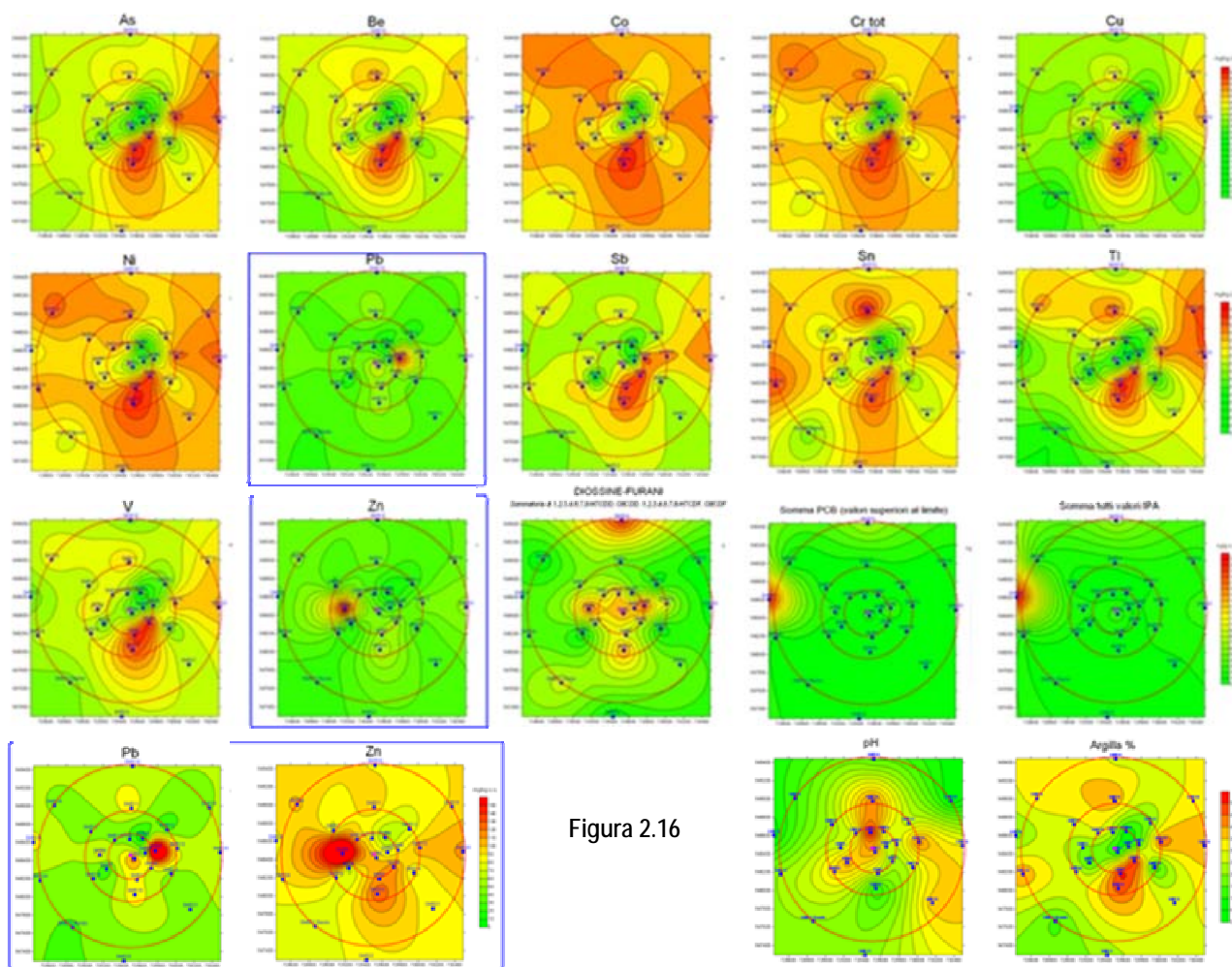


Figura 2.16

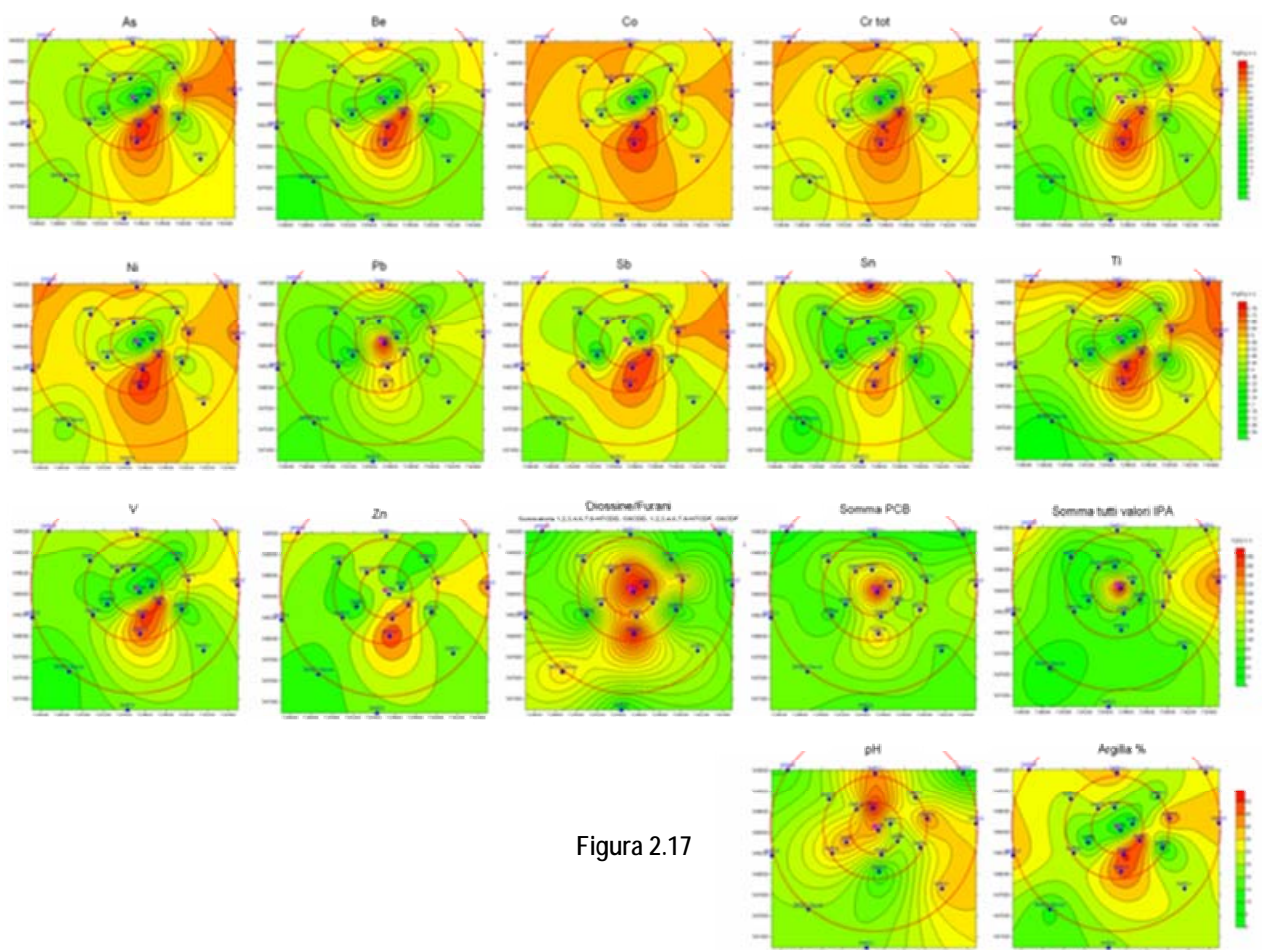


Figura 2.17

### 3. Metalli

Sui dati, frutto di campionamenti puntuali ('4 di 4'), si è provveduto ad operare, in prima battuta, una trasformazione dei valori inferiori ai *limiti di quantificazione* (l.q.) in valori pari alla metà di detti limiti, com'è prassi consolidata da indicazione bibliografica (Istituto Superiore di Sanità - *Trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità nel calcolo dei risultati analitici* - Rapporto ISTISAN 04/15 – 2004).

Ciò ha provocato l'eliminazione (colonne a **fondo viola** in **figura 3.1**), dalle elaborazioni successive, dei parametri *cromo esavalente* e *selenio* rinvenuti sempre inferiori, e del *cadmio* e del *mercurio*, trovati a valori pari al limite (0.5 mg/Kg s.s.) in un numero insignificante di campioni (rispettivamente 1 e 4 valori su 104). Molti valori inferiori a l.q. (48 su 104) hanno anche riguardato il *tallio*.

Nelle tabelle di **figura 3.1** sono riportati i valori dei metalli ricercati così come forniti con i rapporti di prova dal laboratorio. Le metodiche analitiche utilizzate sono state le stesse già usate per le precedenti analoghe indagini ('Via Conchetta' e 'Via Diana'). Lo 'scheletro' non è stato considerato. Sono stati i valori puntuali (e non le aliquote) ad essere poi mediati per dare i valori di sito.

Oltre alla già citata trasformazione dei valori <l.q. (posti in tabella in celle a **fondo giallo**) si è anche provveduto preliminarmente ad applicare due *test* statistici per la ricerca di 'valori anomali' (*test di Dixon* e *test di Grubbs*, adatti a serie brevi). I valori risultati anomali (segnati in tabella in **grassetto nero** o **in grassetto rosso**, a seconda del livello di significatività) sono stati molto pochi e non sono comunque stati eliminati dal *database*: per il calcolo delle medie di sito (**in verde** in tabella) si è deciso di escludere preliminarmente solo il campione puntuale SMB5C (*in toto*) ad evitare distorsione eccessiva di rappresentatività (vedi esemplificazione di **figura 3.2**).

Ad illustrare l'analisi preliminare dei dati effettuata per individuare la presenza di generiche 'anomalie' nel tenore dei metalli, si riportano poi le rappresentazioni grafiche di **figura 3.3**. Negli *scatter icon plots* ogni sito è rappresentato come una 'torta' suddivisa nei suoi quattro campioni A, B, C e D. I *plots* evidenziano l'omogeneità tendenziale della maggior parte dei campioni puntuali prelevati dai siti. Le disomogeneità maggiori sono state contrassegnate con asterisco blu.

Figura 3.1 Bando. Metalli. Tabella dei dati

	Antimonio	Arsenico	Berillio	Cadmio	Cobalto	Cromo tot	Cromo esavalente	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Selenio	Stagno	Tallio	Vanadio	Zinco
	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.		mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.		mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.
SMB1 A	0,70	9,80	1,80	0,25	18,10	163,30		0,25	122,80	22,20	41,00		2,60	0,60	92,80	82,00
SMB1 B	0,60	9,80	1,70	0,25	17,50	164,00		0,25	119,50	21,50	41,40		2,50	0,50	84,50	91,00
SMB1 C	0,25	7,90	1,40	0,25	16,20	147,10		0,25	105,70	20,80	35,50		2,10	0,25	57,70	82,00
SMB1 D	0,60	10,20	1,80	0,25	17,60	162,80		0,25	115,20	22,50	39,30		2,60	0,60	87,30	85,00
media SMB1	0,54	9,43	1,68	0,25	17,35	159,30		0,25	115,80	21,75	39,30		2,45	0,49	80,58	85,00
SMB2 A	0,25	4,20	0,80	0,25	8,30	78,10		0,25	54,50	15,50	34,50		1,50	0,25	45,00	60,00
SMB2 B	0,25	5,10	1,20	0,25	12,00	113,50		0,25	83,10	26,50	44,00		3,00	0,25	67,80	77,00
SMB2 C	0,50	5,80	1,10	0,25	11,00	104,60		0,25	74,40	18,80	46,40		2,40	0,25	68,30	94,00
SMB2 D	0,25	4,70	0,90	0,25	9,50	90,10		0,25	63,20	18,90	37,60		2,00	0,25	44,50	84,00
media SMB2	0,31	4,95	1,00	0,25	10,20	96,58		0,25	68,80	19,93	40,63		2,23	0,25	56,40	78,75
SMB3 A	0,60	4,80	1,10	0,25	10,10	87,60		0,25	61,10	55,10	63,60		2,40	0,25	62,50	107,00
SMB3 B	0,60	5,20	1,30	0,25	11,10	89,20		0,25	99,80	31,10	45,10		2,30	0,25	66,30	90,00
SMB3 C	0,90	3,70	0,70	0,25	8,00	82,10		0,25	48,50	54,90	40,30		2,70	0,25	53,50	98,00
SMB3 D	0,60	3,60	0,80	0,25	8,00	78,50		0,25	45,10	34,90	42,20		2,00	0,25	52,80	97,00
media SMB3	0,68	4,33	0,98	0,25	9,30	84,35		0,25	63,63	44,00	47,80		2,35	0,25	58,78	98,00
SMB4 A	0,25	4,70	0,70	0,25	6,20	62,20		0,25	40,50	10,40	34,50		1,40	0,25	38,30	57,00
SMB4 B	0,25	3,30	0,60	0,25	5,00	55,50		0,25	34,30	9,90	31,60		1,40	0,25	33,30	63,00
SMB4 C	0,25	1,80	0,25	0,25	3,10	33,30		0,25	18,20	6,80	32,00		1,00	0,25	22,20	47,00
SMB4 D	0,25	2,80	0,60	0,25	4,30	46,70		0,25	26,70	8,90	29,80		1,20	0,25	29,30	51,00
media SMB4	0,25	3,15	0,54	0,25	4,65	49,43		0,25	29,93	9,00	31,98		1,25	0,25	30,78	54,50
SMB5 A	0,70	3,60	0,50	0,25	7,20	60,10		0,25	40,20	48,70	29,60		1,30	0,25	36,90	79,00
SMB5 B	1,90	7,10	1,20	0,25	12,00	115,30		0,25	79,70	166,40	34,00		2,40	0,25	73,60	95,00
SMB5 C	15,00	8,30	1,40	0,25	13,60	142,20		0,25	96,00	1369,00	34,30		2,50	0,25	82,60	130,00
SMB5 D	0,25	6,30	1,30	0,25	14,20	103,90		0,25	83,10	27,00	31,60		1,90	0,25	59,60	83,00
media SMB5	4,46	6,33	1,10	0,25	11,75	105,38		0,25	74,75	402,78	32,38		2,03	0,25	63,18	96,75
SMB6 A	1,00	16,00	3,00	0,25	20,50	223,90		0,25	160,90	29,60	61,20		3,60	0,80	159,50	120,00
SMB6 B	1,00	16,30	2,90	0,25	20,10	211,60		0,25	154,20	28,30	58,70		3,40	0,70	152,70	114,00
SMB6 C	1,00	16,40	2,90	0,25	20,60	217,00		0,25	159,30	29,20	59,60		3,60	0,70	153,40	116,00
SMB6 D	1,00	17,10	3,10	0,25	21,00	221,70		0,25	163,40	28,40	60,30		3,70	0,80	170,90	117,00
media SMB6	1,00	16,45	2,98	0,25	20,55	218,55		0,25	159,45	28,88	59,95		3,58	0,75	159,13	116,75
SMB7 A	1,00	15,90	2,80	0,25	21,00	210,20		0,25	157,40	30,80	58,40		3,60	0,80	159,60	113,00
SMB7 B	0,90	17,60	2,80	0,25	21,80	206,70		0,25	161,90	31,00	60,00		3,50	0,70	143,20	116,00
SMB7 C	1,00	16,40	2,90	0,25	21,40	210,30		0,25	160,10	31,70	59,20		3,30	0,80	155,30	116,00
SMB7 D	1,10	17,00	3,00	0,25	21,30	209,00		0,25	157,90	31,90	60,50		3,40	0,80	161,90	116,00
media SMB7	1,00	16,73	2,88	0,25	21,38	209,05		0,25	159,33	31,35	59,53		3,45	0,78	155,00	115,25
SMB8 A	0,25	7,20	1,10	0,25	13,80	129,60		0,25	99,20	16,20	27,10		2,20	0,25	61,40	67,00
SMB8 B	0,25	5,90	1,10	0,25	14,10	131,80		0,25	97,60	15,70	26,60		1,80	0,25	60,50	66,00
SMB8 C	0,25	6,50	1,20	0,25	14,70	136,90		0,25	101,90	15,60	27,20		2,20	0,25	63,20	67,00
SMB8 D	0,25	6,40	1,20	0,25	14,70	132,70		0,25	103,00	15,40	27,30		2,10	0,25	64,90	67,00
media SMB8	0,25	6,50	1,15	0,25	14,33	132,75		0,25	100,43	15,73	27,05		2,08	0,25	62,50	66,75
SMB9 A	0,60	8,20	1,80	0,25	15,40	130,70		0,25	97,20	28,30	43,30		2,70	0,25	103,80	204,00
SMB9 B	0,90	10,70	2,10	0,25	17,00	158,90		0,25	116,80	32,70	47,30		3,80	0,60	119,90	226,00
SMB9 C	0,70	11,40	2,10	0,25	18,60	168,20		0,25	126,90	31,40	48,20		3,00	0,60	124,80	235,00
SMB9 D	0,70	7,90	1,50	0,50	13,90	108,30		0,25	88,40	37,90	53,40		3,20	0,25	78,90	362,00
media SMB9	0,73	9,55	1,88	0,31	16,23	141,53		0,25	107,33	32,58	48,05		3,18	0,43	106,85	256,75
SMB10 A	0,70	9,40	1,90	0,25	18,70	177,00		0,25	130,10	22,90	42,30		2,80	0,60	107,60	90,00
SMB10 B	0,25	8,30	1,60	0,25	18,10	164,30		0,25	120,70	21,30	40,80		2,20	0,25	75,90	93,00
SMB10 C	0,60	9,30	1,70	0,25	17,00	160,20		0,25	113,70	24,80	39,80		2,30	0,50	83,80	91,00
SMB10 D	0,70	11,30	2,10	0,25	18,50	183,70		0,25	130,10	23,00	43,10		2,90	0,60	96,40	134,00
media SMB10	0,56	9,58	1,83	0,25	18,08	171,30		0,25	123,65	23,00	41,50		2,55	0,49	90,93	102,00
SMB11 A	0,70	11,40	2,30	0,25	17,90	181,90		0,50	131,20	34,20	46,20		3,40	0,70	112,40	95,00
SMB11 B	0,70	12,50	2,50	0,25	18,40	184,60		0,50	135,50	35,30	47,80		3,60	0,70	116,20	99,00
SMB11 C	0,70	11,50	2,20	0,25	17,80	175,30		0,25	130,00	32,50	46,60		3,30	0,70	111,40	98,00
SMB11 D	0,70	13,00	2,40	0,25	19,20	189,60		0,25	142,60	35,60	50,60		5,50	0,70	115,40	105,00
media SMB11	0,70	12,10	2,35	0,25	18,33	182,85		0,38	134,83	34,40	47,80		3,95	0,70	113,85	99,25
SMB12 A	0,25	7,20	1,30	0,25	14,50	134,60		0,25	104,30	17,20	28,50		2,00	0,25	53,10	67,00
SMB12 B	1,10	6,20	1,20	0,25	13,10	123,60		0,25	96,20	14,10	23,40		1,90	0,25	52,20	63,00
SMB12 C	0,25	7,30	1,20	0,25	14,20	140,00		0,25	106,70	16,80	28,50		2,10	0,25	55,80	68,00
SMB12 D	0,60	9,80	1,90	0,25	17,30	169,40		0,25	127,60	24,30	37,40		2,70	0,60	81,70	83,00
media SMB12	0,55	7,63	1,40	0,25	14,78	141,90		0,25	108,70	18,10	29,45		2,18	0,34	60,70	70,25

Figura 3.1 (continua) Bando. Metalli. Tabella dei dati

	Antimonio	Arsenico	Berillio	Cadmio	Cobalto	Cromo tot	Cromo esavalente	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Selenio	Stagno	Tallio	Vanadio	Zinco
	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.		mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.		mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.
SMB13 A	0,90	15,90	2,30	0,25	18,70	186,90		0,25	143,10	31,50	50,90		3,20	0,70	118,80	106,00
SMB13 B	1,00	15,70	2,20	0,25	18,90	179,50		0,25	143,70	30,70	54,60		3,30	0,70	127,00	116,00
SMB13 C	0,80	16,00	2,20	0,25	18,50	184,40		0,25	141,80	30,30	50,40		3,10	0,70	124,10	104,00
SMB13 D	0,70	16,20	2,10	0,25	18,80	184,40		0,25	144,40	31,10	50,70		3,00	0,70	115,60	107,00
media SMB13	0,85	15,95	2,20	0,25	18,73	183,80		0,25	143,25	30,90	51,65		3,15	0,70	121,38	108,25
SMB14 A	0,50	6,60	1,20	0,25	14,30	134,30		0,50	103,30	22,20	31,80		2,30	0,25	67,60	83,00
SMB14 B	0,25	5,90	0,80	0,25	11,00	94,00		0,25	78,10	16,20	30,50		1,60	0,25	47,10	67,00
SMB14 C	0,25	6,40	1,10	0,25	13,50	132,90		0,25	97,00	16,80	30,00		1,90	0,25	55,30	76,00
SMB14 D	1,00	7,00	1,10	0,25	13,60	130,90		0,25	99,80	31,30	31,10		2,30	0,25	74,30	80,00
media SMB14	0,50	6,48	1,05	0,25	13,10	123,03		0,31	94,55	21,63	30,85		2,03	0,25	61,08	76,50
SMB15 A	0,90	15,90	2,50	0,25	20,70	193,90		0,25	152,90	32,40	61,10		3,30	0,70	131,30	128,00
SMB15 B	1,00	17,30	3,10	0,25	23,10	218,30		0,25	174,30	35,90	70,00		4,20	0,70	156,10	140,00
SMB15 C	1,00	15,90	3,00	0,25	22,50	219,20		0,25	165,90	33,60	62,30		3,80	0,80	164,30	128,00
SMB15 D	0,90	14,70	2,60	0,25	21,10	196,20		0,25	158,50	33,60	60,80		3,40	0,70	133,40	127,00
media SMB15	0,95	15,95	2,80	0,25	21,85	206,90		0,25	162,90	33,88	63,55		3,68	0,73	146,28	130,75
SMB16 A	1,60	8,80	1,70	0,25	17,00	162,00		0,25	123,70	20,00	36,30		2,60	0,50	89,80	77,00
SMB16 B	0,25	7,70	1,60	0,25	15,90	151,20		0,25	114,60	17,80	34,10		2,50	0,25	72,80	72,00
SMB16 C	0,60	10,00	2,00	0,25	17,60	167,80		0,25	127,80	21,40	36,80		2,70	0,50	102,20	84,00
SMB16 D	0,60	10,40	2,20	0,25	19,10	185,70		0,50	140,00	24,70	44,00		3,10	0,60	94,80	93,00
media SMB16	0,76	9,23	1,88	0,25	17,40	166,68		0,31	126,53	20,98	37,80		2,73	0,46	89,90	81,50
SMB17 A	0,60	8,70	1,90	0,25	18,00	166,20		0,25	117,90	21,10	38,10		2,60	0,60	92,50	84,00
SMB17 B	0,60	11,00	1,80	0,25	18,30	165,80		0,25	121,60	21,40	39,00		2,40	0,50	84,20	86,00
SMB17 C	0,50	7,70	1,20	0,25	13,90	136,40		0,25	96,30	17,70	28,40		1,90	0,25	60,00	69,00
SMB17 D	0,25	9,60	1,70	0,25	17,70	163,50		0,25	120,90	23,90	37,30		2,60	0,50	92,00	75,00
media SMB17	0,49	9,25	1,65	0,25	16,98	157,98		0,25	114,18	21,03	35,70		2,38	0,46	82,18	78,50
SMB18 A	0,50	8,30	1,20	0,25	15,50	135,20		0,25	109,50	24,60	33,90		2,20	0,25	53,70	85,00
SMB18 B	0,60	8,10	1,50	0,25	14,20	132,70		0,25	98,50	30,40	34,80		2,50	0,25	64,70	88,00
SMB18 C	0,25	9,80	1,70	0,25	16,20	155,40		0,25	113,30	27,90	39,70		2,70	0,50	69,60	90,00
SMB18 D	0,60	10,60	1,70	0,25	19,60	169,40		0,25	127,70	29,00	41,20		2,70	0,60	77,90	94,00
media SMB18	0,49	9,20	1,53	0,25	16,38	148,18		0,25	112,25	27,98	37,40		2,53	0,40	66,48	89,25
SMB19 A	0,90	15,30	1,80	0,25	15,00	140,70		0,25	114,70	22,80	49,60		2,70	0,60	99,70	82,00
SMB19 B	0,80	12,60	2,30	0,25	20,00	185,40		0,25	146,50	25,50	48,20		3,10	0,80	109,70	98,00
SMB19 C	0,70	14,70	2,20	0,25	18,70	173,10		0,25	137,30	26,00	50,80		3,20	0,70	108,10	98,00
SMB19 D	0,70	12,60	2,10	0,25	16,20	160,10		0,25	124,90	24,50	47,30		3,00	0,70	118,30	88,00
media SMB19	0,78	13,80	2,10	0,25	17,48	164,83		0,25	130,85	24,70	48,98		3,00	0,70	108,95	91,50
SMB20 A	0,80	14,00	1,80	0,25	20,50	156,50		0,25	145,00	29,00	51,60		2,80	0,60	98,90	120,00
SMB20 B	0,90	14,50	2,00	0,25	18,50	175,20		0,25	134,40	28,70	51,40		3,30	0,70	122,90	114,00
SMB20 C	0,90	15,70	2,10	0,25	19,30	182,40		0,25	145,30	30,40	55,50		3,20	0,70	130,40	115,00
SMB20 D	0,90	16,10	2,10	0,25	19,40	196,90		0,25	148,50	31,60	52,00		3,40	0,80	134,80	109,00
media SMB20	0,88	15,08	2,00	0,25	19,43	177,75		0,25	143,30	29,93	52,63		3,18	0,70	121,75	114,50
SMB21 A	0,50	9,80	1,40	0,25	17,90	149,80		0,25	118,80	19,80	33,60		2,40	0,50	79,30	74,00
SMB21 B	0,60	9,20	1,40	0,25	16,20	157,10		0,25	120,10	26,10	35,00		2,60	0,50	92,30	84,00
SMB21 C	0,50	9,10	1,40	0,25	16,10	155,80		0,25	119,60	25,40	36,80		2,40	0,50	73,90	89,00
SMB21 D	0,50	13,30	1,50	0,25	17,30	162,40		0,25	125,00	25,10	37,90		2,70	0,50	85,00	82,00
media SMB21	0,53	10,35	1,43	0,25	16,88	156,28		0,25	120,88	24,10	35,83		2,53	0,50	82,63	82,25
SMB22 A	0,60	11,30	1,20	0,25	16,80	159,30		0,25	124,60	19,50	39,60		2,40	0,25	57,20	81,00
SMB22 B	0,60	10,80	1,30	0,25	16,80	167,50		0,25	124,00	19,80	38,00		2,80	0,25	86,60	82,00
SMB22 C	0,60	11,00	1,30	0,25	16,70	162,10		0,25	122,70	19,50	37,80		4,30	0,25	81,00	80,00
SMB22 D	0,60	12,70	1,80	0,25	19,40	184,70		0,25	142,60	25,30	44,00		2,80	0,60	104,50	98,00
media SMB22	0,60	11,45	1,40	0,25	17,43	168,40		0,25	128,48	21,03	39,85		3,08	0,34	82,33	85,25
SMB23 Bando A	0,50	7,60	1,10	0,25	13,90	138,50		0,25	99,40	18,00	28,50		2,00	0,25	68,50	67,00
SMB23 Bando B	0,60	8,70	1,10	0,25	13,80	137,80		0,25	98,40	19,50	26,70		2,10	0,25	64,30	68,00
SMB23 Bando C	0,50	7,90	1,10	0,25	13,20	125,50		0,25	88,80	20,50	31,50		2,10	0,25	65,40	74,00
SMB23 Bando D	0,25	7,90	1,20	0,25	13,40	134,00		0,25	91,50	20,00	28,70		1,90	0,25	57,40	73,00
media SMB23	0,46	8,03	1,13	0,25	13,58	133,95		0,25	94,53	19,50	28,85		2,03	0,25	63,90	70,50
SMB24 A	0,50	10,00	1,20	0,25	17,00	165,00		0,25	125,40	19,60	42,60		2,70	0,25	63,80	81,00
SMB24 B	0,70	9,40	1,30	0,25	15,40	138,60		0,25	111,40	22,40	33,80		6,40	0,25	81,00	80,00
SMB24 C	0,70	12,00	1,90	0,25	19,80	191,90		0,25	144,90	25,60	43,10		3,10	0,70	109,50	100,00
SMB24 D	0,60	11,60	1,60	0,25	19,70	178,40		0,25	146,00	25,40	44,60		2,40	0,50	77,40	101,00
media SMB24	0,63	10,75	1,50	0,25	17,98	168,48		0,25	131,93	23,25	41,03		3,65	0,43	82,93	90,50

Figura 3.1 (continua) Bando. Metalli. Tabella dei dati

	Antimonio	Arsenico	Berillio	Cadmio	Cobalto	Cromo tot	Cromo esavalente	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Selenio	Stagno	Tallio	Vanadio	Zinco
	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.		mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.		mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.
SMB25 A	0,50	8,90	1,40	0,25	15,00	143,80		0,25	105,40	23,50	36,00		4,20	0,25	62,60	88,00
SMB25 B	0,60	8,80	1,40	0,25	15,00	142,50		0,25	103,60	25,40	37,30		3,20	0,25	67,90	91,00
SMB25 C	0,25	7,40	1,20	0,25	12,90	123,90		0,25	88,60	25,40	29,70		2,60	0,25	59,30	82,30
SMB25 D	0,50	7,70	1,30	0,25	13,70	128,50		0,25	95,50	53,70	37,40		2,50	0,25	52,90	83,00
media SMB25	0,46	8,20	1,33	0,25	14,15	134,68		0,25	98,28	32,00	35,10		3,13	0,25	60,68	86,08
SMB26 A	0,60	8,50	1,70	0,25	19,20	182,20		0,25	143,90	22,90	42,70		2,90	0,60	88,90	96,00
SMB26 B	0,70	8,90	1,60	0,25	18,00	173,10		0,25	132,60	20,40	35,40		2,80	0,60	90,40	91,00
SMB26 C	0,80	9,70	2,00	0,25	20,80	212,10		0,25	159,70	26,70	47,70		3,40	0,70	115,50	119,00
SMB26 D	0,60	9,40	1,80	0,25	19,70	189,20		0,25	145,80	24,80	42,40		2,90	0,60	94,10	105,00
media SMB26	0,68	9,13	1,78	0,25	19,43	189,15		0,25	145,50	23,70	42,05		3,00	0,63	97,23	102,75

Figura 3.2 Bando. Metalli. Rappresentazione di 'anomalia' di campione e suo trattamento

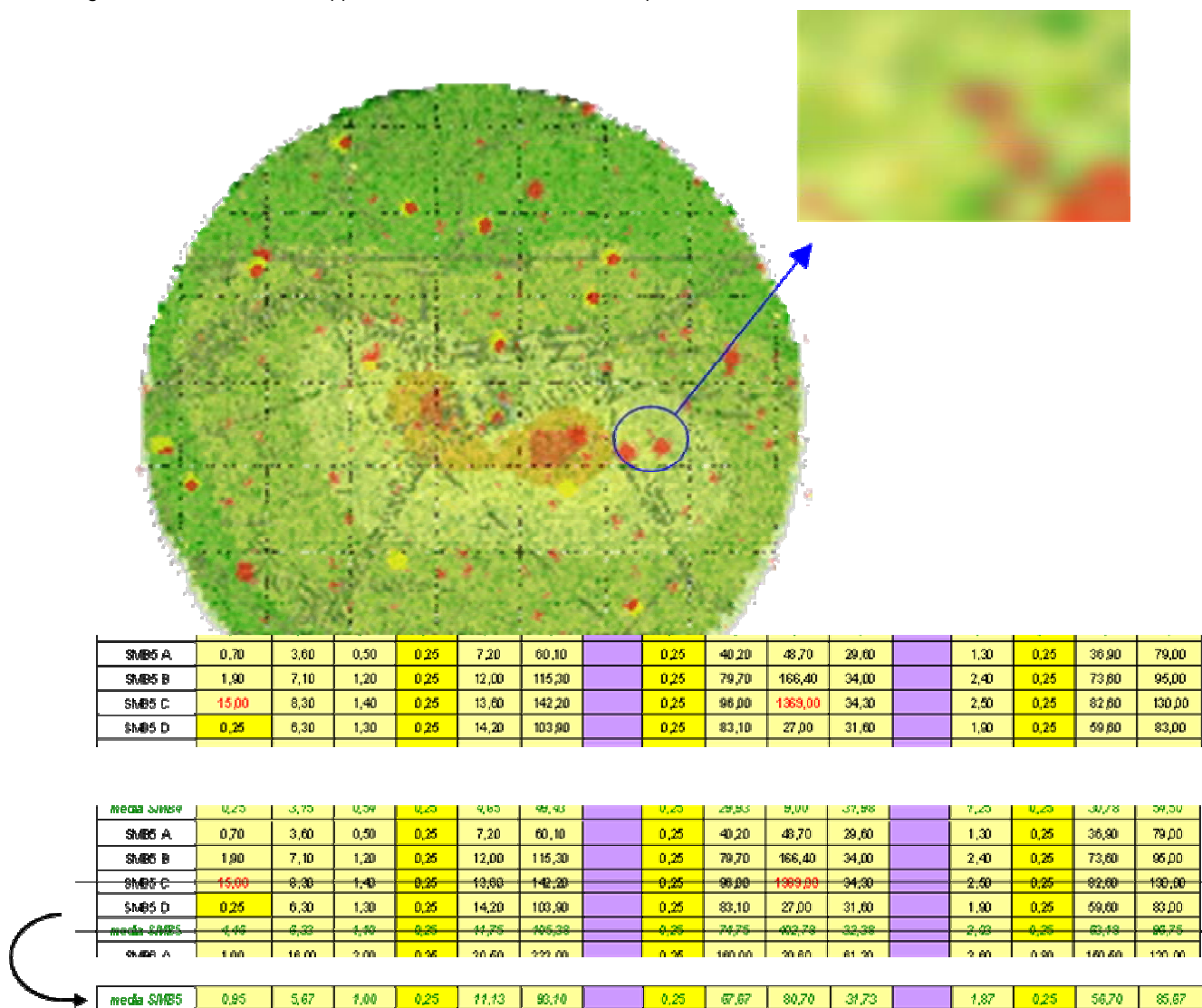


Figura 3.3 Bando. Metalli. *Scatter icon plots*

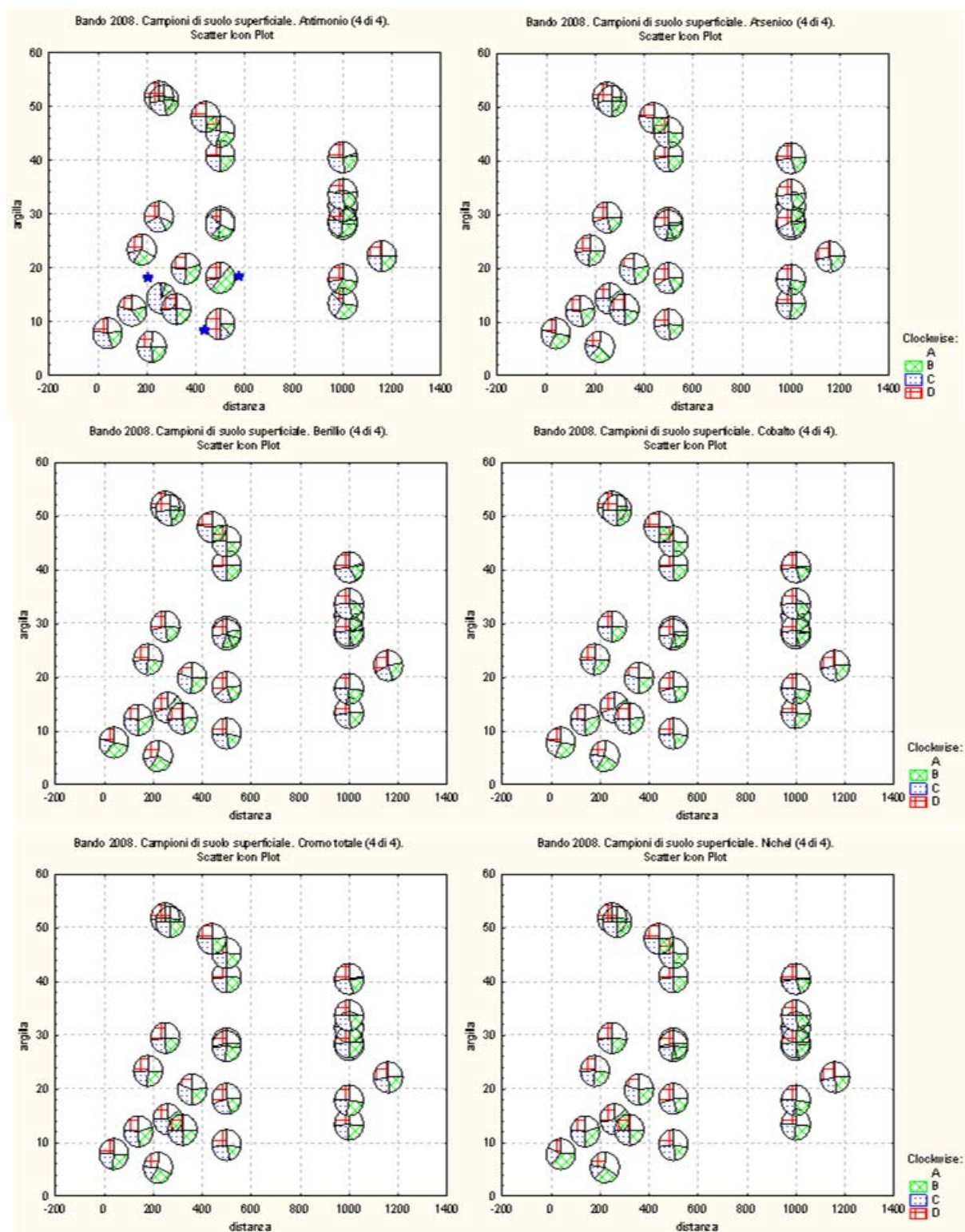
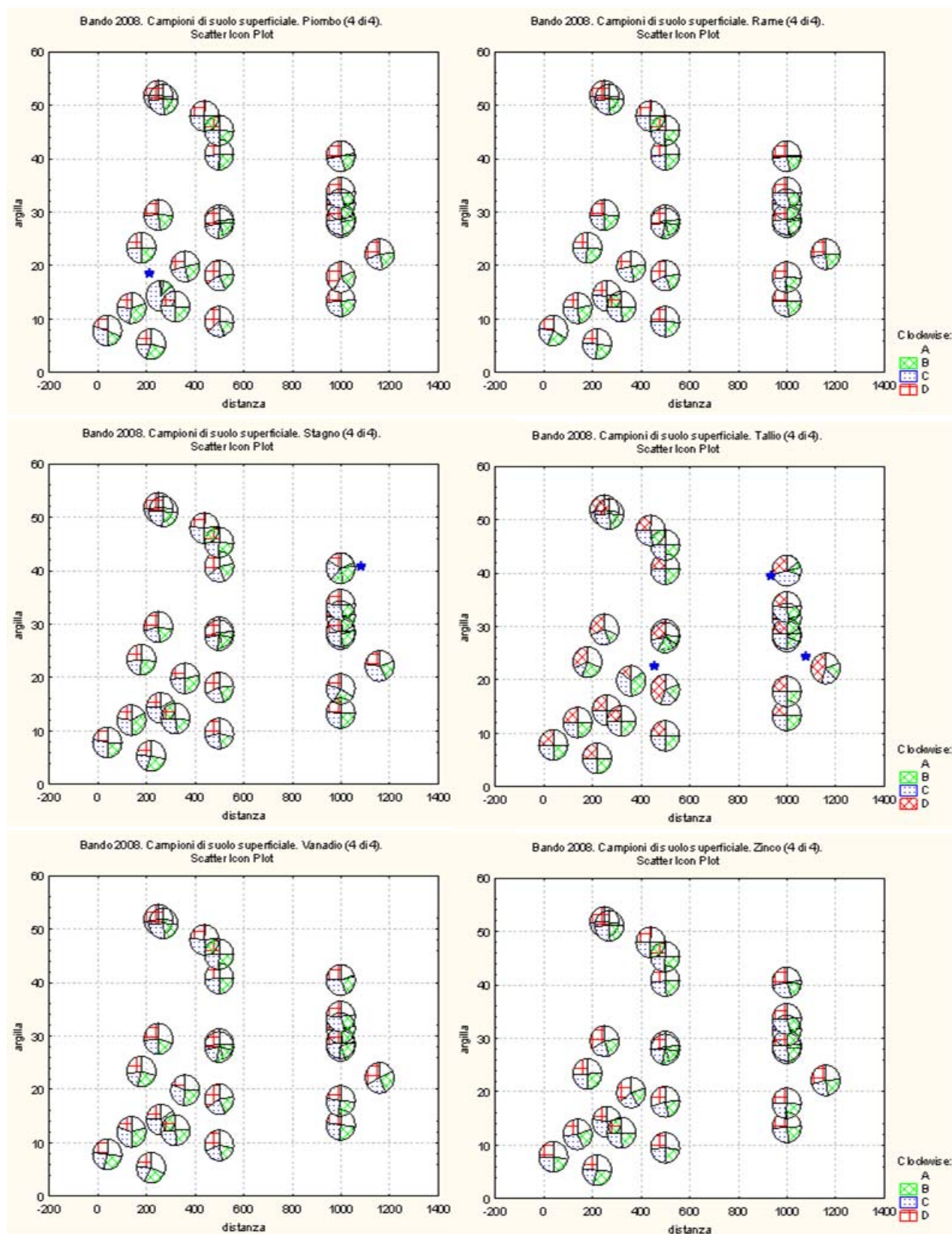


Figura 3.3 (continua) Bando. Metalli. *Scatter icon plots*



Metallo per metallo, i valori sono stati elaborati al fine di far emergere eventuali relazioni con la distanza dei siti campionati dal camino della Centrale. Le rappresentazioni della **figura 3.4** mostrano un arrangiamento in tal senso dei valori di sito, che si vanno ad aggiungere a quelle in precedenza riportate, relative ai *matrix plots* e alle ricostruzioni grafiche mediante *software Surfer*.

Nessun metallo ha mostrato correlazione inversa con la distanza dal camino della Centrale. L'ipotesi che ciò potesse essere dovuto alla percentuale di *argilla* diversa nei vari campioni è stata formulata dopo alcune elaborazioni grafiche e cartografiche esplorative (*scatter icon plots* e mappe *Surfer*), anch'esse più su già riportate. Successivamente si è tentato di far emergere l'eventuale relazione con la distanza dei campionamenti dal camino della Centrale calcolando le correlazioni con questa dei *residui* delle citate correlazioni metalli-argilla: valori statisticamente significativi di correlazione inversa sono stati ottenuti solo per *berillio* e *rame* ( $p \sim 0.03$ ) e, meno, *vanadio* ( $p \sim 0.07$ ); va però segnalata anche la comparsa di una correlazione diretta con la distanza per un metallo (*niche*) (**figura 3.5**). Anche i citati residui sono stati sottoposti a trattazione con il programma *Surfer*, sia prima che dopo l'eliminazione dei siti con valori estremi (SMB4, SMB5, SMB9, SMB18, SMB25) così come in capitolo precedente definiti (**figura 3.6 e 3.7**).

Ulteriori rappresentazioni grafiche (**figura dalla 3.8 alla 3.19**) mettono insieme i dati della presente indagine con quelli delle analoghe precedenti, effettuate a Ferrara in relazione ad impianti di altro genere (inceneritori rifiuti di 'Via Conchetta' e 'Via Diana') e altri siti.

Figura 3.4

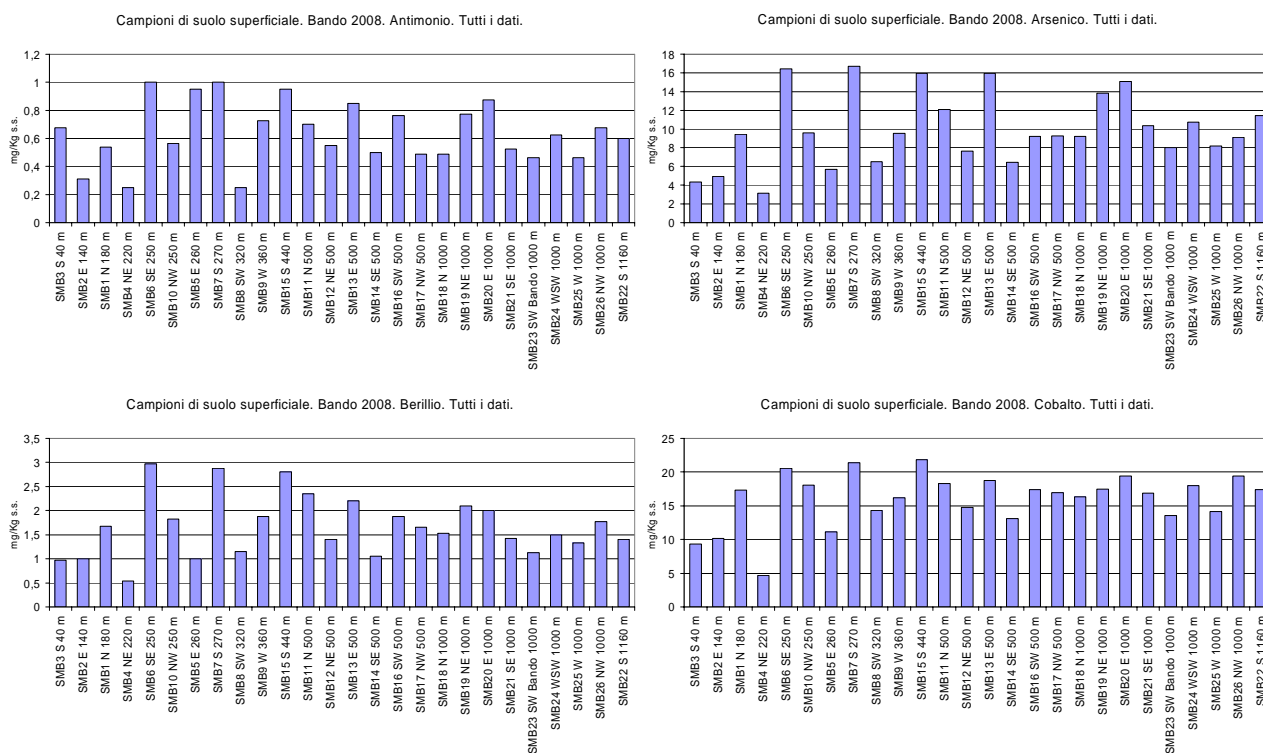


Figura 3.4

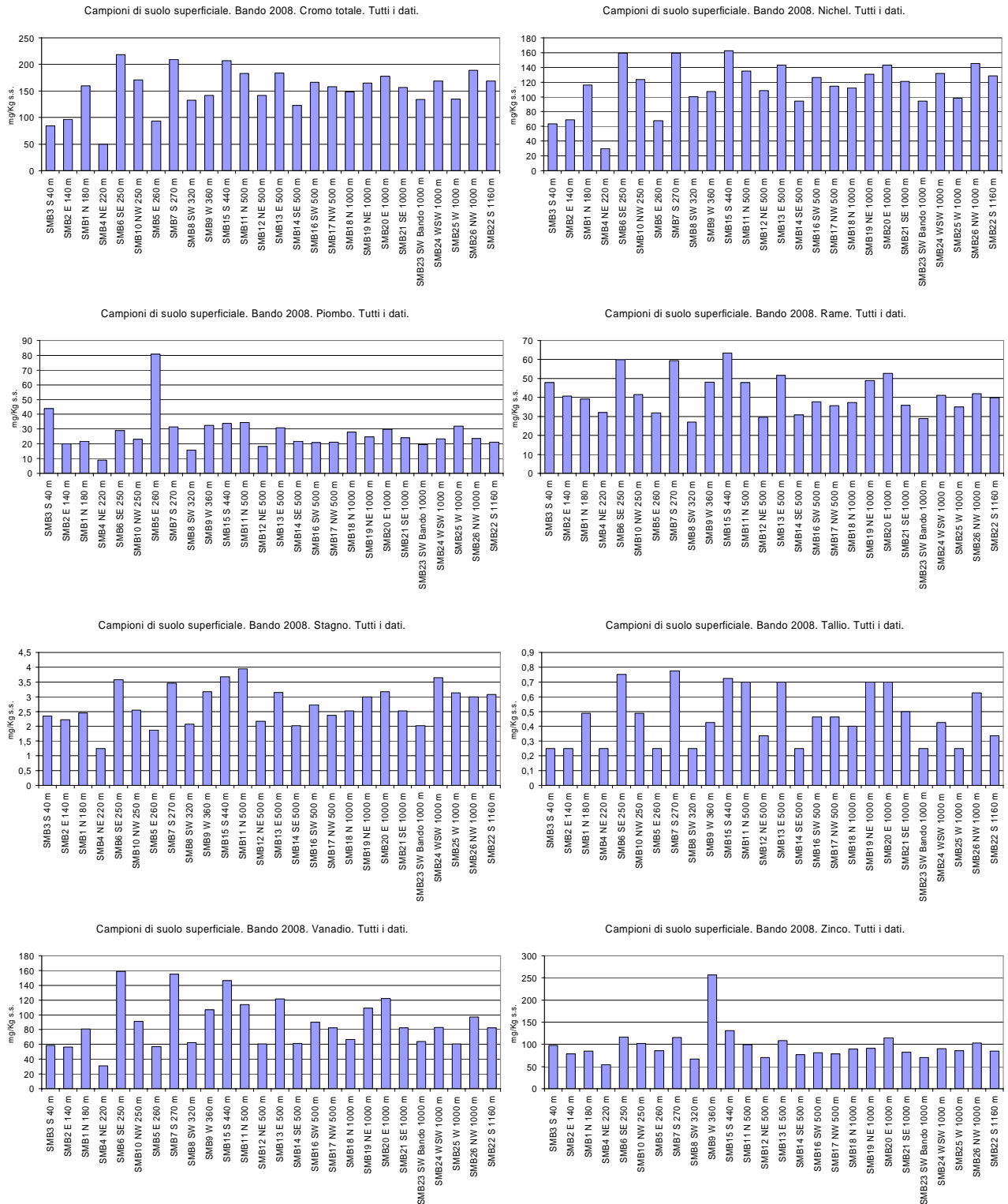


Figura 3.5

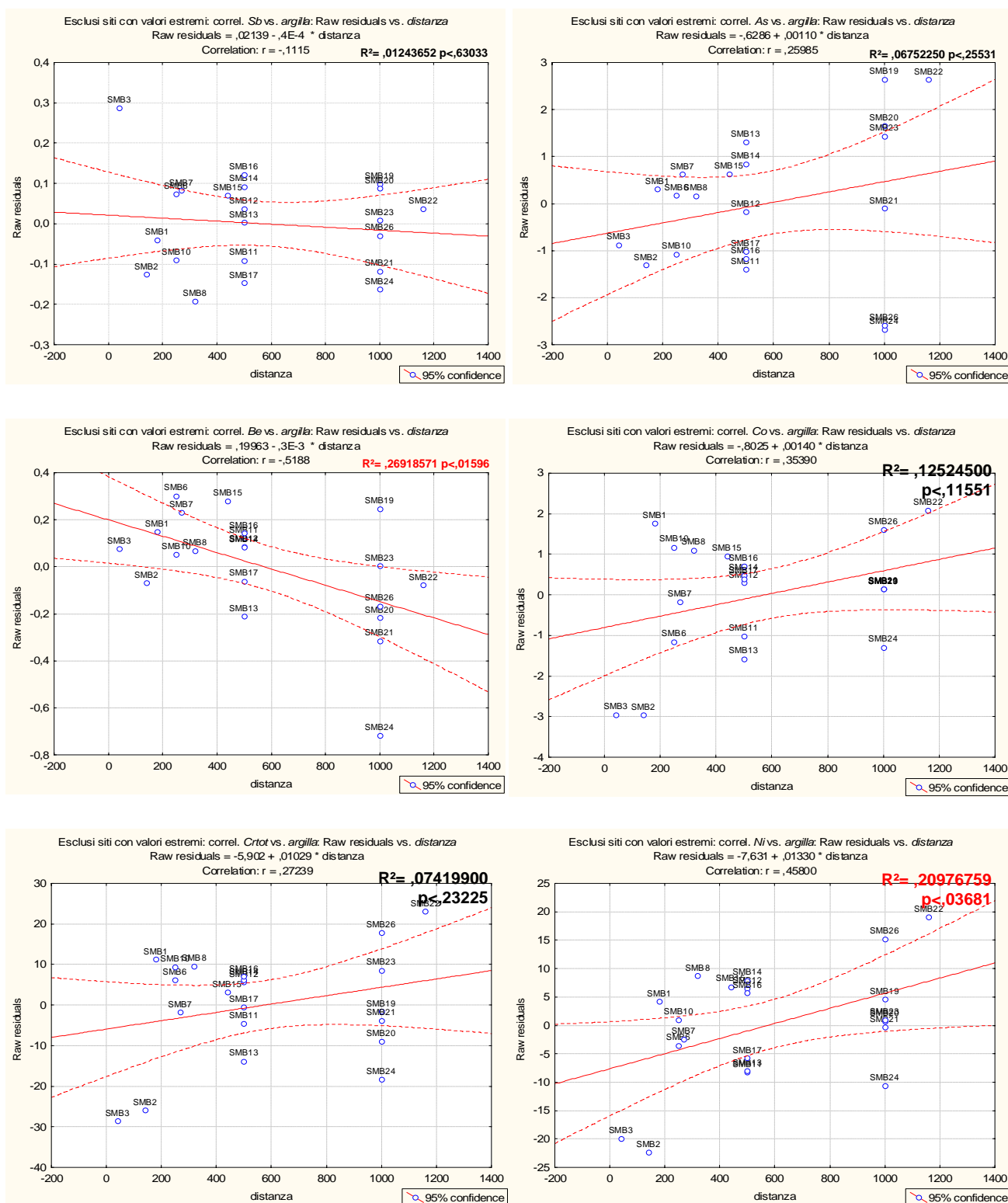


Figura 3.5 (continua)

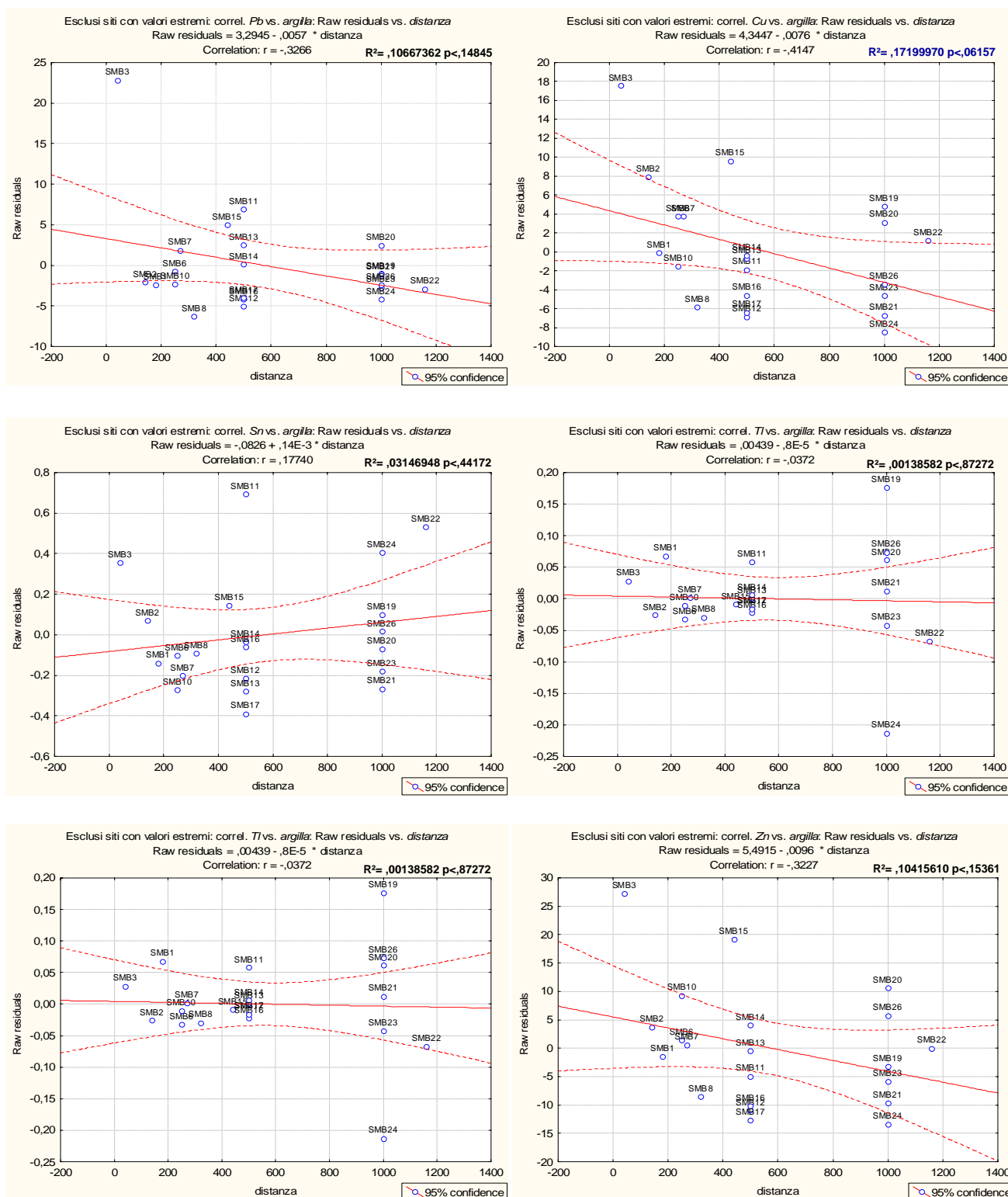


Figura 3.6 Bando. Elaborazioni con *Surfer* sui dati dei residui delle correlazioni metalli vs. argilla

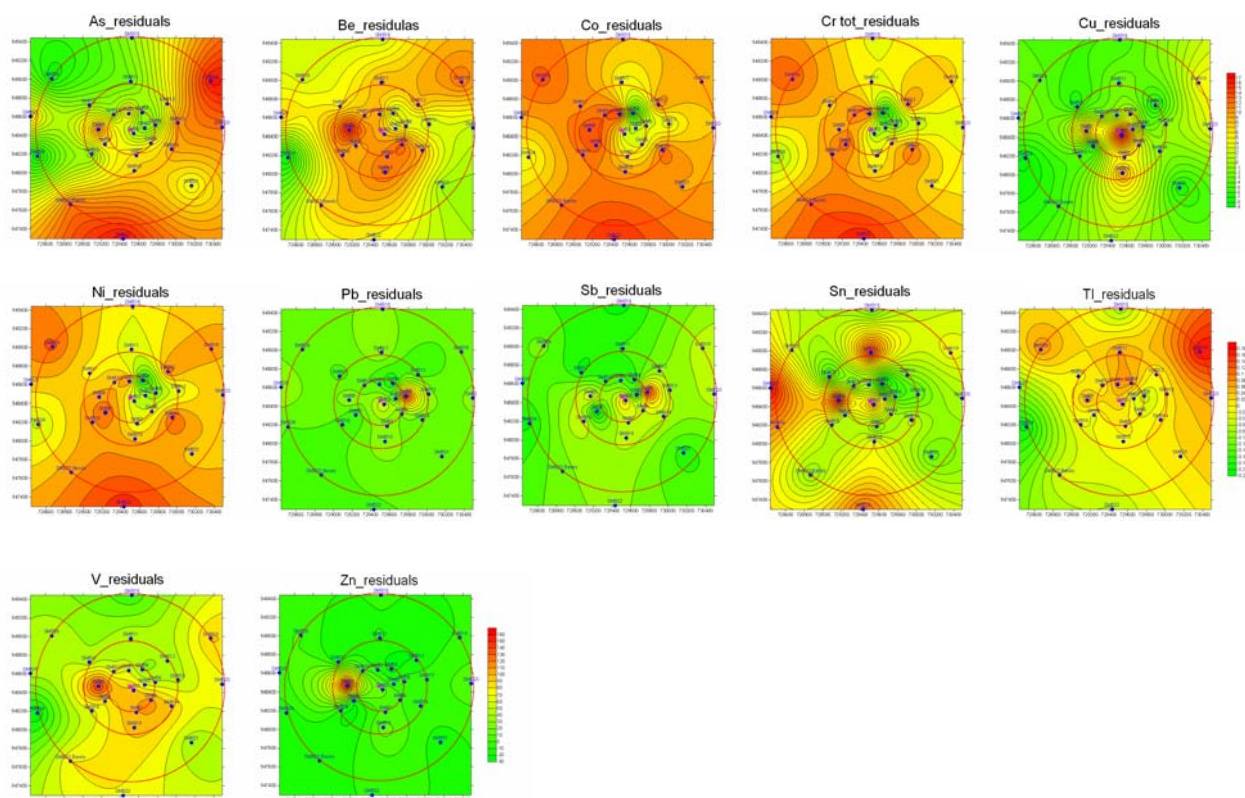


Figura 3.7 Bando. Elaborazioni con *Surfer* sui dati dei residui delle correlazioni metalli vs. argilla, esclusi 'siti estremi'

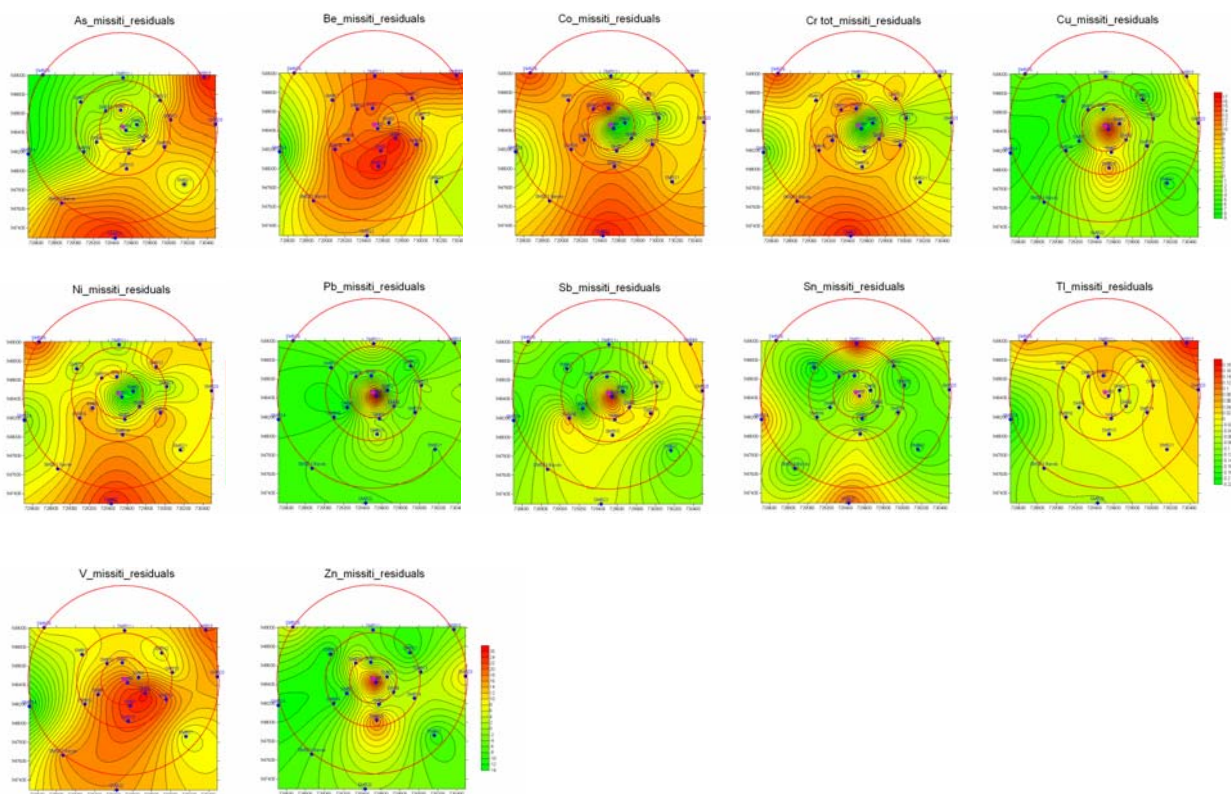


Figura 3.8

Campioni di suolo superficiale. Piombo.

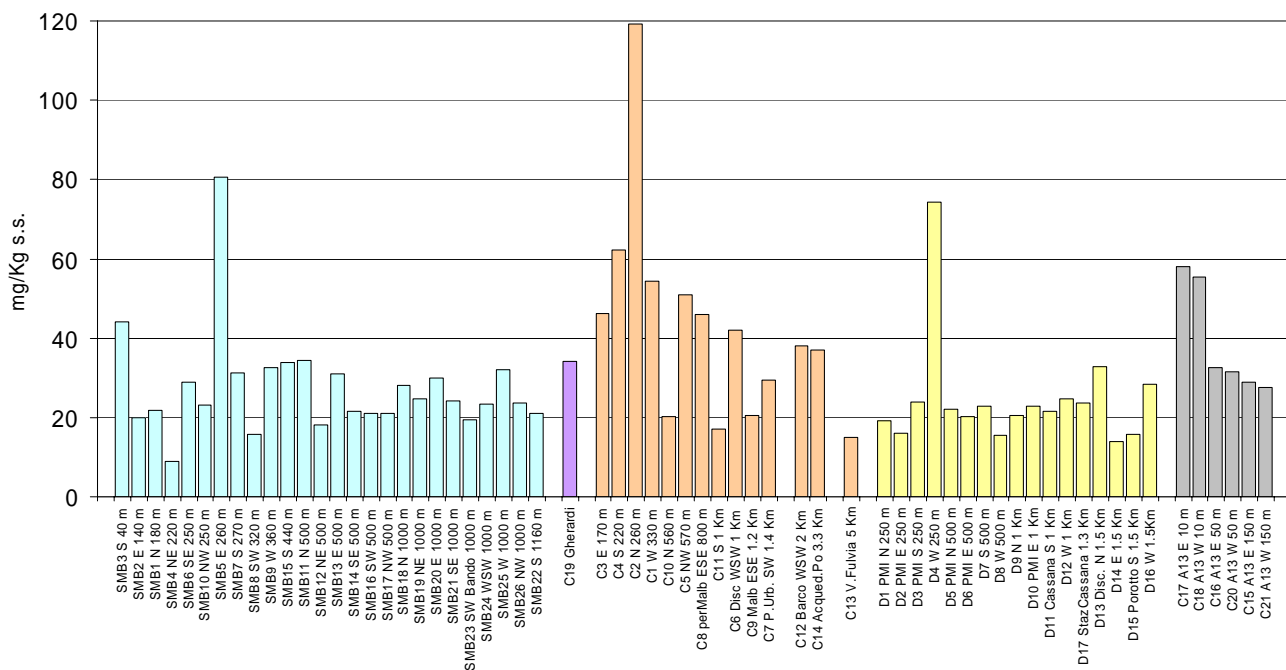


Figura 3.9

Campioni di suolo superficiale. Rame.

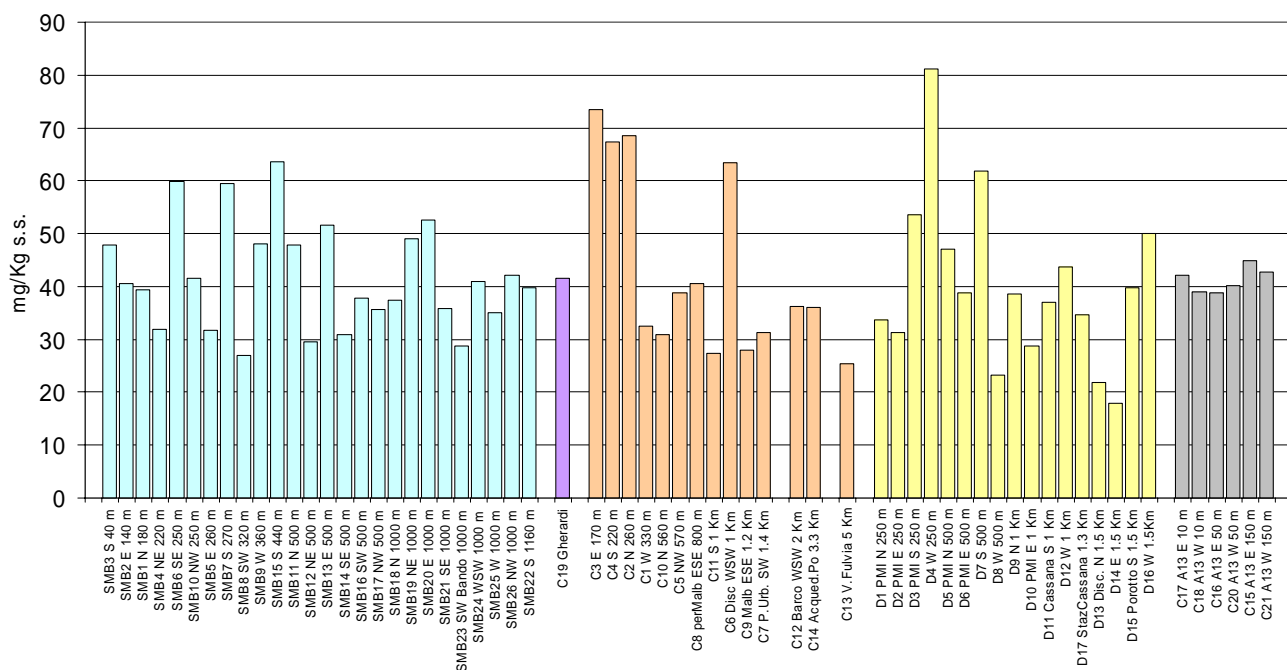


Figura 3.10

Campioni di suolo superficiale. Zinco.

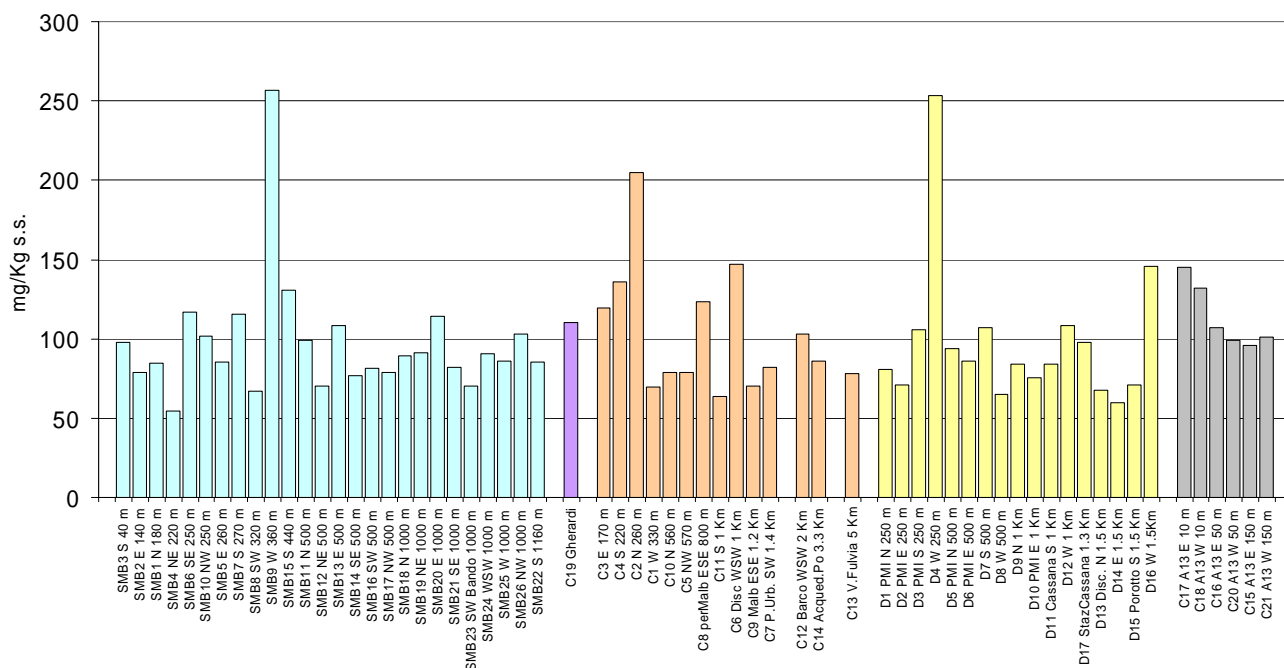


Figura 3.11

Campioni di suolo superficiale. Stagno.

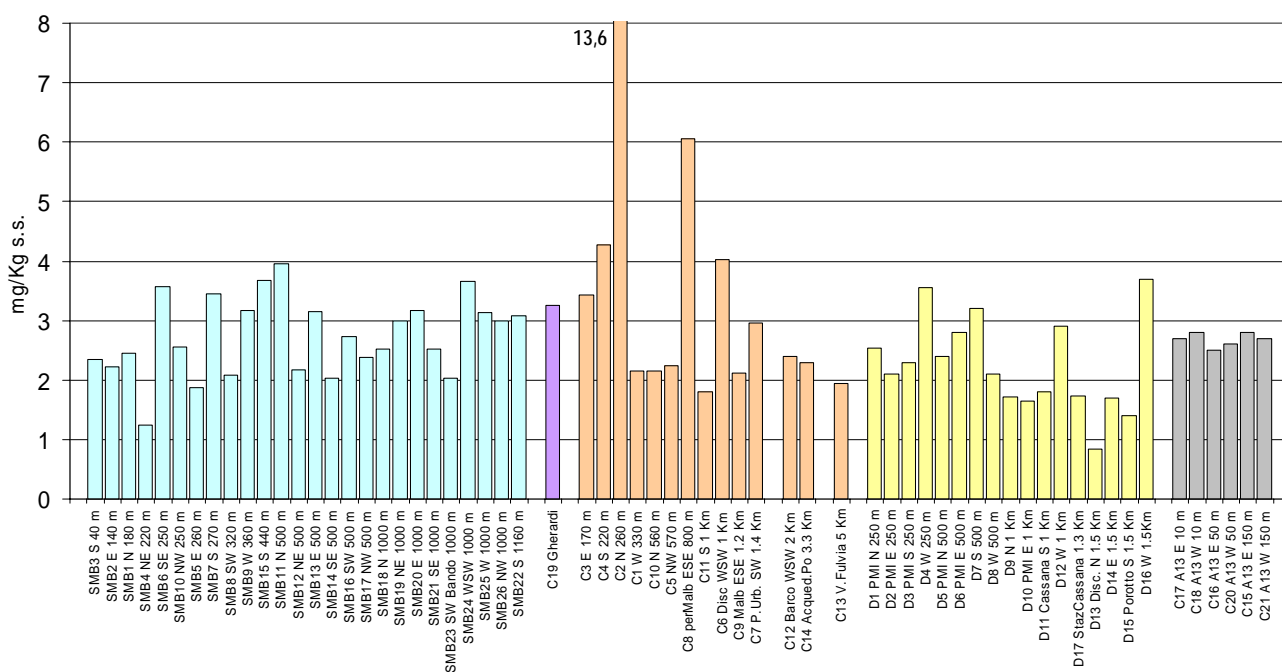


Figura 3.12

Campioni di suolo superficiale. Antimonio.

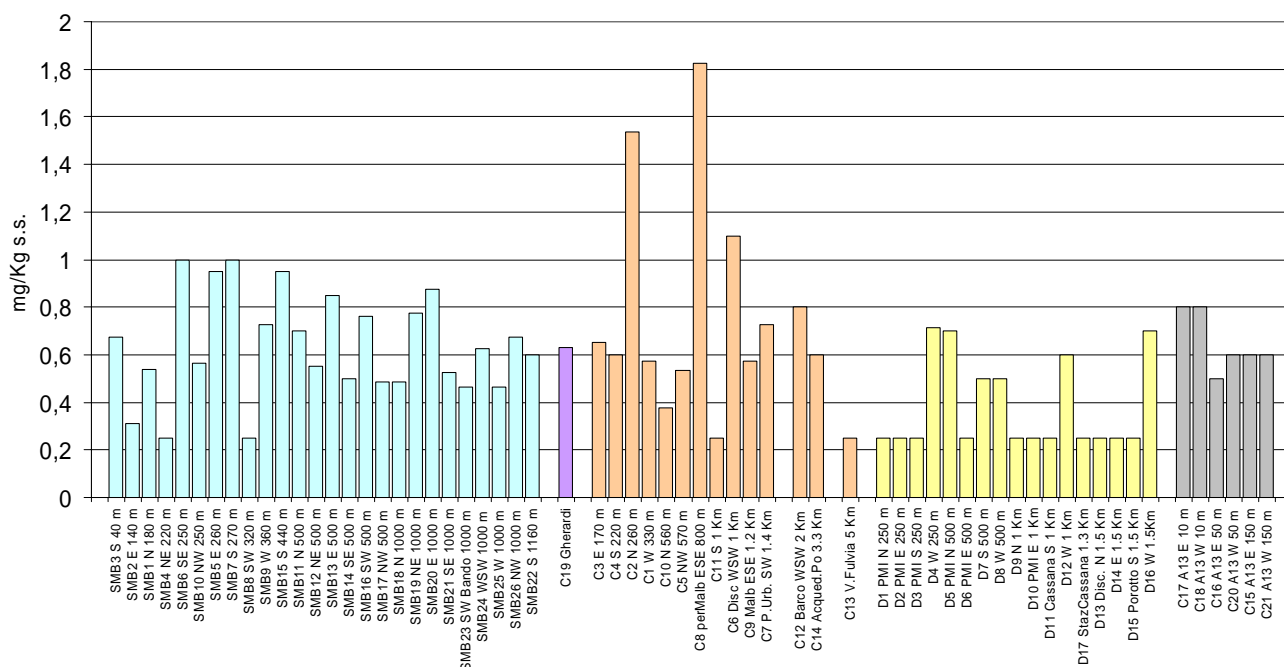


Figura 3.13

Campioni di suolo superficiale. Arsenico.

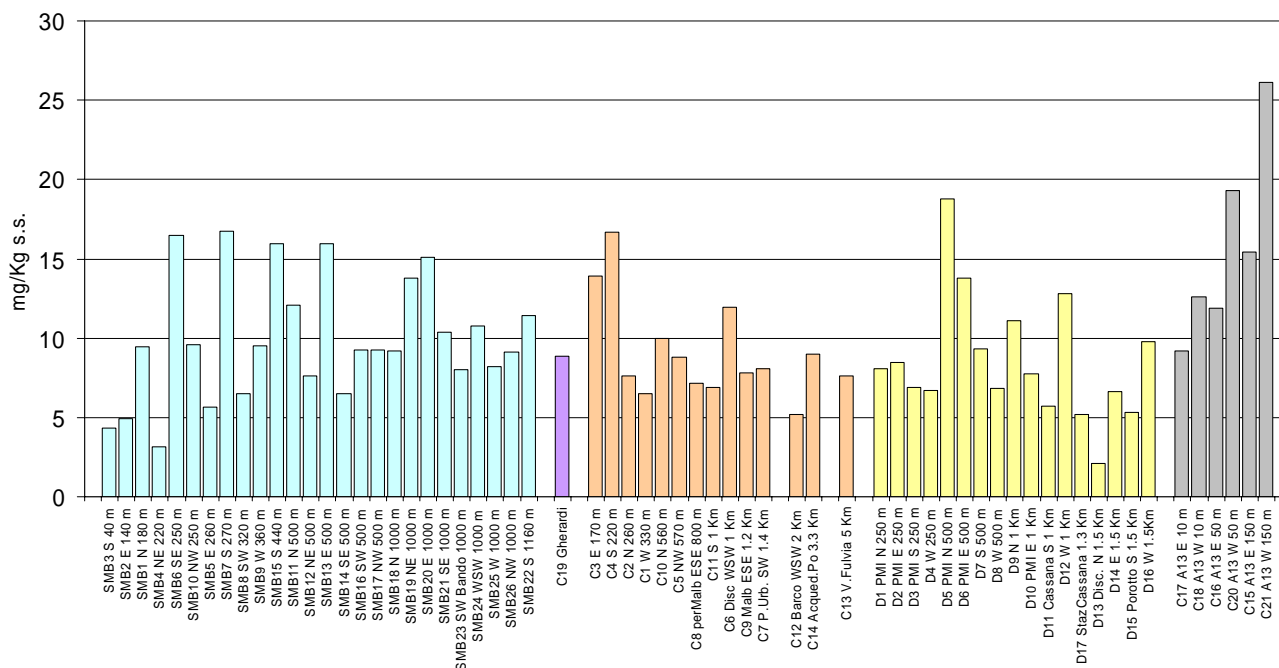


Figura 3.14

Campioni di suolo superficiale. Cromo totale.

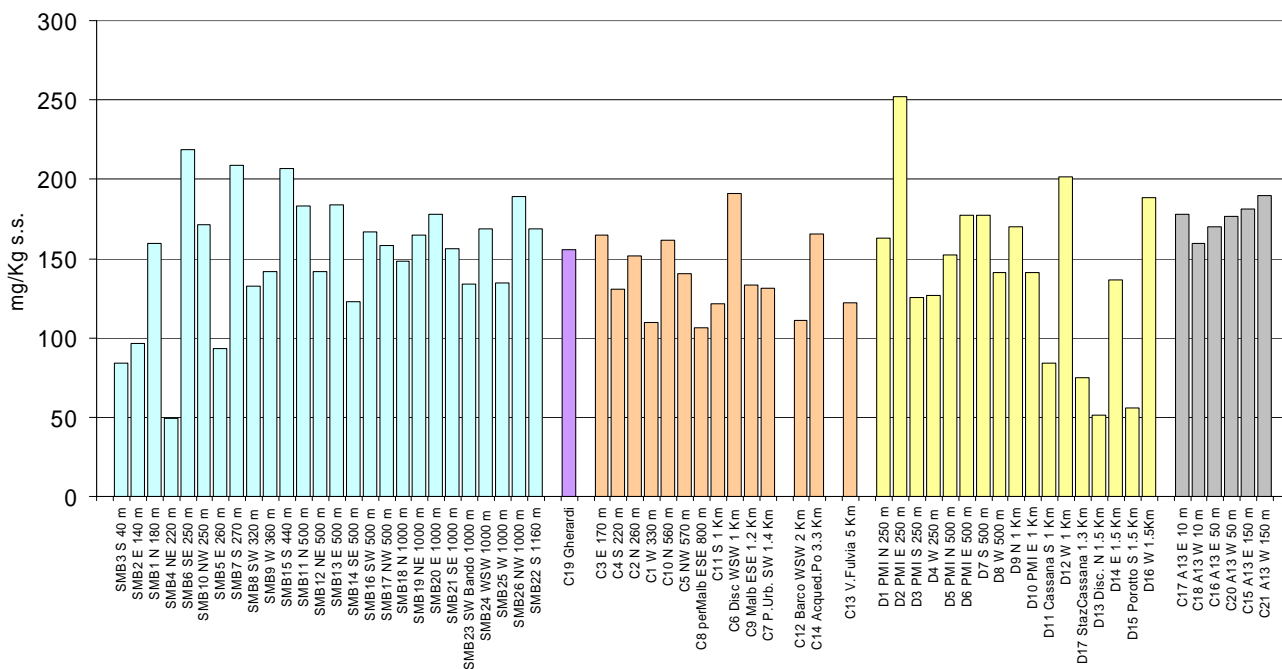


Figura 3.15

Campioni di suolo superficiale. Nichel.

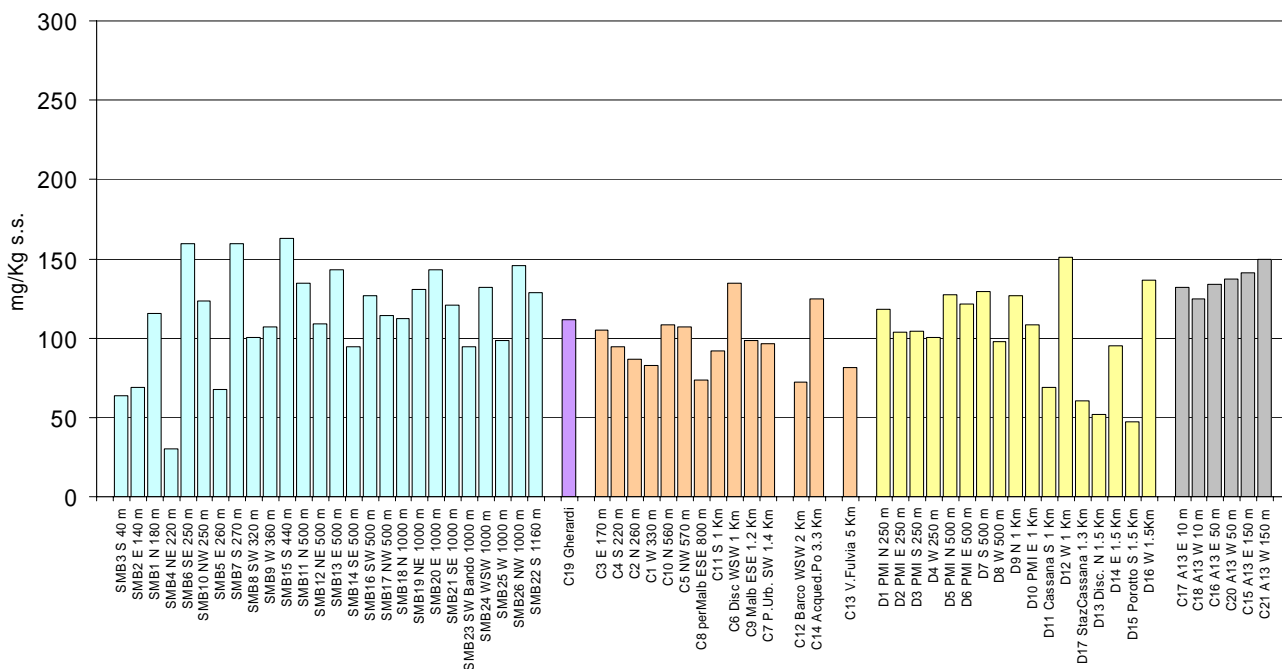


Figura 3.16

Campioni di suolo superficiale. Berillio.

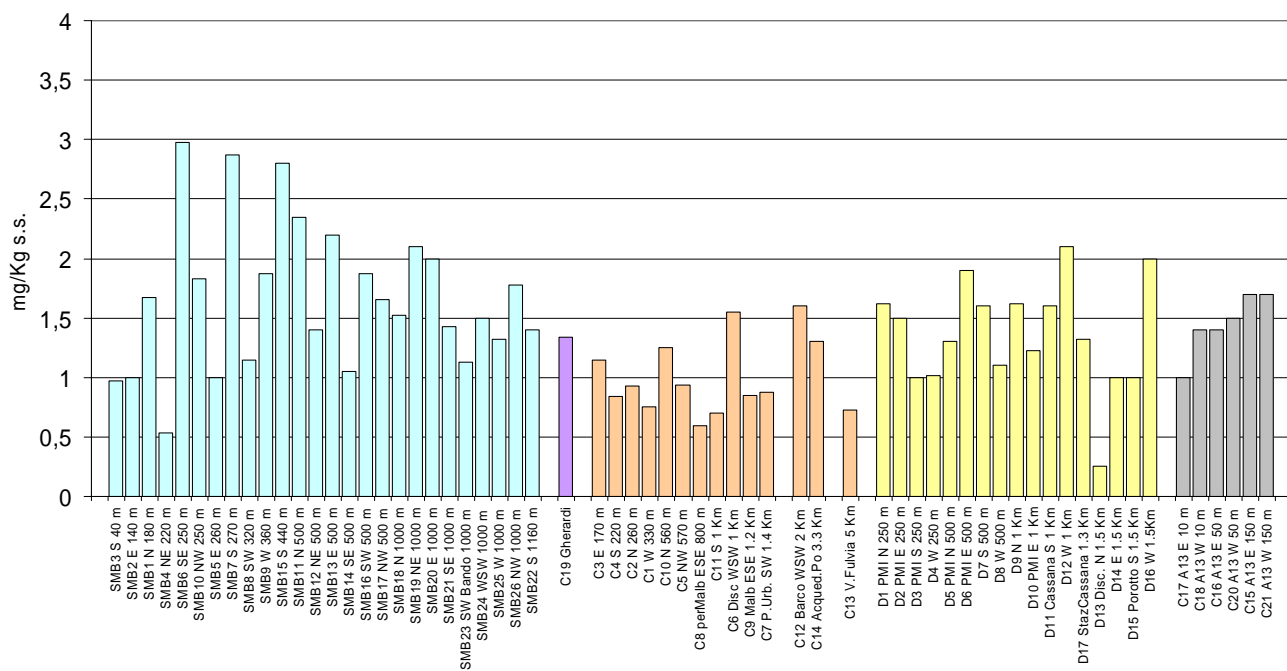


Figura 3.17

Campioni di suolo superficiale. Cobalto.

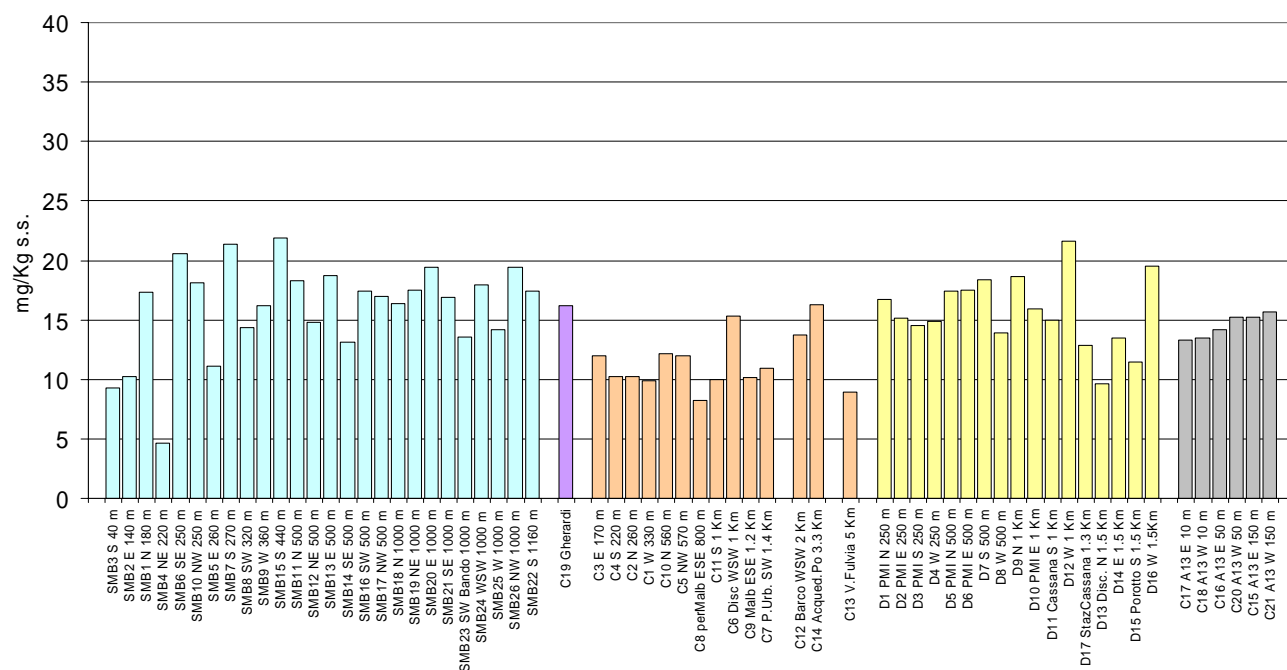


Figura 3.18

Campioni di suolo superficiale. Tallio.

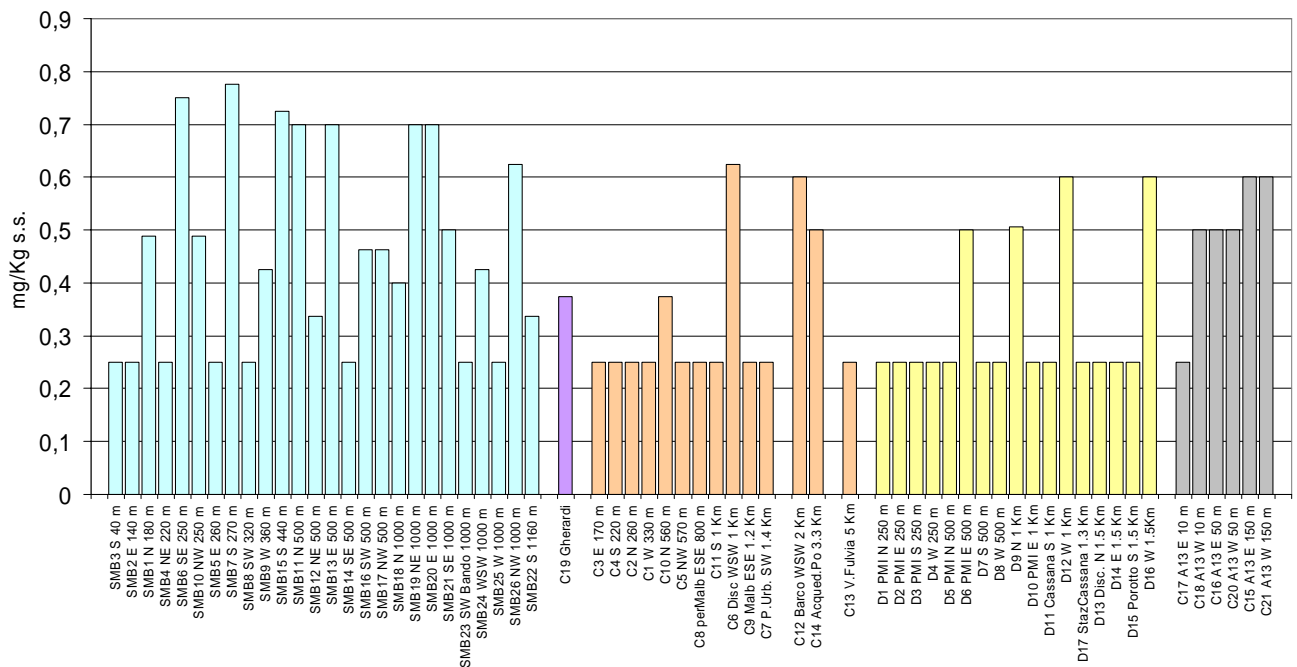
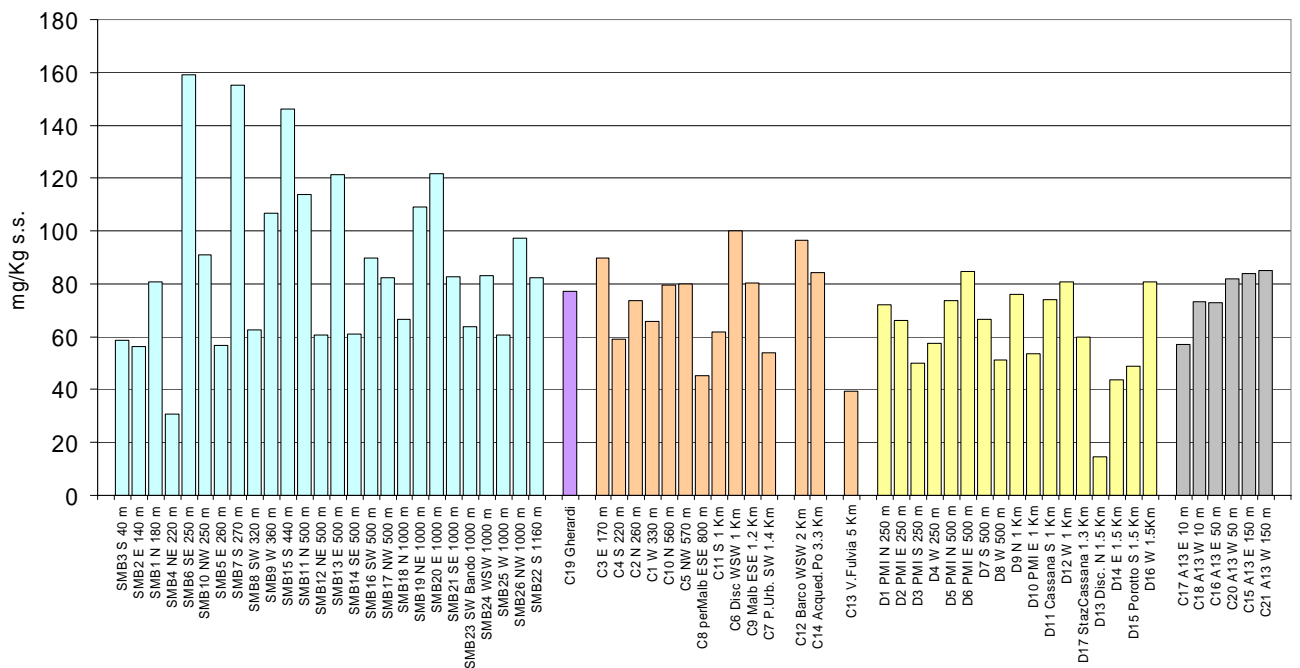


Figura 3.19

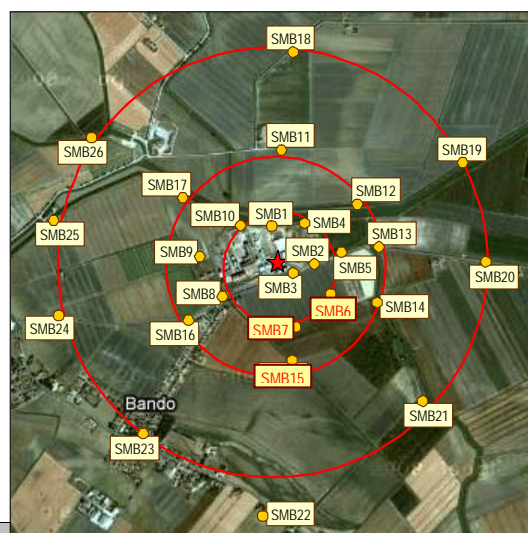
Campioni di suolo superficiale. Vanadio.



Per quel che riguarda il confronto dei valori con i limiti di legge, le informazioni relative ai siti sono state sintetizzate in **figura 3.20**; in essa i valori <l.q. sono stati posti in celle a **fondo rosa**, mentre i siti di tipo B sono stati posti in celle a **fondo azzurro**. I valori che superano i limiti del D.Lgs. 152/06 per siti di tipo A (come risultano, però, senza l'applicazione di incertezze, né di campionamento né di misura, e senza l'esclusione di valori puntuali risultanti 'anomali' sulla scorta degli specifici *test statistici*) sono indicati in **grassetto nero**. L'applicazione dell'*incertezza analitica* non fa 'rientrare' solo i valori posti nelle celle su **fondo giallo**. I risultati dell'applicazione di tale incertezza sono riportati nella seconda tabella in rosso, a destra nella figura. E' importante ricordare come per il *cromo totale*, esistano riferimenti bibliografici a sostegno di una loro origine naturale. Recenti studi su suoli della piana costiera ferrarese e ravennate (Amorosi & Sammartino, 2005 e 2007) e, più in generale, sul sottosuolo dell'intera Pianura Padana sud-orientale (Amorosi et al., 2002 e 2007), interpretano gli elevati tenori in *cromo* e *nicel* in sedimenti riferibili al Po come il risultato dello smantellamento dei complessi ofiolitici delle Alpi occidentali. Riguardo allo *stagno*, come già evidenziato nel **Rapporto**, la sue concentrazioni esprimono un possibile 'fondo naturale'.

Sulla mappa della figura sono invece evidenziati i siti con i valori più elevati di *vanadio*.

Figura 3.20



limiti D. Lgs. 152/06 SITO A: ad uso verde pubblico, privato e residenziale	10	20	2	2	20	150	2	1	120	100	120	3	1	1	90	150	2	150	1	90
limiti D. Lgs. 152/06 SITO B: ad uso commerciale e industriale	30	50	10	15	250	800	15	5	500	1000	600	15	350	10	250	1500	10	800	350	250
mg/Kg s.s.	Antimonio	Arsenico	Berillio	Cadmio	Cobalto	Cromo tot	Cromo VI	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Selenio	Stagno	Tallio	Vanadio	Zinco	Berillio	Cromo tot	Stagno	Vanadio
media SMB1	0,54	9,43	1,68	0,25	17,35	159,30	0,25	0,25	115,80	21,75	39,30	1,00	2,45	0,49	80,58	85,00				
media SMB2	0,31	4,95	1,00	0,25	10,20	96,58	0,25	0,25	68,80	19,93	40,63	1,00	2,23	0,25	56,40	78,75				
media SMB3	0,63	4,11	0,93	0,25	8,83	79,54	0,25	0,25	60,80	41,05	45,38	1,00	2,20	0,25	55,62	92,21				
media SMB4	0,25	3,15	0,54	0,25	4,65	49,43	0,25	0,25	29,93	9,00	31,98	1,00	1,25	0,25	30,78	54,50				
media SMB5	4,41	5,74	0,99	0,25	10,52	95,78	0,25	0,25	67,50	397,27	29,13	1,00	1,84	0,25	57,49	88,10				
media SMB6	1,00	16,45	2,98	0,25	20,55	218,55	0,25	0,25	159,45	28,88	59,95	1,00	3,58	0,75	159,13	116,75		150,40	1,71	111,67
media SMB7	1,00	16,73	2,88	0,25	21,38	209,05	0,25	0,25	159,33	31,35	59,53	1,00	3,45	0,78	155,00	115,25	2,28		1,63	108,60
media SMB8	0,25	6,39	1,13	0,25	14,08	130,46	0,25	0,25	98,72	15,46	26,59	1,00	2,04	0,25	61,44	65,63				
media SMB9	0,66	8,69	1,69	0,29	14,64	128,40	0,25	0,25	97,27	29,20	43,06	1,00	2,87	0,43	96,68	229,17				
media SMB10	0,56	9,58	1,83	0,25	18,08	171,30	0,25	0,25	123,65	23,00	41,50	1,00	2,55	0,49	90,93	102,00			1,15	
media SMB11	0,70	12,10	2,35	0,25	18,33	182,85	0,25	0,38	134,83	34,40	47,80	1,00	3,95	0,70	113,85	99,25			1,91	
media SMB12	0,55	7,63	1,40	0,25	14,78	141,90	0,25	0,25	108,70	18,10	29,45	1,00	2,18	0,34	60,70	70,25				
media SMB13	0,85	15,95	2,20	0,25	18,73	183,80	0,25	0,25	143,25	30,90	51,65	1,00	3,15	0,70	121,38	108,25			1,47	
media SMB14	0,50	5,84	0,95	0,25	11,84	111,44	0,25	0,31	85,57	19,92	27,73	1,00	1,85	0,25	55,82	69,15				
media SMB15	0,95	15,95	2,80	0,25	21,85	206,90	0,25	0,25	162,90	33,88	63,55	1,00	3,68	0,73	146,28	130,75			1,75	101,72
media SMB16	0,74	9,10	1,85	0,25	17,15	164,29	0,25	0,31	124,70	20,68	37,26	1,00	2,69	0,46	88,58	80,36			1,20	
media SMB17	0,49	9,25	1,65	0,25	16,98	157,98	0,25	0,25	114,18	21,03	35,70	1,00	2,38	0,46	82,18	78,50			1,02	
media SMB18	0,46	8,82	1,46	0,25	15,68	141,89	0,25	0,25	107,41	26,66	35,78	1,00	2,41	0,40	63,64	85,17			1,05	
media SMB19	0,77	13,69	2,08	0,25	17,33	163,48	0,25	0,25	129,79	24,50	48,58	1,00	2,98	0,69	108,11	90,74			1,37	
media SMB20	0,88	15,08	2,00	0,25	19,43	177,75	0,25	0,25	143,30	29,93	52,63	1,00	3,18	0,70	121,75	114,50			1,48	
media SMB21	0,53	10,35	1,43	0,25	16,88	156,28	0,25	0,25	120,88	24,10	35,83	1,00	2,53	0,50	82,63	82,25			1,14	
media SMB22	0,60	11,45	1,40	0,25	17,43	168,40	0,25	0,25	128,48	21,03	39,85	1,00	3,08	0,34	82,33	85,25			1,44	
media SMB23	0,46	8,03	1,13	0,25	13,58	133,95	0,25	0,25	94,53	19,50	28,85	1,00	2,03	0,25	63,90	70,50				
media SMB24	0,63	10,75	1,50	0,25	17,98	168,48	0,25	0,25	131,93	23,25	41,03	1,00	3,65	0,43	82,93	90,50			2,53	
media SMB25	0,46	7,97	1,29	0,25	13,75	130,85	0,25	0,25	95,50	30,92	34,11	1,00	3,05	0,25	58,94	83,56			1,17	
media SMB26	0,66	8,93	1,74	0,25	19,01	185,18	0,25	0,25	142,44	23,18	41,16	1,00	2,94	0,61	95,25	100,55			1,40	

## 4. PCDD e PCDF

La tabella di **figura 4.1** mostra gli esiti della ricerca di PCDD e PCDF nei siti. A differenza che per i metalli, i campionamenti sono stati di tipo diffuso ('1 di 4'), con l'analisi effettuata dopo miscelamento dei campioni puntuali prelevati in ogni sito. La maggior parte degli inquinanti è risultata inferiore ai limiti di quantificazione analitica (l.q.), per cui si è deciso di utilizzare per le elaborazioni finali solo le somme di 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD; O8CDD; 1,2,3,4,6,7,8-H7CDF; O8CDF (che mostravano rispettivamente numero 15, 19, 16 e 14 valori >l.q. su 26 siti campionati) dopo aver sostituito come di prassi i valori inferiori ad essi con valori pari a metà di detti limiti.

Nelle figure che seguono i dati sono rappresentati con il fine di facilitare una valutazione della relazione tra valori di PCDD+PCDF e distanza dal camino della Centrale. Le **figure 4.2 e 4.3** accorpano tutti i dati, che mostrano rispettivamente come somme TEQ (*tossicità equivalente*) e come somme di valori tal quali. La prima figura ovviamente non si presta a valutazioni strettamente ambientali, come invece fa la seconda, la quale non subisce le distorsioni introdotte dalla moltiplicazione dei valori dei parametri per i corrispondenti specifici *Fattori di tossicità equivalente* (TEF). Tale ultima figura suggerisce una distribuzione spaziale inversa in relazione alla distanza dal camino: se ne trova conferma nella successiva **figura 4.4**, che raggruppa i siti per quadranti di ventilazione prevalente, e, ancor di più, nella **figura 4.5**, in cui i siti sono accorpati in tre fasce di distanza dal camino (metri <260, 260-500 e 510-1200). Anche le correlazioni, già presentate nel capitolo 2 ('Alcune caratteristiche del suolo: tessitura e pH') con i *matrix plots* delle figg. 2.10 e 2.11, si mostrano significative ( $p=0.0199$  per tutti i dati e  $p=0.0015$  per i dati esclusi quelli dei 'siti estremi'); per inciso si richiama come, in quel capitolo (*vedi*) non si sia evidenziata correlazione del tenore di PCDD+PCDF con la percentuale di *argilla* dei suoli campionati. Per completezza d'informazione si riporta anche la **figura 4.6**, che effettua una comparazione dei valori dei vari siti campionati fino al 2008 (indagini di 'Via Conchetta' e altri siti, 'Via Diana' e 'Bando d'Argenta').

Un ultimo cenno merita il confronto con i limiti posti dalla normativa vigente (D.Lgs. 152/06) per i 'siti contaminati'. Nell'indagine, che ha incluso tutti i congeneri tossicologicamente importanti, il limite normativo per siti di tipo A, 10 pg/g s.s. per somma TEQ, non è stato mai superato. Va anche ricordato come recentemente si sia avuta un'evoluzione strumentale che ha portato a migliorare sensibilmente i *limiti di rilevabilità*: ciò, in virtù della frequente presenza di valori inferiori a detti limiti, rende i risultati dell'indagine non immediatamente confrontabili con quelli di altri studi, non recenti o basati su tecniche meno 'soddisfacenti'.

Figura 4.1 Bando. Diossine e Furani. Tabella dei dati

	2,3,7,8-T4CDD	1,2,3,7,8-P5CDD	1,2,3,4,7,8-H6CDD	1,2,3,6,7,8-H6CDD	1,2,3,7,8,9-H7CDD	1,2,3,4,6,7,8-H7CDD	O8CDD	2,3,7,8-T4CDF	1,2,3,7,8-P5CDF	2,3,4,7,8-P5CDF	1,2,3,4,7,8-H6CDF	1,2,3,6,7,8-H6CDF	2,3,4,6,7,8-H6CDF	1,2,3,7,8,9-H7CDF	1,2,3,4,6,7,8-H7CDF	1,2,3,4,7,8,9-H7CDF	O8CDF
Sito	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.	pg/g s.s.
SMB1 N 180 m	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	5,50	6,00	62,20	<0,7	<0,7	<0,7	4,50	2,20	3,40	2,80	6,10	3,60	7,90
SMB2 E 140 m	<0,7	<0,7	<0,8	<0,8	<0,8	11,00	62,80	<0,7	<0,7	<0,7	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	6,60	3,70	11,00
SMB3 S 40 m	<0,7	<0,7	<0,8	<0,8	<0,8	14,20	55,80	<0,7	<0,7	<0,7	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	8,70	<0,8	13,60
SMB4 NE 220 m	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	2,50	23,60	<0,6	<0,6	<0,6	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	4,20	<0,8	2,90
SMB5 E 260 m	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	18,60	72,60	<0,8	<0,8	<0,8	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	6,00	<1,0	12,00
SMB6 SE 250 m	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	2,70	32,20	<0,6	<0,6	<0,6	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	4,80	0,90	8,90
SMB7 S 270 m	<0,7	<0,7	<0,8	<0,8	<0,8	2,90	34,80	<0,6	<0,6	<0,6	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	5,70	1,60	12,50
SMB8 SW 320 m	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	2,70	38,20	<0,6	<0,6	<0,6	2,00	<0,7	1,20	<0,7	1,80	<0,7	4,10
SMB9 W 360 m	<0,8	<0,8	<0,7	<0,7	10,50	8,30	64,80	<0,7	<0,7	<0,7	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	9,80	<0,8	25,20
SMB10 NW 250 m	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	7,00	36,90	<0,6	<0,6	<0,6	0,70	2,80	<0,7	<0,7	5,00	1,80	3,30
SMB11 N 500 m	<0,8	<0,8	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	24,20	<0,7	<0,7	<0,7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,4
SMB12 NE 500 m	<0,8	<0,8	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,4	<0,7	<0,7	<0,7	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	4,90	<0,6	<0,4
SMB13 E 500 m	<0,8	<0,8	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	52,40	<0,8	<0,8	<0,8	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	7,40	<0,6	<0,5
SMB14 SE 500 m	<0,7	<0,7	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,4	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,4
SMB15 S 440 m	<0,8	<0,8	<0,7	<0,7	<0,7	6,90	63,80	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	3,60	<0,7	21,00
SMB16 SW 500 m	<0,8	<0,8	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,4	<0,8	<0,8	<0,8	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,4
SMB17 NW 500 m	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	3,60	24,90	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	2,90	1,10	6,10
SMB18 N 1000 m	<0,6	<0,6	<0,7	<0,7	<0,7	37,70	84,70	<0,5	<0,5	<0,5	<0,8	<0,5	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,5
SMB19 NE 1000 m	<0,8	<0,8	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,4	<0,7	<0,7	<0,7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,4
SMB20 E 1000 m	<0,8	<0,8	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,4	<0,7	<0,7	<0,7	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	4,50	<0,6	<0,4
SMB21 SE 1000 m	<0,7	<0,7	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	21,70	<0,7	<0,7	<0,7	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	12,50
SMB22 S 1160 m	<0,8	<0,8	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,4	<0,8	<0,8	<0,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,4
SMB23 SW Bando 1000 m	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	6,50	34,80	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	4,20	<0,7	11,50
SMB24 WSW 1000 m	<0,8	<0,8	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	26,20	<0,8	<0,8	<0,8	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,5
SMB25 W 1000 m	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	3,50	24,10	<0,5	<0,5	<0,5	<0,7	<0,5	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,5
SMB26 NW 1000 m	<0,9	<0,9	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,8	<0,8	<0,8	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7

Figura 4.2

Bando 2008 - Suoli superficiali  
WHO-TEQ (PCDD & PCDF) in funzione della distanza dal camino della Centrale  
(valori < l.q. fatti pari a l.q.)

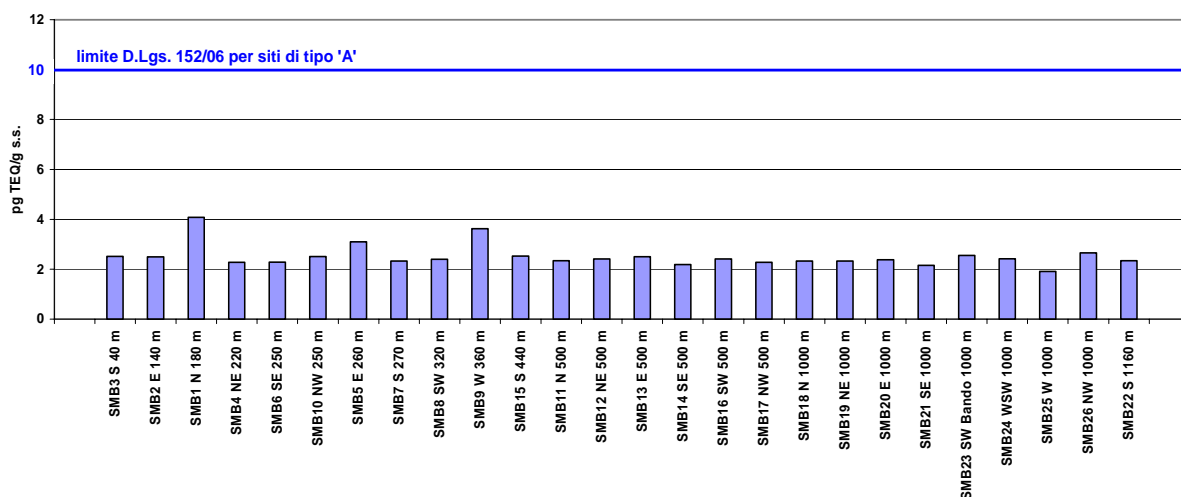


Figura 4.3

Bando 2008 - Suoli superficiali  
Somma valori analitici PCDD & PCDF in funzione della distanza dal camino della Centrale  
non espressi come TEQ (valori < l.q. fatti pari a 1/2 l.q.)

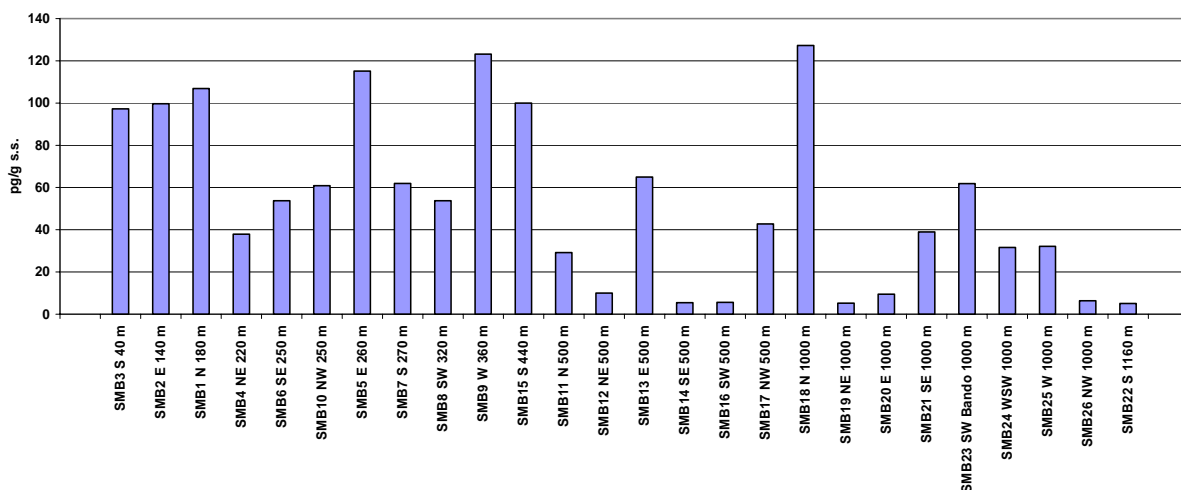


Figura 4.4

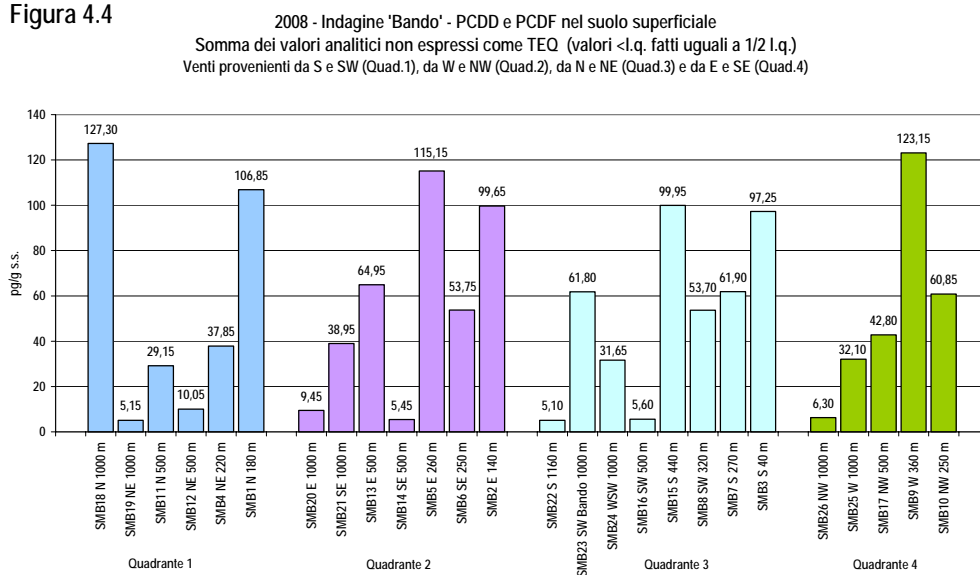


Figura 4.5

Bando 2008. Suoli superficiali  
Somma dei valori analitici PCDD e PCDF non espressi come TEQ  
(valori < l.q. fatti pari a 1/2 l.q.)

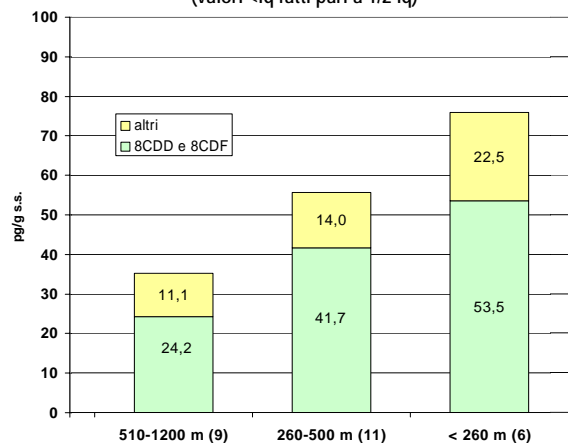
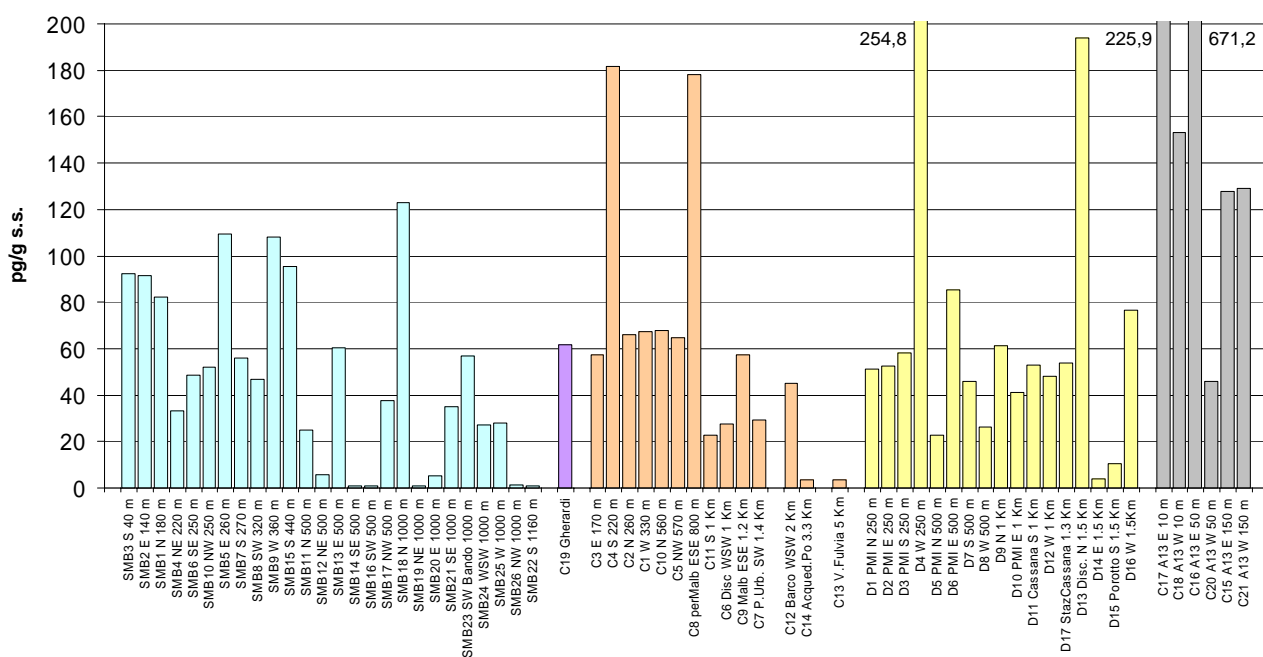


Figura 4.6

Campioni di suolo superficiale. Somma dei valori analitici PCDD e PCDF  
non espressi come TEQ (valori < l.q. fatti pari a 1/2 l.q.)



## 5. PCB

Le tabelle delle **figure 5.1 e 5.2** mostrano gli esiti della ricerca di PCB (*dioxin-like* e non) nei siti di Bando d'Argenta. I campionamenti sono stati di tipo diffuso ('1 di 4'). Molti inquinanti sono risultati inferiori ai limiti di quantificazione analitica (l.q.). Per le elaborazioni finali tali valori sono stati sostituiti, come di prassi, con valori pari alla loro metà.

Nelle **figure 5.3 e 5.4** i dati sono utilizzati per fornire rappresentazioni, in cui i valori dei siti sono disposti in funzione della distanza dal camino della Centrale: nella prima (**fig. 5.3**) i siti sono disposti tutti assieme, mentre nella seconda (**fig. 5.4**) essi sono raggruppati per quadranti in funzione delle direzioni di ventilazione. L'esistenza di alcuni picchi altera i profili. Le rappresentazioni della **figura 5.5**, che mostra l'accorpamento dei dati per fasce di distanza dal camino (metri <260, 260-500 e 510-1200), evidenzia come l'eliminazione di tali picchi (SMB18 e SMB25) come fossero 'anomali' porti ad una parvenza di relazione inversa tra valori di fascia e distanze dal camino. D'altronde le correlazioni, già presentate nel capitolo 2 ('Alcune caratteristiche del suolo: tessitura e pH') con i *matrix plots* delle **figg. 2.10 e 2.11**, mostrano significatività differenti a seconda che si considerino tutti i dati ( $p=0.2144$ ) o quelli dopo esclusione dei 'siti estremi' ( $p=0.0036$ ); per inciso si richiama come, in quel capitolo (*vedi*), non si sia evidenziata correlazione del tenore dei PCB con la percentuale di *argilla* dei suoli campionati.

Figura 5.1 Bando. PCB *dioxin-like*. Tabella dei dati

Sito	T4CB-81	T4CB-77	P5CB-123	P5CB-118	P5CB-114	P5CB-105	P5CB-126	H6CB- (167 + 128)	H6CB-156	H6CB-157	H6CB-169	H7CB-189
	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.
SMB1 N 180 m	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,09	< 0,04	0,06	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
SMB2 E 140 m	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,20	< 0,04	0,25	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
SMB3 S 40 m	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,17	< 0,04	0,19	< 0,04	0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,06
SMB4 NE 220 m	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,06	< 0,04	0,06	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
SMB5 E 260 m	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,32	< 0,04	0,48	< 0,04	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
SMB6 SE 250 m	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,30	< 0,04	0,09	< 0,04	0,09	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
SMB7 S 270 m	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,36	< 0,04	0,10	< 0,04	0,08	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
SMB8 SW 320 m	< 0,04	< 0,04	0,15	0,28	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
SMB9 W 360 m	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,57	< 0,04	0,34	< 0,04	0,13	0,15	0,12	< 0,04	< 0,04
SMB10 NW 250 m	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,09	< 0,04	0,06	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
SMB11 N 500 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	< 0,01	0,03	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
SMB12 NE 500 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,12	0,01	0,01	< 0,01	0,04	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
SMB13 E 500 m	< 0,01	< 0,01	0,01	0,11	0,01	< 0,01	< 0,01	0,06	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01
SMB14 SE 500 m	< 0,01	0,02	0,01	0,22	< 0,01	0,09	< 0,01	0,07	0,03	< 0,01	< 0,01	0,01
SMB15 S 440 m	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,38	< 0,04	0,12	< 0,04	0,10	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
SMB16 SW 500 m	< 0,01	< 0,01	0,02	0,07	< 0,01	0,02	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
SMB17 NW 500 m	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
SMB18 N 1000 m	< 0,01	< 0,01	0,43	0,22	< 0,01	0,07	< 0,01	0,57	0,43	0,03	< 0,01	0,13
SMB19 NE 1000 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,08	< 0,01	0,01	< 0,01	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
SMB20 E 1000 m	< 0,01	0,01	0,06	0,25	< 0,01	0,08	< 0,01	0,20	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,14
SMB21 SE 1000 m	< 0,01	0,03	< 0,01	0,10	< 0,01	0,02	< 0,01	0,03	0,02	< 0,01	0,02	< 0,01
SMB22 S 1160 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,07	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
SMB23 SW Bando 1000 m	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04	< 0,04	0,08	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
SMB24 WSW 1000 m	< 0,01	0,01	< 0,01	0,13	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,13	0,25	0,13	< 0,01	< 0,01
SMB25 W 1000 m	< 0,01	< 0,01	0,70	0,80	0,02	0,24	< 0,01	1,42	1,01	< 0,01	< 0,01	0,23
SMB26 NW 1000 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,08	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Figura 5.2 Bando. PCB non *dioxin-like*. Tabella dei dati

Sito	T3CB-28	T4CB-52	P5CB-95	P5CB-101	P5CB-99	P5CB-110	H6CB-151	H6CB-149	H6CB-146	H6CB- (153 + 168)	H6CB-138	H7CB-187	H7CB-183	H7CB-177	H7CB- (180 + 193)	H7CB-170
	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.
SMB1 N 180 m	< 0,04	0,16	0,10	0,15	0,13	0,18	0,18	0,24	< 0,04	0,41	0,46	0,17	0,21	0,10	0,35	0,23
SMB2 E 140 m	< 0,04	0,16	0,20	0,18	0,14	0,35	< 0,04	0,27	0,14	0,46	0,51	0,25	0,12	0,12	0,77	0,22
SMB3 S 40 m	< 0,04	< 0,04	0,27	0,25	0,13	0,52	0,24	0,44	0,19	0,65	0,97	0,38	0,15	0,17	0,74	0,46
SMB4 NE 220 m	< 0,04	< 0,04	0,07	0,10	0,10	0,15	< 0,04	0,13	< 0,04	0,27	0,26	0,11	0,06	< 0,04	0,15	0,11
SMB5 E 260 m	0,21	0,24	< 0,04	0,20	0,17	0,41	0,40	0,51	0,18	0,69	0,98	1,50	0,31	0,32	1,80	0,60
SMB6 SE 250 m	< 0,04	< 0,04	0,07	0,20	0,04	0,19	< 0,04	0,14	0,11	0,17	0,18	0,15	0,09	0,04	0,17	0,11
SMB7 S 270 m	< 0,04	< 0,04	0,09	0,22	0,04	0,22	< 0,04	0,18	0,10	0,20	0,21	0,15	0,09	< 0,04	0,15	0,11
SMB8 SW 320 m	< 0,04	0,12	< 0,04	0,16	0,03	0,12	< 0,04	0,10	0,08	0,07	0,08	0,15	0,09	< 0,04	0,11	0,08
SMB9 W 360 m	< 0,04	0,16	0,10	0,30	0,11	0,42	< 0,04	0,36	0,14	0,71	1,06	0,32	0,12	0,12	0,58	0,35
SMB10 NW 250 m	< 0,04	< 0,04	0,11	0,17	0,12	0,19	0,19	0,21	0,12	0,41	0,42	0,20	0,10	0,09	0,31	0,14
SMB11 N 500 m	0,01	0,02	0,04	0,07	0,05	0,04	0,03	0,08	0,02	0,13	0,12	0,05	0,02	0,03	0,12	0,05
SMB12 NE 500 m	0,07	0,04	0,07	0,13	0,04	0,08	0,04	0,15	0,02	0,23	0,18	0,06	0,03	0,03	0,16	0,08
SMB13 E 500 m	0,01	0,04	0,05	0,12	0,05	0,10	0,05	0,14	0,03	0,25	0,23	0,13	0,05	0,06	0,32	0,13
SMB14 SE 500 m	0,26	0,09	0,08	0,21	0,12	0,19	0,04	0,18	0,04	0,28	0,35	0,13	0,05	0,04	0,24	0,09
SMB15 S 440 m	< 0,04	0,16	0,13	0,27	0,08	0,37	0,13	0,25	< 0,04	0,40	0,50	0,23	0,14	< 0,04	0,37	0,30
SMB16 SW 500 m	0,08	0,03	0,04	0,09	0,04	0,07	0,02	0,09	0,02	0,12	0,11	0,05	0,02	0,03	0,13	0,06
SMB17 NW 500 m	< 0,04	< 0,04	0,10	0,10	0,10	0,17	0,15	0,18	0,11	0,27	0,35	0,12	0,09	0,10	0,17	0,15
SMB18 N 1000 m	0,11	0,05	0,33	0,80	0,09	0,56	0,91	2,51	0,47	4,62	2,21	1,93	0,89	1,01	6,41	3,38
SMB19 NE 1000 m	0,01	0,01	0,03	0,06	0,03	0,04	0,02	0,05	0,01	0,09	0,08	0,03	0,01	0,01	0,05	0,03
SMB20 E 1000 m	0,01	0,10	0,19	0,24	0,09	0,26	0,08	0,25	0,06	0,33	0,30	0,12	0,06	0,04	0,25	0,21
SMB21 SE 1000 m	< 0,01	0,01	0,03	0,06	0,06	0,04	0,02	0,09	0,02	0,18	0,16	0,05	0,04	0,04	0,29	0,19
SMB22 S 1160 m	0,01	0,03	0,04	0,10	0,07	0,04	0,03	0,10	0,02	0,18	0,15	0,05	0,02	0,02	0,13	0,05
SMB23 SW Bando 1000 m	< 0,04	< 0,04	0,10	0,07	0,10	0,11	0,16	0,13	0,11	0,21	0,25	0,14	0,05	0,09	0,14	0,14
SMB24 WSW 1000 m	0,02	0,03	0,07	0,14	0,07	0,10	0,04	0,12	< 0,01	0,24	0,18	0,12	0,04	0,06	0,33	0,11
SMB25 W 1000 m	0,03	0,05	0,81	1,57	0,08	0,44	2,11	5,82	1,19	10,63	6,17	5,49	2,56	2,37	19,38	8,53
SMB26 NW 1000 m	< 0,01	< 0,01	0,02	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	< 0,01	0,07	0,05	0,02	0,01	< 0,01	0,07	0,03

Figura 5.3

**Bando 2008 - Suoli superficiali**  
**Somma valori analitici PCB in funzione della distanza dal camino della Centrale**  
**(valori < l.q. fatti pari a 1/2 l.q.)**

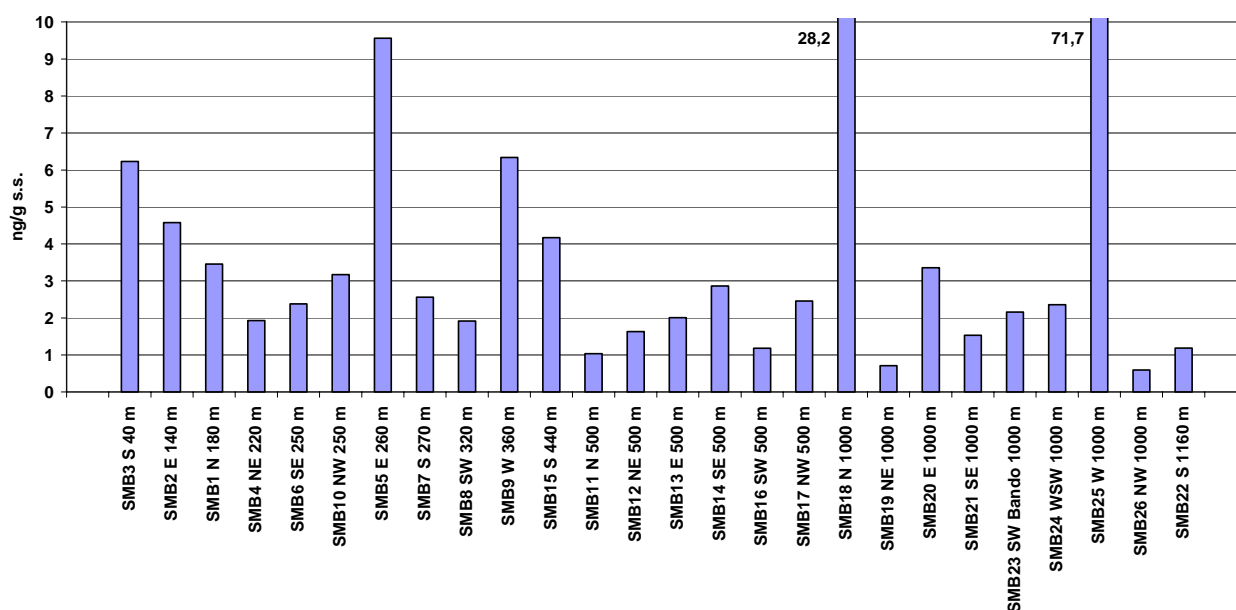


Figura 5.4

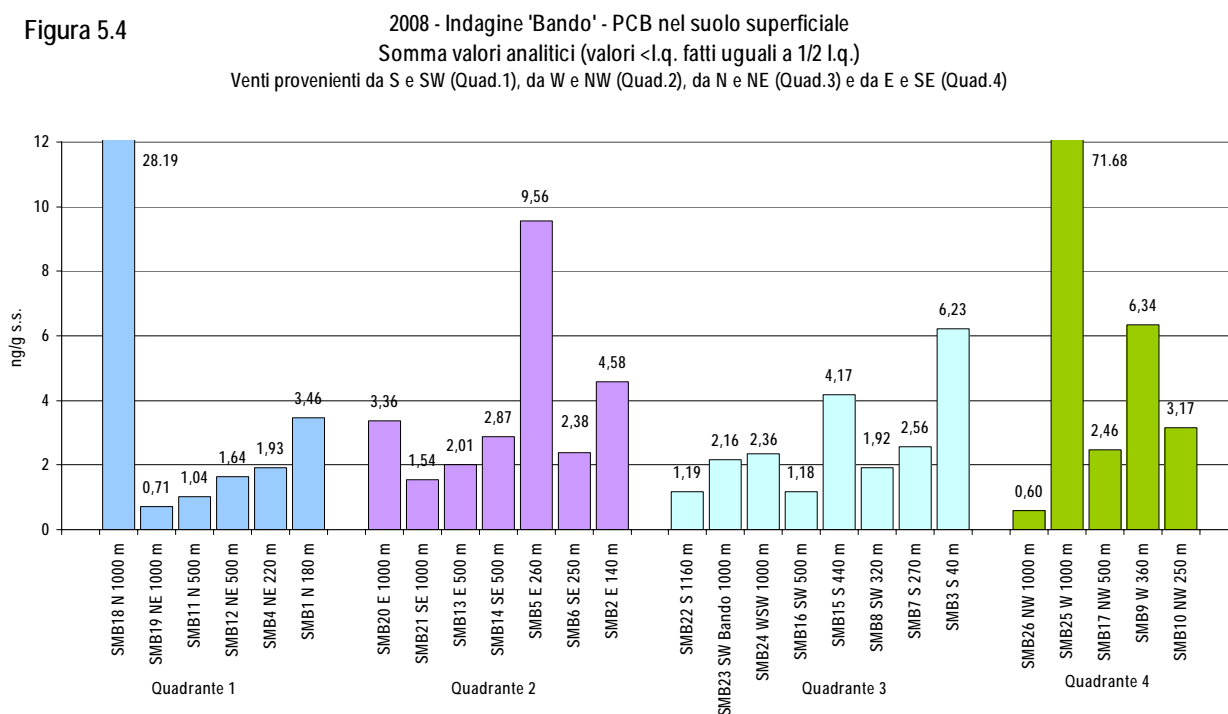
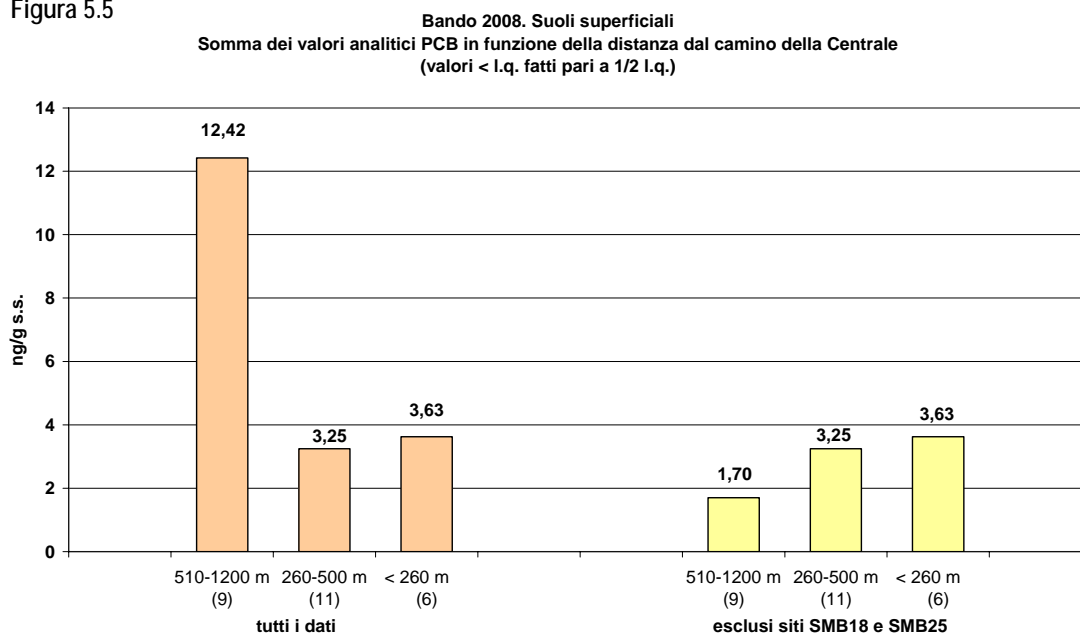


Figura 5.5



Per completezza d'informazione si riporta anche, in **figura 5.6**, un confronto fra gli svariati siti studiati nelle indagini svolte fino al 2008 ('Via Conchetta' e altri siti, 'Via Diana', 'Bando d'Argenta' in cui sono stati analizzati 28 congeneri anziché 18 come nelle prime due indagini).

Infine, sotto il profilo tossicologico, la **figura 5.7** mostra una sintesi comparata di *PCDD+PCDF* e *PCB*. Come di norma, i valori di questi ultimi sono stati moltiplicati per i rispettivi TEF e poi sommati a produrre dei TEQ, che sono stati sommati con quelli derivanti dalla presenza di *diossine* e *furani*: i limiti, che la normativa vigente (D.Lgs. 152/06) pone per i 'siti contaminati' in termini di TEQ, non risultano superati, come si può osservare dalla colonna terminale della prima delle tabelle della figura. Invece, per quel che riguarda le somme dei valori dei PCB relative a ciascun sito, si è potuto riscontrare un solo 'sforamento' (sito SMB25, cella **in giallo** nella seconda tabella della figura), nel valutare il quale bisogna considerare sia la possibilità dell'esistenza di una micro-contaminazione puntuale sia che i valori sono stati ricavati dai dati su *sostanza secca* senza inclusione dello 'scheletro' (come vorrebbe il succitato Decreto) e che non si è applicata alcuna incertezza (né di campionamento né di misura).

Figura 5.6

Campioni di suolo superficiale. PCB.  
Somatoria di tutti i valori analitici (valori <l.q. fatti uguali a 1/2 l.q.)

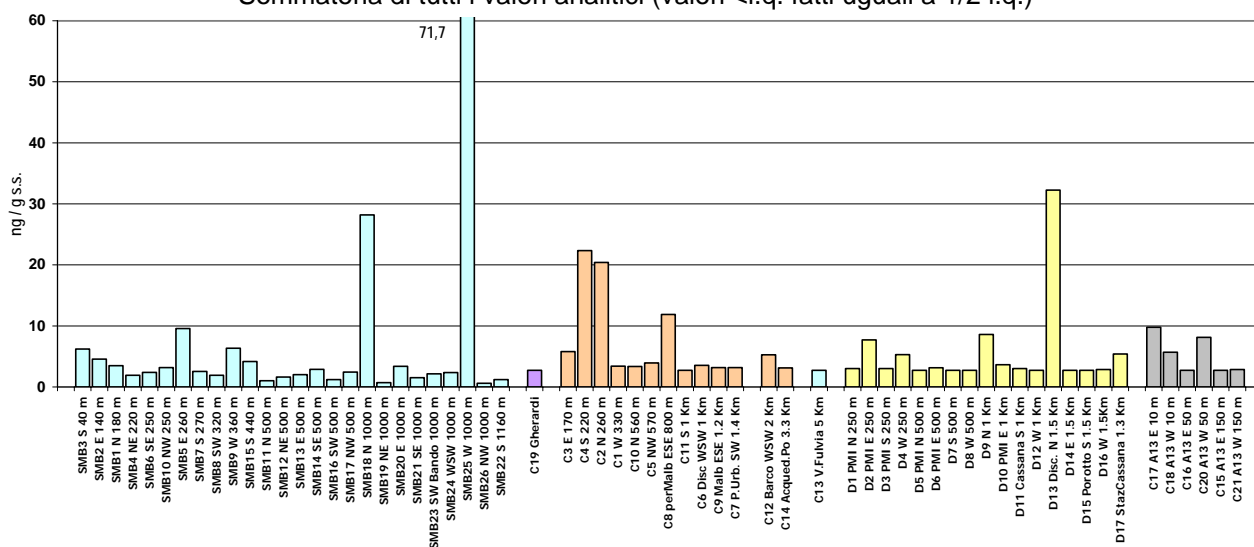


Figura 5.7

	SITO A: ad uso verde pubblico, privato e residenziale						10 pgTEQ/g s.s.
	SITO B: ad uso commerciale e industriale						100 pgTEQ/g s.s.
		Valori <Iq = 1/2Iq (pg/g s.s.)					Valori <Iq = 1/2Iq (pg/g s.s.)
Tipo Sito	Sito	Equivalenti di Tossicità PCB dioxin-like (PCB-TEF)	Equivalenti di Tossicità PCB dioxin-like (WHO-TEF)	Equivalenti di Tossicità PCDD e PCDF (I-TE)	Equivalenti di Tossicità PCDD e PCDF (WHO-TEF)		Equivalenti di Tossicità PCDD,PCDF e PCB dioxin-like (WHO-TEF)
		pgTEQ/g s.s.	pgTEQ/g s.s.	pgTEQ/g s.s.	pgTEQ/g s.s.		pgTEQ/g s.s.
B	SMB1 N 180 m	2,26	2,62	2,97	4,08		6,70
A	SMB2 E 140 m	2,29	2,63	1,32	2,50		5,12
B	SMB3 S 40 m	2,28	2,62	1,33	2,52		5,14
A	SMB4 NE 220 m	2,26	2,62	1,08	2,27		4,89
B	SMB5 E 260 m	2,32	2,64	1,61	3,10		5,73
A	SMB6 SE 250 m	2,28	2,63	1,11	2,28		4,91
A	SMB7 S 270 m	2,29	2,63	1,15	2,33		4,96
B	SMB8 SW 320 m	2,30	2,63	1,31	2,39		5,02
B	SMB9 W 360 m	2,45	2,65	2,38	3,63		6,28
A	SMB10 NW 250 m	2,26	2,62	1,42	2,51		5,12
A	SMB11 N 500 m	0,57	0,66	1,07	2,34		2,99
A	SMB12 NE 500 m	0,58	0,66	1,11	2,41		3,07
A	SMB13 E 500 m	0,58	0,66	1,22	2,50		3,16
A	SMB14 SE 500 m	0,61	0,67	0,99	2,18		2,85
A	SMB15 S 440 m	2,30	2,63	1,27	2,53		5,16
A	SMB16 SW 500 m	0,57	0,66	1,09	2,41		3,07
A	SMB17 NW 500 m	2,25	2,61	1,10	2,28		4,89
A	SMB18 N 1000 m	0,88	0,71	1,33	2,33		3,04
A	SMB19 NE 1000 m	0,57	0,66	1,04	2,33		2,98
A	SMB20 E 1000 m	0,62	0,67	1,09	2,38		3,05
A	SMB21 SE 1000 m	0,74	1,11	1,01	2,15		3,26
A	SMB22 S 1160 m	0,57	0,66	1,06	2,34		3,00
A	SMB23 SW Bando 1000 m	2,26	2,62	1,24	2,55		5,16
A	SMB24 WSW 1000 m	0,76	0,67	1,12	2,42		3,09
A	SMB25 W 1000 m	1,28	0,78	0,90	1,91		2,70
A	SMB26 NW 1000 m	0,57	0,66	1,19	2,66		3,31

	SITO A: ad uso verde pubblico, privato e residenziale	60 ng/g s.s.	60 ng/g s.s.	
	SITO B: ad uso commerciale e industriale	5000 ng/g s.s.	5000 ng/g s.s.	
		Valori <Iq = 1/2Iq (ng/g s.s.)		
Tipo Sito	Sito	Somma valori PCB ng/g s.s.	Somma valori PCB dioxin-like ng/g s.s.	Equivalenti di Tossicità PCB dioxin-like (WHO-TEF) ngTEQ/g s.s.
B	SMB1 N 180 m	3,46	0,35	0,0026
A	SMB2 E 140 m	4,58	0,65	0,0026
B	SMB3 S 40 m	6,23	0,63	0,0026
A	SMB4 NE 220 m	1,93	0,32	0,0026
B	SMB5 E 260 m	9,56	1,02	0,0026
A	SMB6 SE 250 m	2,38	0,66	0,0026
A	SMB7 S 270 m	2,56	0,72	0,0026
B	SMB8 SW 320 m	1,92	0,65	0,0026
B	SMB9 W 360 m	6,34	1,45	0,0026
A	SMB10 NW 250 m	3,17	0,35	0,0026
A	SMB11 N 500 m	1,04	0,16	0,0007
A	SMB12 NE 500 m	1,64	0,23	0,0007
A	SMB13 E 500 m	2,01	0,25	0,0007
A	SMB14 SE 500 m	2,87	0,48	0,0007
A	SMB15 S 440 m	4,17	0,78	0,0026
A	SMB16 SW 500 m	1,18	0,18	0,0007
A	SMB17 NW 500 m	2,46	0,26	0,0026
A	SMB18 N 1000 m	28,19	1,91	0,0007
A	SMB19 NE 1000 m	0,71	0,15	0,0007
A	SMB20 E 1000 m	3,36	0,77	0,0007
A	SMB21 SE 1000 m	1,54	0,25	0,0011
A	SMB22 S 1160 m	1,19	0,15	0,0007
A	SMB23 SW Bando 1000 m	2,16	0,32	0,0026
A	SMB24 WSW 1000 m	2,36	0,69	0,0007
A	SMB25 W 1000 m	71,68	4,45	0,0008
A	SMB26 NW 1000 m	0,60	0,14	0,0007

## 6. IPA

La tabella della **figura 6.1** mostra gli esiti della ricerca di IPA nei siti. I campionamenti sono stati di tipo diffuso ('1 di 4'). Ai fini delle elaborazioni i valori inferiori ai limiti di quantificazione analitica, sono stati fatti pari a metà di detti limiti (celle a **fondo giallo**).

Nelle **figure dalla 6.2 alla 6.5** i dati sono utilizzati per fornire rappresentazioni, in cui i valori dei siti sono disposti in funzione della distanza dal camino della Centrale. Nelle prime due rappresentazioni (**figg. 6.2 e 6.3**), che si riferiscono rispettivamente alla somma di tutti gli IPA indagati e ai valori di *benzo(a)pirene*, i siti sono disposti tutti assieme, mentre nella successiva (**fig. 6.4**) essi sono raggruppati per quadranti in funzione delle direzioni di ventilazione. Nelle rappresentazioni della **fig. 6.5** i dati sono accorpati per fasce di distanza dal camino (metri <260, 260-500 e 510-1200), prima includendo tutti i valori poi escludendo i valori dei 'siti estremi' come altrove definiti. Non emerge alcuna relazione, come peraltro si poteva osservare già nelle elaborazioni presentate nel capitolo 2 ('Alcune caratteristiche del suolo: tessitura e pH') con i *matrix plots* delle **figg. 2.10 e 2.11** (p di 0.1146 e 0.7609 rispettivamente per tutti i dati e per quelli esclusi i 'siti estremi'); per inciso si richiama come, in quel capitolo (*vedi*), non si sia evidenziata correlazione del tenore dei PCB con la percentuale di *argilla* dei suoli campionati.

Per completezza d'informazione si riportano, anche, in **figura 6.6** la composizione percentuale dei siti in relazione ai vari IPA rilevati e in **figura 6.9** un confronto fra svariati siti studiati nelle indagini svolte fino al 2008 ('Via Conchetta' e altri siti, 'Via Diana', 'Bando d'Argenta').

Figura 6.1 Bando. IPA. Tabella dati

Sito	Acenafene	Acenafilene	Antracene	Benzo (a) antracene	Benzo (a) pirene	Benzo (b+h) fluorantene	Benzo (e) pirene	Benzo (k) fluorantene	Benzo (g,h,i) pterilene	Crisene	Dibenzo (a,h) antracene	Dibenzo (a,e) pirene	Dibenzo (a,h) pirene	Dibenzo (a,i) pirene	Dibenzo (a,j) pirene	Fenantrene	Fluorantene	Fluorene	Indeno (1,2,3, c,d) pirene	Naftalene	Pirene
	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.
SMB1 N 180 m	< 0,1	0,30	0,20	2,70	1,90	7,80	4,70	1,30	3,60	4,90	1,00	0,90	< 0,1	0,20	2,40	4,50	6,50	< 0,1	3,70	< 0,1	5,00
SMB2 E 140 m	< 0,1	0,70	0,50	7,00	5,90	16,30	9,00	4,40	8,60	8,90	2,20	1,70	< 0,1	0,40	4,40	6,20	15,90	< 0,1	10,40	< 0,1	9,60
SMB3 S 40 m	0,50	3,10	1,80	16,80	16,70	39,80	33,80	10,50	32,00	22,10	5,70	4,70	< 0,1	0,80	9,10	24,90	54,10	1,30	23,80	< 0,1	36,30
SMB4 NE 220 m	< 0,1	0,80	0,30	3,60	4,20	10,80	6,30	2,60	6,10	4,80	1,60	1,50	< 0,1	0,50	3,40	3,30	5,50	< 0,1	7,00	< 0,1	4,00
SMB5 E 260 m	0,50	0,60	1,00	5,00	4,00	11,70	14,20	2,40	11,80	6,90	1,90	1,70	< 0,1	< 0,1	2,60	10,60	13,40	1,50	7,10	< 0,1	13,70
SMB6 SE 250 m	< 0,1	< 0,1	0,20	3,40	1,60	7,30	4,30	1,50	2,90	5,50	0,90	0,70	< 0,1	< 0,1	1,70	4,70	7,20	< 0,1	3,20	< 0,1	5,30
SMB7 S 270 m	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,40	4,40	7,30	4,60	1,20	2,90	6,10	0,80	0,60	< 0,1	< 0,1	1,60	9,90	19,10	0,50	3,10	< 0,1	9,10
SMB8 SW 320 m	0,10	0,10	0,10	1,80	8,50	5,20	8,60	0,90	8,10	3,20	0,80	1,30	< 0,1	< 0,1	1,90	2,10	3,20	< 0,1	3,90	< 0,1	3,30
SMB9 W 360 m	< 0,1	0,60	0,70	10,30	8,00	22,20	15,00	7,20	12,30	15,50	3,20	3,20	0,20	0,70	6,90	12,80	19,40	0,30	11,20	< 0,1	14,60
SMB10 NW 250 m	< 0,1	< 0,1	0,30	4,60	2,40	9,80	6,00	1,80	4,70	6,70	1,20	1,10	< 0,1	0,20	2,60	7,40	12,80	0,30	4,40	< 0,1	9,60
SMB11 N 500 m	0,70	0,20	0,30	26,30	3,70	18,10	--	3,60	8,40	12,60	1,80	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,10	11,20	18,10	0,10	10,60	0,30	11,60
SMB12 NE 500 m	0,70	0,20	0,70	6,60	3,20	15,80	--	2,70	9,60	9,30	3,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,70	6,10	10,60	0,20	9,00	0,50	10,20
SMB13 E 500 m	1,00	0,10	0,30	25,40	4,40	27,10	--	3,40	12,90	14,70	3,20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,70	21,30	22,70	0,30	13,10	0,40	11,90
SMB14 SE 500 m	1,10	0,20	0,30	27,40	3,60	19,50	--	3,90	10,80	11,60	2,60	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,80	17,70	14,80	0,40	9,60	0,40	12,10
SMB15 S 440 m	< 0,1	0,20	0,40	3,90	2,20	11,90	7,60	2,50	5,90	7,80	1,50	1,20	< 0,1	0,20	3,30	10,40	10,60	0,40	5,80	< 0,1	7,30
SMB16 SW 500 m	1,10	0,10	0,10	25,40	1,00	7,60	--	1,30	5,40	5,10	1,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	8,20	6,60	0,10	3,60	0,40	7,30
SMB17 NW 500 m	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,80	1,40	7,20	4,60	1,20	3,20	4,90	0,80	0,60	< 0,1	< 0,1	1,50	3,30	6,30	< 0,1	3,30	< 0,1	4,60
SMB18 N 1000 m	1,50	1,50	5,10	51,30	62,80	92,00	--	19,40	76,00	46,40	40,90	21,00	< 0,1	< 0,1	24,90	39,40	67,00	2,60	65,80	3,80	51,80
SMB19 NE 1000 m	0,90	0,10	0,70	28,80	2,30	14,90	--	2,70	8,20	9,60	2,30	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,30	17,90	17,90	0,20	6,90	0,40	11,80
SMB20 E 1000 m	1,20	0,40	0,80	25,10	15,40	40,10	--	7,40	32,20	16,00	7,30	< 0,1	< 0,1	< 0,1	12,80	25,80	19,30	0,90	29,40	0,40	13,60
SMB21 SE 1000 m	0,90	0,10	0,30	20,60	1,00	11,80	--	1,60	4,30	9,90	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,60	8,50	1,40	0,10	3,90	0,30	8,70
SMB22 S 1160 m	0,70	0,10	0,10	27,00	3,80	13,10	--	2,90	6,80	6,80	1,30	< 0,1	< 0,1	< 0,1	4,00	2,70	7,20	< 0,1	6,70	0,40	6,70
SMB23 SW Bando 1000 m	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,20	1,90	5,80	3,60	1,20	3,40	3,60	0,70	0,60	< 0,1	< 0,1	1,50	1,50	5,20	< 0,1	3,70	< 0,1	4,40
SMB24 WSW 1000 m	< 0,1	0,20	0,20	7,50	13,80	12,40	--	3,80	27,80	7,80	3,70	4,10	< 0,1	< 0,1	3,40	7,50	3,90	0,20	9,80	0,40	6,00
SMB25 W 1000 m	< 0,1	1,20	12,60	295,60	215,10	172,70	--	264,90	140,30	212,90	33,60	33,50	5,70	21,20	73,40	69,90	385,60	0,30	170,40	0,10	38,00
SMB26 NW 1000 m	1,00	0,10	0,40	33,50	8,00	30,20	--	5,40	17,90	14,90	4,80	< 0,1	< 0,1	< 0,1	5,20	10,80	16,90	< 0,1	18,50	0,40	14,60

Figura 6.2

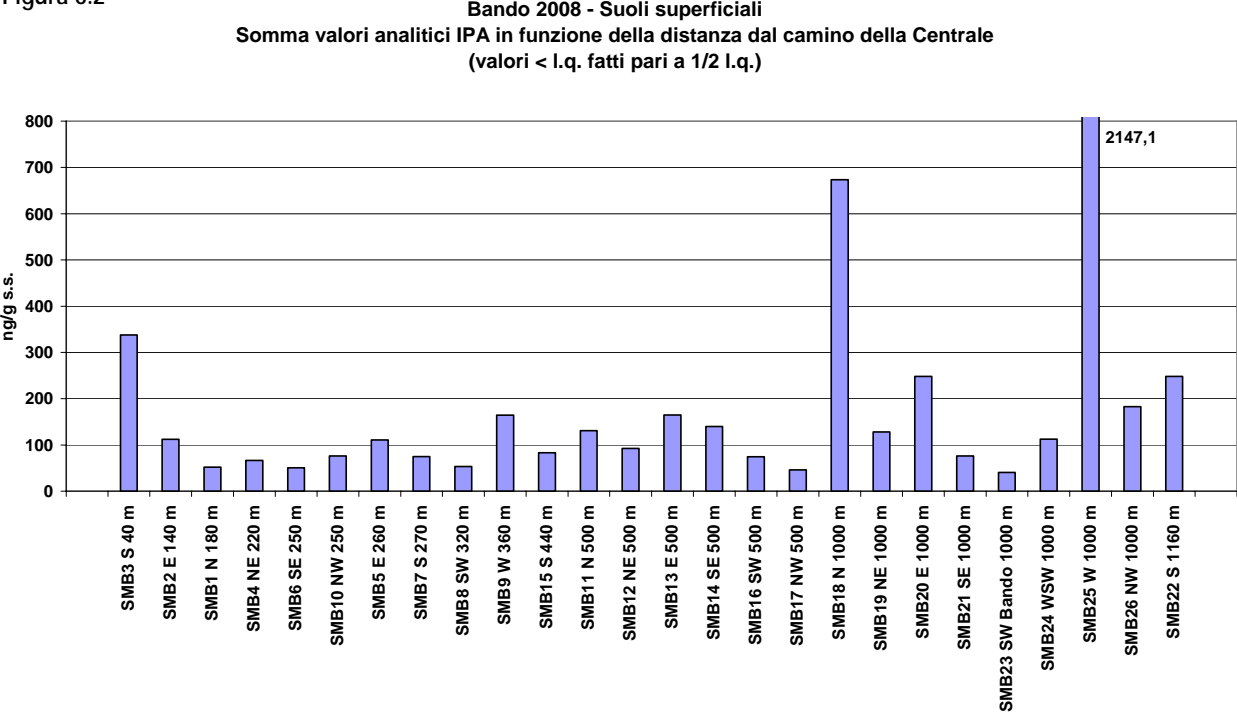


Figura 6.3

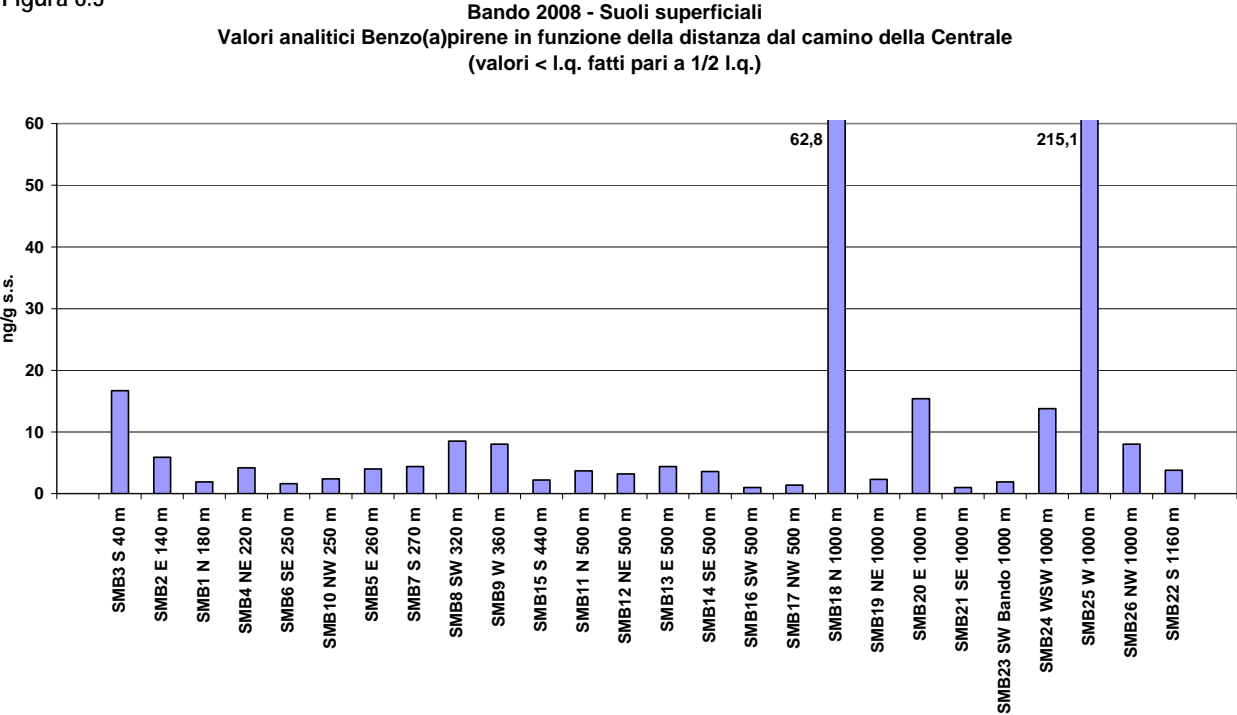


Figura 6.4

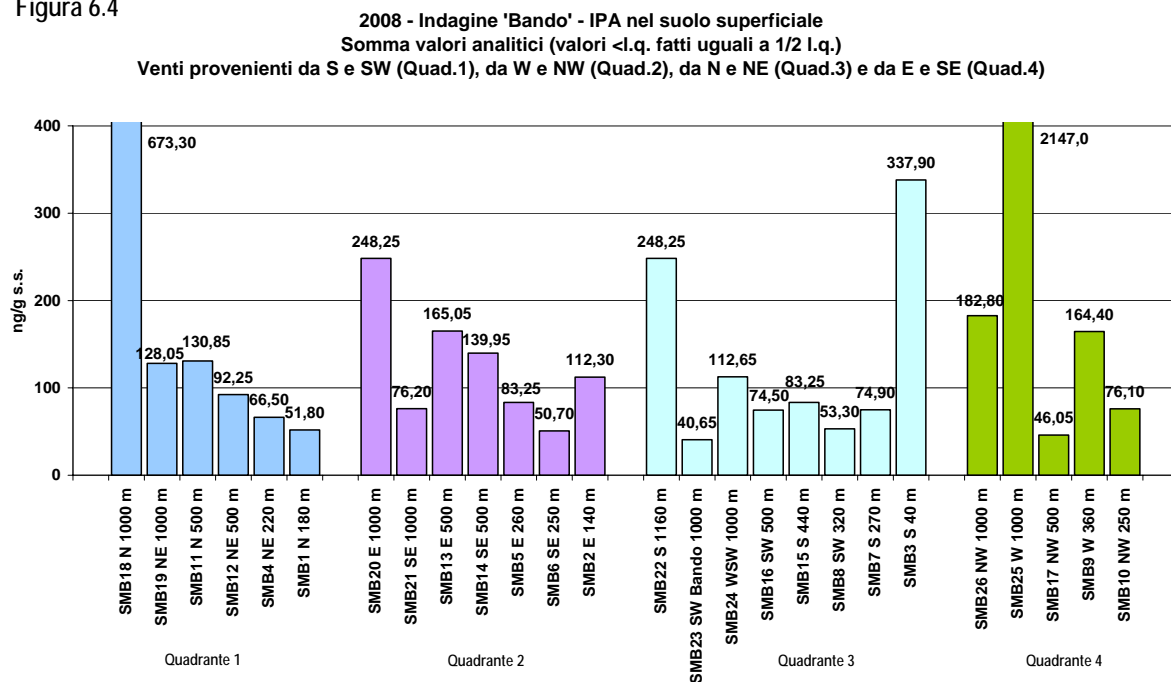


Figura 6.5

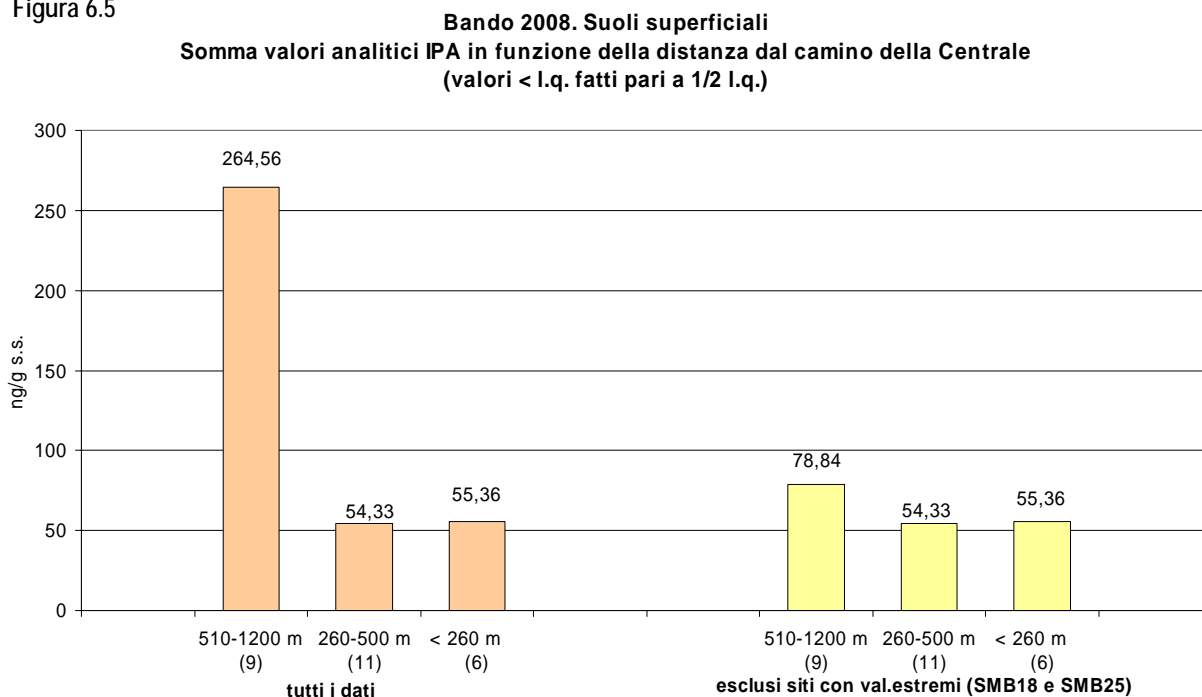
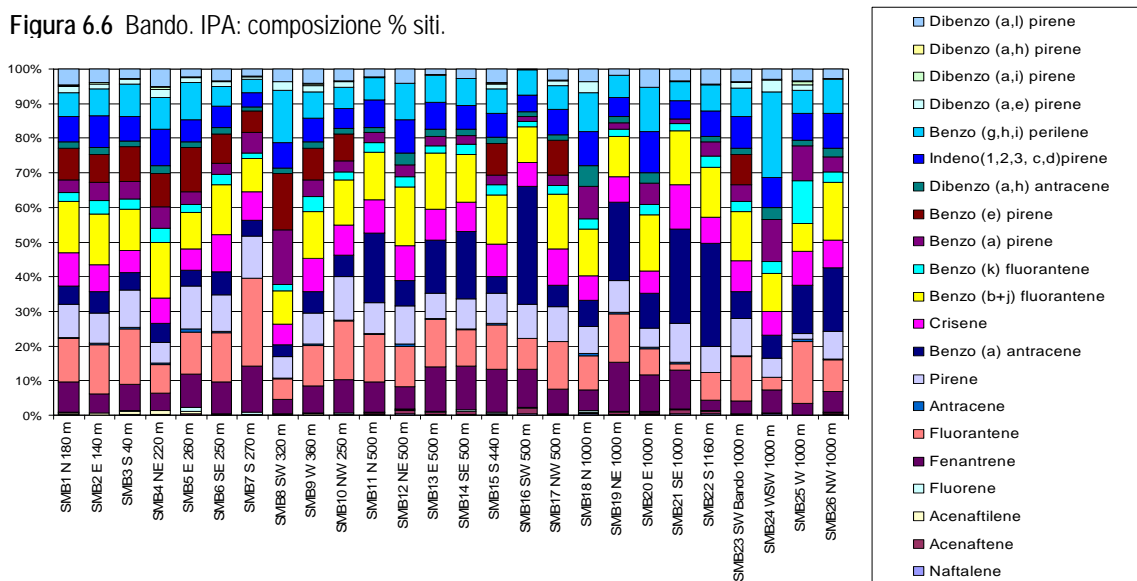


Figura 6.6 Bando. IPA: composizione % siti.



Per quel che riguarda il confronto con i limiti che la legge vigente (D.Lgs. 152/06) pone per i ‘siti contaminati’, con le **figure 6.7 e 6.8** si provvede a riportare i dati, sia quelli di sommatoria degli IPA sia quelli dei singoli parametri. Si ricordi che l’indagine ha preso in considerazione, oltre agli IPA previsti dalla normativa italiana, anche quelli individuati dall’EPA come ‘prioritari’.

Senza entrare nel merito di commenti per una materia che ancora appare di difficile valutazione, nell’esaminare le rappresentazioni fornite bisogna considerare che:

- i limiti, nel D.Lgs. 152/06 espressi in mg/Kg s.s., sono qui stati trasformati in ng/g s.s.;
- i valori si riferiscono all’elenco previsto dal D.Lgs.152/06 ma sono stati ricavati da concentrazioni su *sostanza secca* con esclusione dello scheletro;
- in nessuno dei campioni si è riscontrato superamento di limiti di sommatoria per siti di tipo A;
- in un solo campione (celle su **fondo giallo** nella tabella di *fig. 6.8*) si è riscontrato contemporaneo superamento di limiti per sito di tipo A, relativo a *benzo(a)pirene*, *benzo(g,h,i)perilene* e *indeno(1,2,3,c,d)pirene*.

Tipo Sito	Sito	Limiti D.Lgs 152/06 per SITO A: ad uso verde pubblico, privato e residenziale				
		Limiti D.Lgs 152/06 per SITO B: ad uso commerciale e industriale				
		Sommatoria valori IPA (<Iq = 1/2Iq)	Sommatoria valori IPA DM 471/99 (<Iq = 1/2Iq)	Sommatoria valori IPA DLgs 152/06 (<Iq = 1/2Iq)	Sommatoria valori IPA DM 471/99 (<Iq = Iq)	Sommatoria valori IPA prioritari per EPA (<Iq = 1/2Iq)
		ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.
B	SMB3 S 40 m	337,9	218,4	152,6	218,4	289,5
A	SMB2 E 140 m	112,3	79,9	57,7	79,9	96,8
B	SMB1 N 180 m	51,8	35,5	25,8	35,5	43,6
A	SMB4 NE 220 m	66,5	50,2	37,6	50,2	54,8
A	SMB6 SE 250 m	50,7	34,1	24,7	34,2	43,9
A	SMB10 NW 250 m	76,1	49,2	34,0	49,2	66,2
B	SMB5 E 260 m	110,8	68,9	46,2	69,0	92,2
A	SMB7 S 270 m	74,9	40,6	27,6	40,7	68,0
B	SMB8 SW 320 m	53,3	39,0	31,0	39,1	41,4
B	SMB9 W 360 m	164,4	115,5	86,5	115,5	138,4
A	SMB15 S 440 m	83,3	53,6	39,0	53,6	70,9
A	SMB11 N 500 m	130,9	100,0	76,0	100,1	127,6
A	SMB12 NE 500 m	92,3	73,3	51,1	73,4	88,4
A	SMB13 E 500 m	165,1	119,0	90,8	119,1	162,2
A	SMB14 SE 500 m	140,0	105,1	80,8	105,2	136,0
A	SMB16 SW 500 m	74,5	57,9	46,0	58,1	74,3
A	SMB17 NW 500 m	46,1	31,6	22,9	31,7	39,3
A	SMB18 N 1000 m	673,3	552,4	393,9	552,5	627,3
A	SMB19 NE 1000 m	128,1	90,0	69,0	90,1	125,6
A	SMB20 E 1000 m	248,3	199,5	149,2	199,6	235,3
A	SMB21 SE 1000 m	76,2	64,6	52,0	64,8	73,5
A	SMB23 SW Bando 1000 m	40,7	30,1	21,3	30,2	34,9
A	SMB24 WSW 1000 m	112,7	100,2	80,7	100,3	105,1
A	SMB25 W 1000 m	2147,1	1677,3	1435,3	1677,3	2013,3
A	SMB26 NW 1000 m	182,8	153,2	115,3	153,3	177,5
A	SMB22 S 1160 m	248,3	199,5	149,2	199,6	235,3

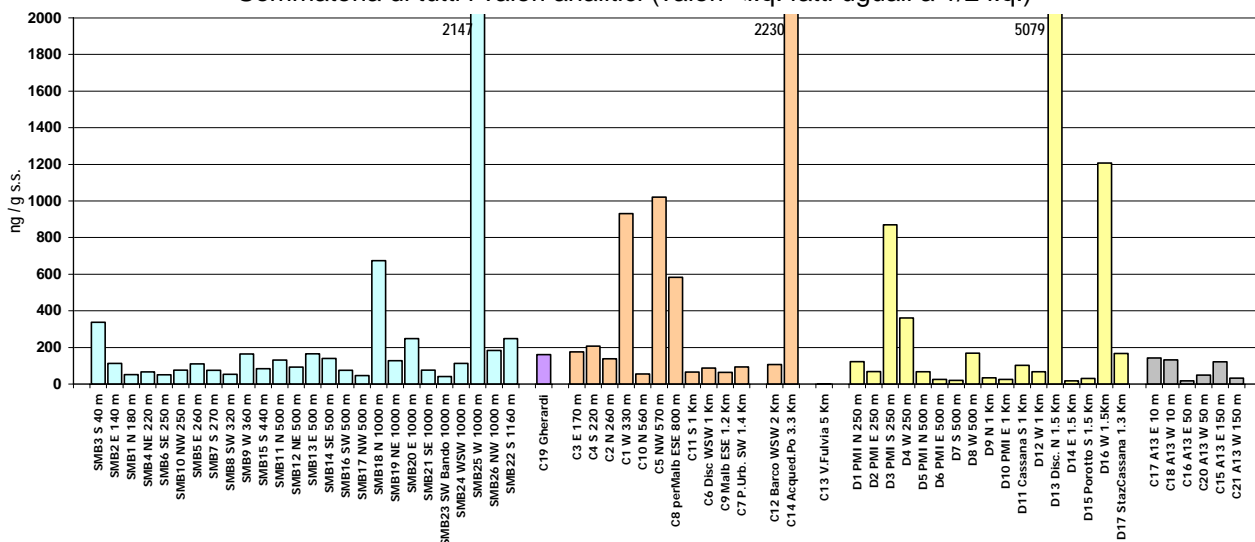
Figura 6.7 Bando. IPA. Sommatorie. Confronto con i limiti di legge espressi in ng/g s.s.

Figura 6.8 Bando. Singoli IPA. Confronto con i limiti di legge espressi in ng/g s.s.

		Limiti D.Lgs 152/06 per SITO A: ad uso verde pubblico, privato e residenziale												
		100	500	500	500	100	5000	100	100	100	100	100	100	5000
		Limiti D.Lgs 152/06 per SITO B: ad uso commerciale e industriale												
		10000	10000	10000	10000	10000	50000	10000	10000	10000	10000	10000	5000	50000
Tipo Sito	Sito	Benzo(a) pirene ( <1q = 1/21q )	Benzo (a) antracene ( <1q = 1/21q )	Benzo (b+h) fluorantene ( <1q = 1/21q )	Benzo (k) fluorantene ( <1q = 1/21q )	Benzo (g,h,i) perilene ( <1q = 1/21q )	Crisene ( <1q = 1/21q )	Dibenzo (a,h) antracene ( <1q = 1/21q )	Dibenzo (a,e) pirene ( <1q = 1/21q )	Dibenzo (a,h) pirene ( <1q = 1/21q )	Dibenzo (a,i) pirene ( <1q = 1/21q )	Dibenzo (a,i) pirene ( <1q = 1/21q )	Indeno(1,2,3, c,d)pirene ( <1q = 1/21q )	Pirene ( <1q = 1/21q )
		ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.
B	SMB3 S 40 m	16,7	16,8	39,8	10,5	32,0	22,1	5,7	4,7	0,1	0,8	9,1	23,8	36,3
A	SMB2 E 140 m	5,9	7,0	16,3	4,4	8,6	8,9	2,2	1,7	0,1	0,4	4,4	10,4	9,6
B	SMB1 N 180 m	1,9	2,7	7,8	1,3	3,6	4,9	1,0	0,9	0,1	0,2	2,4	3,7	5,0
A	SMB4 NE 220 m	4,2	3,6	10,8	2,6	6,1	4,8	1,6	1,5	0,1	0,5	3,4	7,0	4,0
A	SMB6 SE 250 m	1,6	3,4	7,3	1,5	2,9	5,5	0,9	0,7	0,1	0,1	1,7	3,2	5,3
B	SMB10 NW 250 m	2,4	4,6	9,8	1,8	4,7	6,7	1,2	1,1	0,1	0,2	2,6	4,4	9,6
B	SMB5 E 260 m	4,0	5,0	11,7	2,4	11,8	6,9	1,9	1,7	0,1	0,1	2,6	7,1	13,7
A	SMB7 S 270 m	4,4	3,4	7,3	1,2	2,9	6,1	0,8	0,6	0,1	0,1	1,6	3,1	9,1
A	SMB8 SW 320 m	8,5	1,8	5,2	0,9	8,1	3,2	0,8	1,3	0,1	0,1	1,9	3,9	3,3
A	SMB9 W 360 m	8,0	10,3	22,2	7,2	12,3	15,5	3,2	3,2	0,2	0,7	6,9	11,2	14,6
A	SMB15 S 440 m	2,2	3,9	11,9	2,5	5,9	7,8	1,5	1,2	0,1	0,2	3,3	5,8	7,3
A	SMB11 N 500 m	3,7	26,3	18,1	3,6	8,4	12,6	1,8	0,1	0,1	0,1	3,1	10,6	11,6
A	SMB12 NE 500 m	3,2	6,6	15,8	2,7	9,6	9,3	3,0	0,1	0,1	0,1	3,7	9,0	10,2
A	SMB13 E 500 m	4,4	25,4	27,1	3,4	12,9	14,7	3,2	0,1	0,1	0,1	2,7	13,1	11,9
A	SMB14 SE 500 m	3,6	27,4	19,5	3,9	10,8	11,6	2,6	0,1	0,1	0,1	3,8	9,6	12,1
A	SMB16 SW 500 m	1,0	25,4	7,6	1,3	5,4	5,1	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	3,6	7,3
A	SMB17 NW 500 m	1,4	2,8	7,2	1,2	3,2	4,9	0,8	0,6	0,1	0,1	1,5	3,3	4,6
A	SMB18 N 1000 m	62,8	51,3	92,0	19,4	76,0	46,4	40,9	21,0	0,1	0,1	24,9	65,8	51,8
A	SMB19 NE 1000 m	2,3	28,8	14,9	2,7	8,2	9,6	2,3	0,1	0,1	0,1	2,3	6,9	11,8
A	SMB20 E 1000 m	15,4	25,1	40,1	7,4	32,2	16,0	7,3	0,1	0,1	0,1	12,8	29,4	13,6
A	SMB21 SE 1000 m	1,0	20,6	11,8	1,6	4,3	9,9	0,1	0,1	0,1	0,1	2,6	3,9	8,7
A	SMB23 SW Bando 1000 m	1,9	3,2	5,8	1,2	3,4	3,6	0,7	0,6	0,1	0,1	1,5	3,7	4,4
A	SMB24 WSW 1000 m	13,8	7,5	12,4	3,8	27,8	7,8	3,7	4,1	0,1	0,1	3,4	9,8	6,0
A	SMB25 W 1000 m	215,1	295,6	172,7	264,9	140,3	212,9	33,6	33,5	5,7	21,2	73,4	170,4	38,0
A	SMB26 NW 1000 m	8,0	33,5	30,2	5,4	17,9	14,9	4,8	0,1	0,1	0,1	5,2	18,5	14,6
A	SMB22 S 1160 m	3,8	27,0	13,1	2,9	6,8	6,8	1,3	0,1	0,1	0,1	4,0	6,7	6,7

Figura 6.9

Campioni di suolo superficiale. IPA.  
Sommatoria di tutti i valori analitici (valori <1.q. fatti uguali a 1/2 1.q.)



## 7. Studio di tutti i siti con tecniche multivariate

Differenti tecniche di elaborazione sono state applicate al complesso dei dati d'indagine per scopi esplorativi o interpretativi; nei capitoli precedenti si è provveduto a illustrare gli esiti ricavati con esse (*matrix plots*; *scatter icon plots*; analisi dei residui; ricostruzioni spaziali con *software Surfer*).

Tra gli esiti di altre procedure applicate, nel presente capitolo s'intende riportare, senza entrare nello specifico dei relativi dettagli teorici e pratici, quanto ricavato da elaborazioni con tecniche di analisi multivariata, e specificamente:

- di *cluster analysis*, la quale utilizza algoritmi per accorpare le osservazioni in gruppi (*clusters*), disposti in dendrogrammi (*tree diagrams*) secondo livelli di somiglianze (*similarities*);
- di *factor analysis* e contigua *principal components analysis* (PCA), finalizzate a ridurre il numero di variabili riconducibili a fattori comuni di correlazione reciproca, ordinati in funzione della loro capacità di spiegare la varianza mostrata.

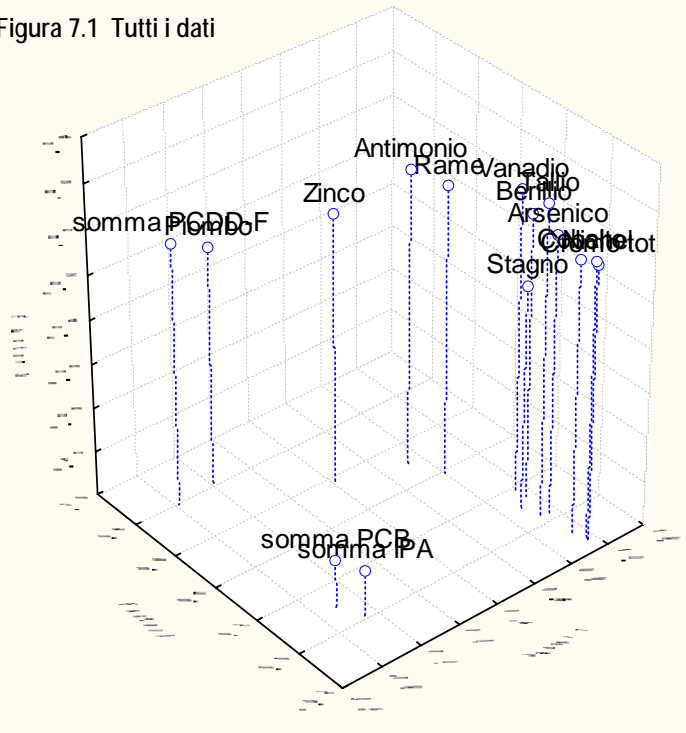
Circa questi ultimi, nelle **figure 7.1 e 7.2**, sono rappresentati, in forma tabellare, i *factor loadings* calcolati relativamente ai dati di tutti i siti e a quelli esclusi i 'siti estremi' così come individuati dall'esame degli *scatter icon plots* illustrati nel capitolo 2 ('Alcune caratteristiche del suolo: tessitura e pH') e di altre informazioni e considerazioni. Nel merito si ricorda che 'siti estremi' sono stati considerati SMB5, SMB9, SMB18 e SMB25, cui si è ritenuto di aggiungere anche il sito SMB4, con evidenze fisiche di presenza di 'calce di defecosaturazione' e contenente valori *outliers*. Semplificando, l'esame delle figure porta a evidenziare come, in prima battuta, PCDD+PCDF rispondano a fattore diverso da quello alla base di PCB e IPA e da quello alla base dei metalli, esclusi *piombo* (accorpato con PCDD+PCDF) e *zinco*. In seconda battuta, l'esclusione dei 'siti estremi' riunifica PCDD+PCDF con PCB e consente di accorpare tutti i metalli escluso il *piombo*, che viene invece accorpato con gli IPA. Tutto ciò risulta in accordo con lo studio delle correlazioni altrove illustrato e con l'applicazione sia della PCA, di cui ai grafici delle **figure 7.3 e 7.4**, sia della *cluster analysis*, di cui ai grafici della **figura 7.5**, che contiene i dendrogrammi relativi alle 'variabili' (parametri). Quanto alla **figura 7.6**, che contiene invece i dendrogrammi relativi ai 'casi' (siti), va detto che questa, ovviamente, risente dei comportamenti diversi (sicuramente rispetto alla percentuale di argilla) dei diversi inquinanti.

Come ultima rappresentazione d'insieme, in **figura 7.7** si riporta la tabella con alcuni indici sintetici dei principali dati relativi a tutte e tre le indagini effettuate da Arpa Ferrara sui suoli superficiali fino al 2008 ('Via Conchetta' e altri siti, 'Via Diana', 'Bando d'Argenta'). Gli indici sono: *media*, *mediana*, *deviazione standard*, *numerosità*, *minimo*, *massimo*, *25° e 75° percentile*; i gruppi sono: 'Conchetta' (14 siti), 'Diana' (17 siti), 'Bando' (26 siti), 'Autostrada A13' (6 siti) e 'Gherardi'.

Variable	Factor Loadings (Varimax normalized) (all in Data)		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
somma PCDD-F	-0,184719	<b>0,793923</b>	-0,015045
somma PCB	-0,106877	0,096818	<b>-0,982322</b>
somma IPA	-0,052996	0,011614	<b>-0,991715</b>
Antimonio	<b>0,728217</b>	0,501046	0,137059
Arsenico	<b>0,956949</b>	0,029167	0,055164
Berillio	<b>0,957042</b>	0,136833	0,083390
Cobalto	<b>0,940707</b>	-0,087259	0,024204
Cromo tot	<b>0,957239</b>	-0,145432	0,037560
Nichel	<b>0,962433</b>	-0,137997	0,043272
Piombo	0,017138	<b>0,812345</b>	-0,122394
Rame	<b>0,801867</b>	0,387967	0,105299
Stagno	<b>0,889573</b>	0,102252	-0,186979
Tallio	<b>0,918263</b>	0,039048	0,199294
Vanadio	<b>0,952730</b>	0,183188	0,159324
Zinco	0,415004	0,577673	0,014692
Expl.Var	8,495603	2,147919	2,107679
Prp.Totl	0,566374	0,143195	0,140512

Factor Loadings, Factor 1 vs. Factor 2 vs. Factor 3  
Rotation: Varimax normalized  
Extraction: Principal components

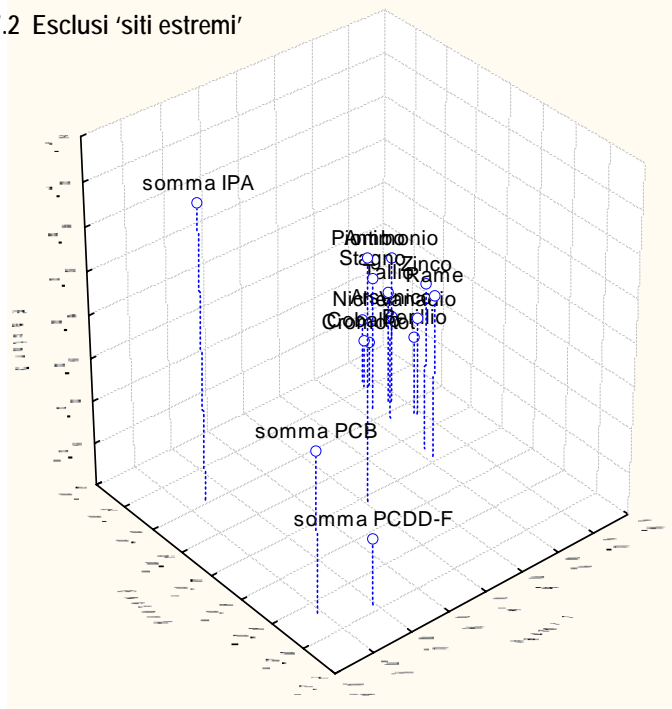
Figura 7.1 Tutti i dati



Variable	Factor Loadings (Varimax normalized) (missiti in Data)		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
somma PCDD-F	-0,009918	<b>-0,968546</b>	-0,090062
somma PCB	-0,216591	<b>-0,863832</b>	0,346184
somma IPA	-0,109375	0,017856	<b>0,972096</b>
Antimonio	<b>0,870017</b>	-0,039451	0,368927
Arsenico	<b>0,951262</b>	0,053996	0,012268
Berillio	<b>0,972453</b>	-0,076710	-0,029630
Cobalto	<b>0,929646</b>	0,215583	-0,171913
Cromo tot	<b>0,947947</b>	0,205303	-0,180863
Nichel	<b>0,949039</b>	0,248317	-0,093693
Piombo	0,413509	-0,430405	<b>0,736404</b>
Rame	<b>0,831042</b>	-0,366911	0,367981
Stagno	<b>0,855475</b>	0,067273	0,229779
Tallio	<b>0,943166</b>	0,063525	0,130685
Vanadio	<b>0,978752</b>	-0,089588	0,064395
Zinco	<b>0,840034</b>	-0,302559	0,383918
Expl.Var	9,476616	2,273251	2,180222
Prp.Totl	0,631774	0,151550	0,145348

Factor Loadings, Factor 1 vs. Factor 2 vs. Factor 3  
Rotation: Varimax normalized  
Extraction: Principal components

Figura 7.2 Esclusi 'siti estremi'



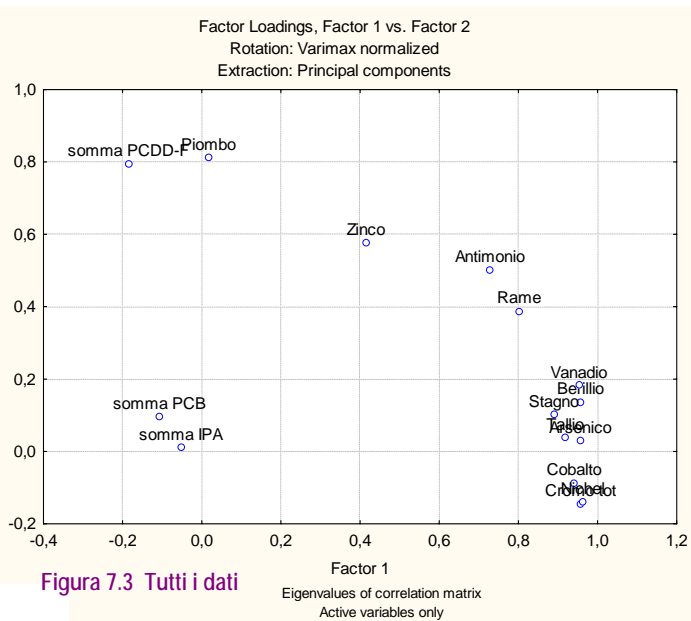
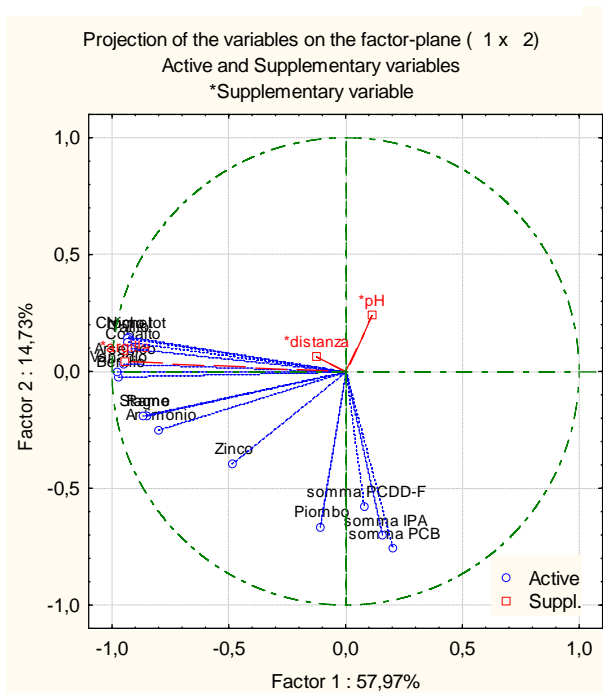


Figura 7.3 Tutti i dati

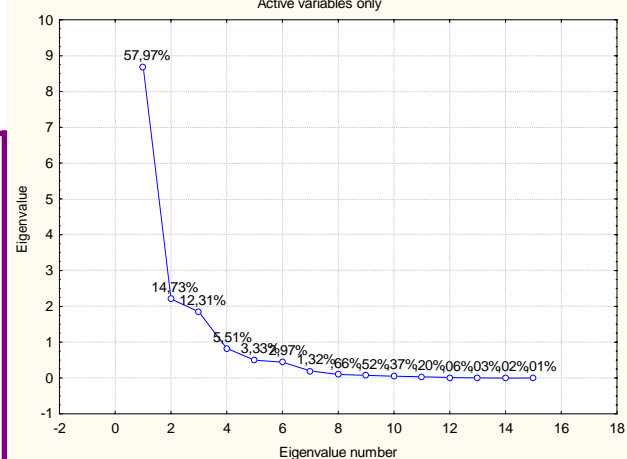
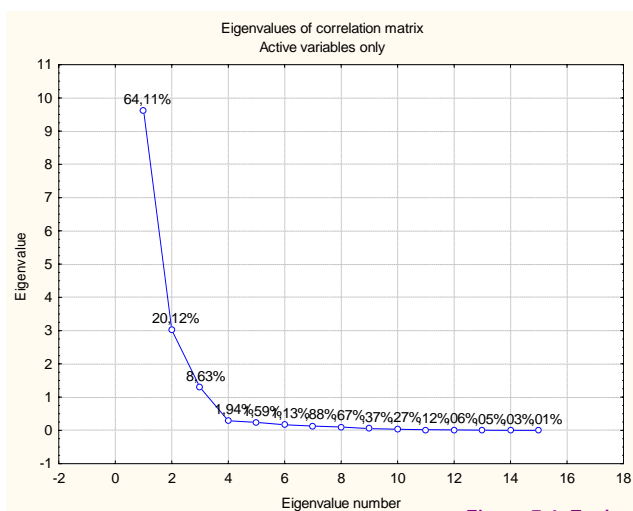


Figura 7.4 Esclusi 'siti estremi'

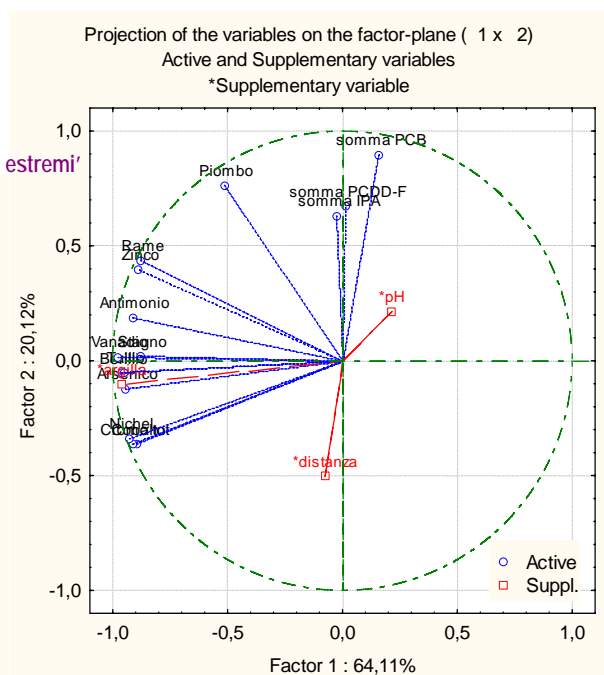
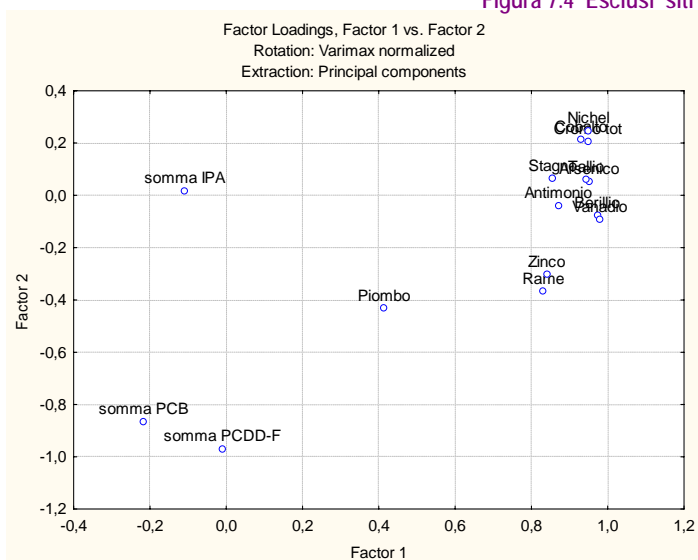


Figura 7.5

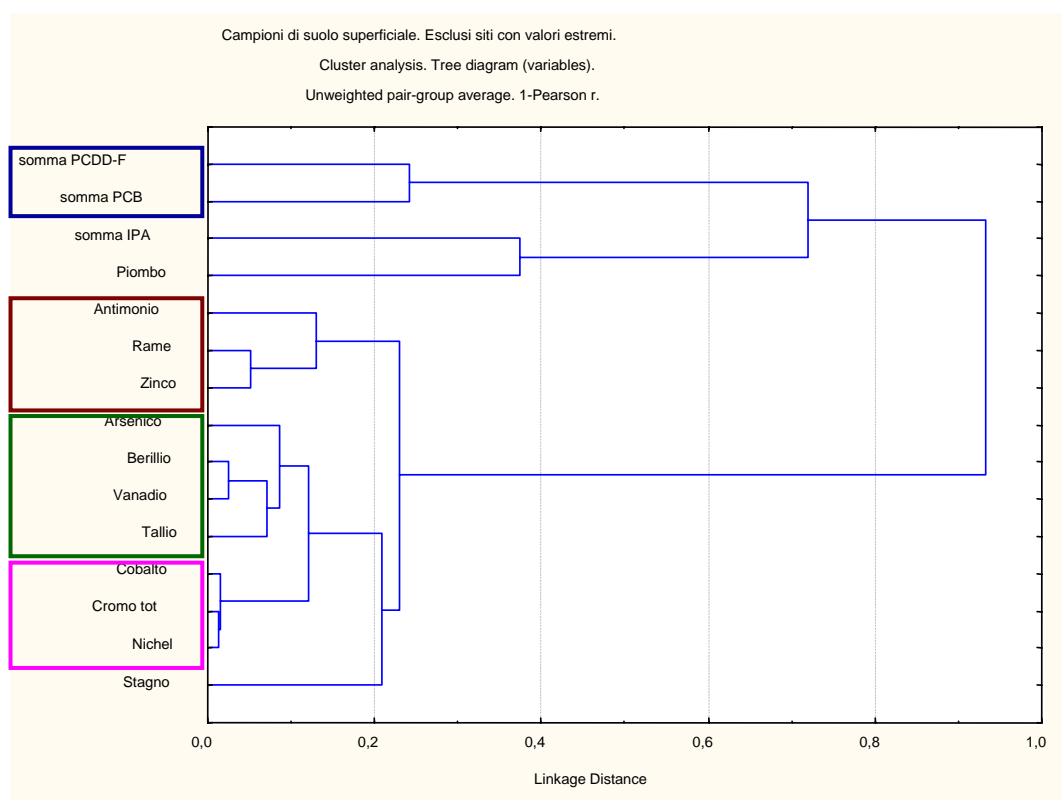
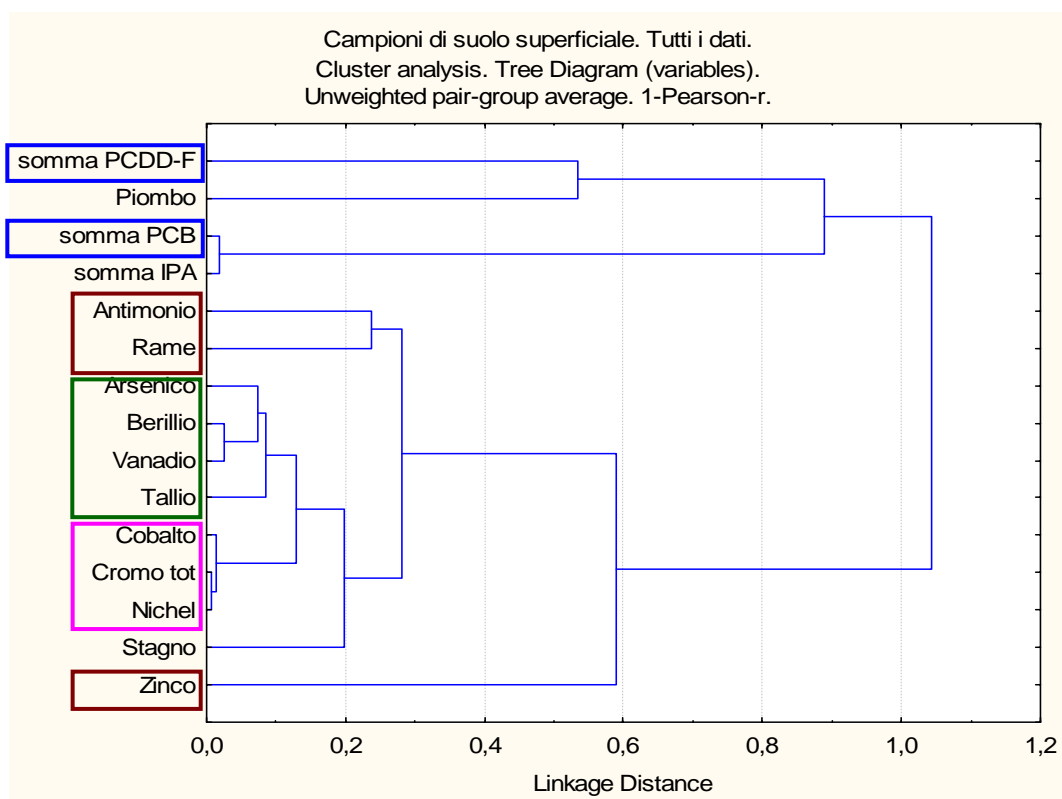


Figura 7.6

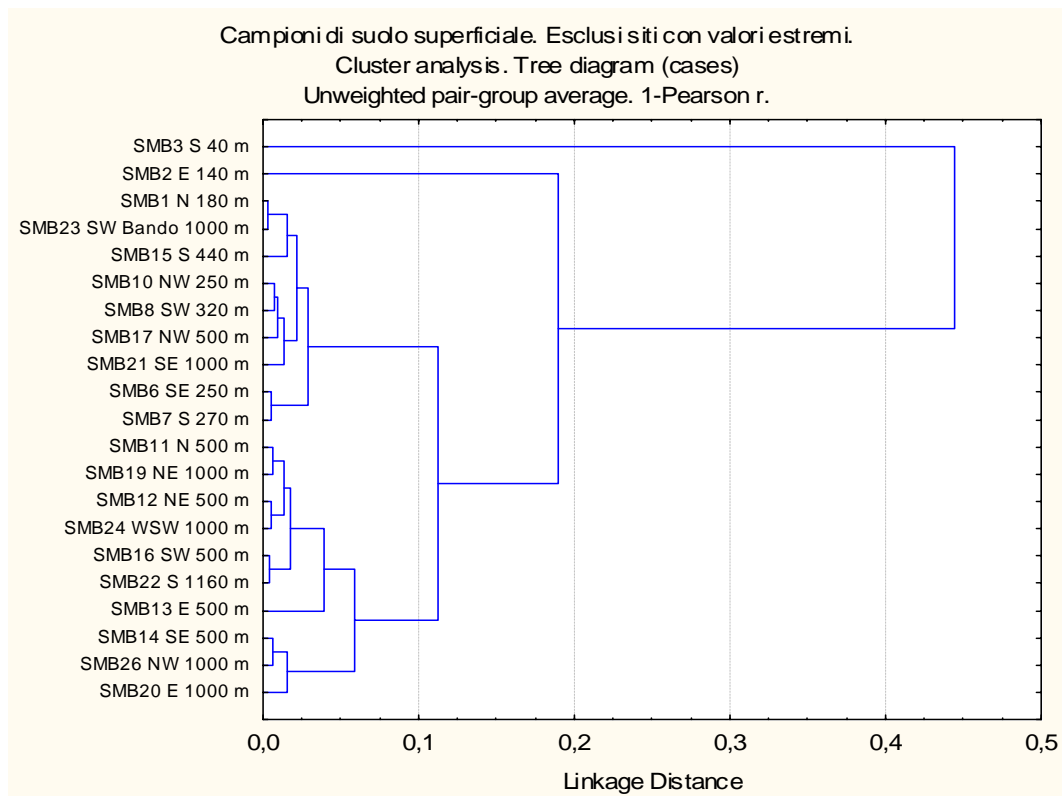
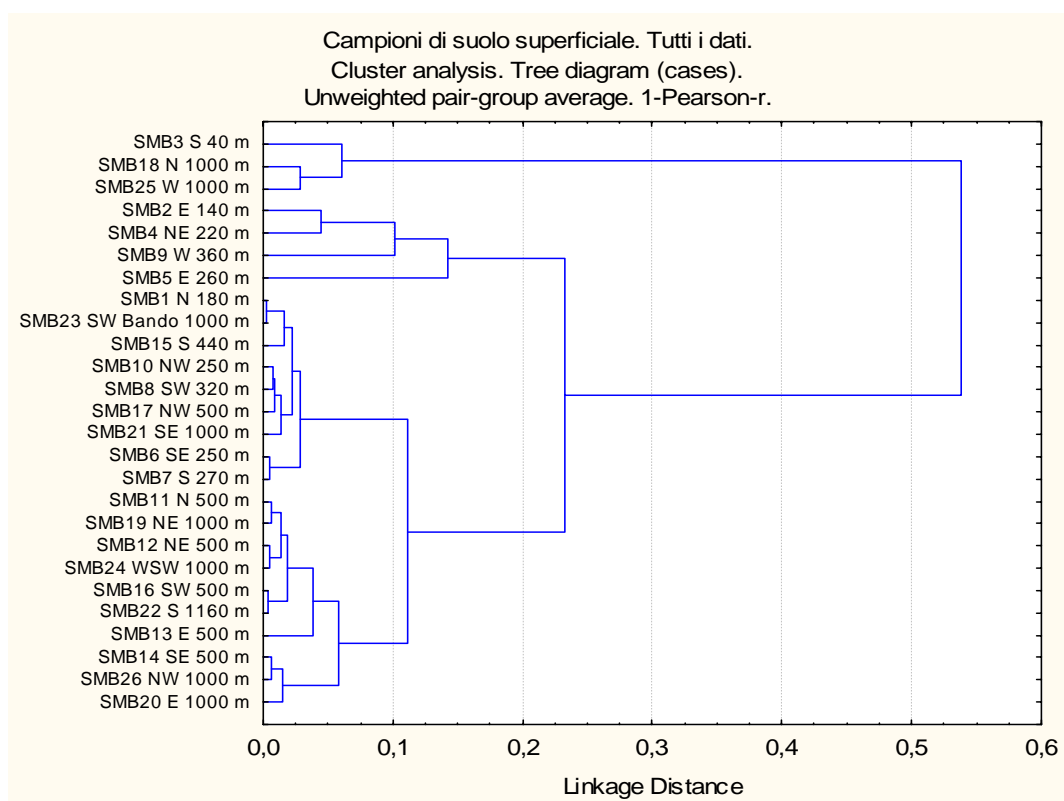


Figura 7.7	somma PCDD/F	somma PCB	somma IPA	Sb	As	Be	Co	Cr tot	Ni	Pb	Cu	Sn	Tl	V	Zn
	pg/g s.s.	ng/g s.s.	ng/g s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.	mg/Kg s.s.
<b>Conchetta</b>															
<b>media</b>	<b>62,3</b>	<b>6,6</b>	<b>485,1</b>	<b>0,7</b>	<b>9,1</b>	<b>1,0</b>	<b>11,4</b>	<b>138,7</b>	<b>97,0</b>	<b>42,7</b>	<b>42,8</b>	<b>3,7</b>	<b>0,3</b>	<b>72,2</b>	<b>103,0</b>
mediana	57,5	3,3	160,6	0,6	8,0	0,9	10,6	132,5	95,5	40,1	36,2	2,4	0,3	76,8	84,1
dev.standard	54,59	6,60	640,10	0,46	3,12	0,32	2,33	25,15	18,05	26,49	17,29	3,10	0,14	18,45	39,54
numero	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
min	3,5	2,6	90,0	0,3	5,2	0,6	8,3	106,5	72,5	14,9	25,4	1,8	0,3	39,6	64,0
<b>max</b>	<b>181,5</b>	<b>22,1</b>	<b>2230,0</b>	<b>1,8</b>	<b>16,6</b>	<b>1,6</b>	<b>16,3</b>	<b>191,1</b>	<b>134,6</b>	<b>119,2</b>	<b>73,5</b>	<b>13,6</b>	<b>0,6</b>	<b>99,9</b>	<b>204,8</b>
25° percentile	27,7	3,0	120,0	0,5	7,2	0,8	10,0	121,7	82,7	20,5	30,9	2,2	0,3	59,2	78,3
75° percentile	67,6	5,7	548,8	0,8	10,0	1,3	12,2	161,7	107,2	51,0	63,4	4,0	0,4	84,2	123,6
<b>Diana</b>															
<b>media</b>	<b>67,0</b>	<b>5,4</b>	<b>504,1</b>	<b>0,4</b>	<b>8,5</b>	<b>1,4</b>	<b>15,7</b>	<b>142,2</b>	<b>102,8</b>	<b>24,6</b>	<b>40,2</b>	<b>2,3</b>	<b>0,3</b>	<b>62,0</b>	<b>97,5</b>
mediana	52,6	2,9	130,0	0,3	7,8	1,3	15,1	141,1	104,4	22,0	38,6	2,1	0,3	66,3	84,0
dev.standard	63,72	7,07	1107,25	0,19	3,91	0,46	3,02	53,42	30,29	13,67	15,62	0,78	0,13	17,59	45,35
numero	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
min	3,8	2,6	90,0	0,3	2,1	0,3	9,6	51,4	47,0	13,8	18,0	0,8	0,3	14,7	60,0
<b>max</b>	<b>254,8</b>	<b>31,9</b>	<b>5079,5</b>	<b>0,7</b>	<b>18,8</b>	<b>2,1</b>	<b>21,6</b>	<b>251,9</b>	<b>150,7</b>	<b>74,3</b>	<b>81,2</b>	<b>3,7</b>	<b>0,6</b>	<b>84,8</b>	<b>253,3</b>
25° percentile	41,3	2,6	100,0	0,3	6,6	1,0	13,9	125,5	94,9	19,1	31,3	1,7	0,3	51,2	71,0
75° percentile	61,1	4,9	195,0	0,5	9,8	1,6	17,5	177,1	126,9	23,9	47,0	2,8	0,3	73,9	106,0
<b>SMB</b>															
<b>media</b>	<b>47,1</b>	<b>6,2</b>	<b>206,8</b>	<b>0,6</b>	<b>10,0</b>	<b>1,7</b>	<b>16,0</b>	<b>152,3</b>	<b>114,9</b>	<b>27,5</b>	<b>41,8</b>	<b>2,7</b>	<b>0,5</b>	<b>88,5</b>	<b>96,8</b>
mediana	42,2	2,2	94,3	0,6	9,3	1,6	17,2	158,6	118,3	23,9	40,2	2,6	0,4	82,5	87,7
dev.standard	38,49	13,93	410,61	0,22	3,84	0,62	3,96	39,90	32,13	13,00	10,03	0,66	0,19	32,83	37,00
numero	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
min	1,0	0,5	37,0	0,3	3,2	0,5	4,7	49,4	29,9	9,0	27,1	1,3	0,3	30,8	54,5
<b>max</b>	<b>123,1</b>	<b>71,7</b>	<b>2147,1</b>	<b>1,0</b>	<b>16,7</b>	<b>3,0</b>	<b>21,9</b>	<b>218,6</b>	<b>162,9</b>	<b>80,7</b>	<b>63,6</b>	<b>4,0</b>	<b>0,8</b>	<b>159,1</b>	<b>256,8</b>
25° percentile	5,7	1,5	69,9	0,5	7,6	1,2	14,2	134,0	98,3	21,0	35,1	2,2	0,3	61,1	78,8
75° percentile	82,2	4,0	148,5	0,8	12,1	2,0	18,3	177,8	134,8	31,4	48,1	3,2	0,7	109,0	102,8
<b>A13</b>															
<b>media</b>	<b>225,6</b>	<b>5,2</b>	<b>123,3</b>	<b>0,7</b>	<b>15,8</b>	<b>1,5</b>	<b>14,5</b>	<b>175,9</b>	<b>136,4</b>	<b>39,0</b>	<b>41,3</b>	<b>2,7</b>	<b>0,5</b>	<b>75,7</b>	<b>113,3</b>
mediana	141,3	4,1	125,0	0,6	14,0	1,5	14,7	177,1	135,6	32,1	41,2	2,7	0,5	77,6	104,0
dev.standard	225,76	3,10	29,78	0,12	6,12	0,26	0,99	10,27	8,53	13,89	2,45	0,12	0,13	10,46	20,25
numero	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
min	46,1	2,6	90,0	0,5	9,2	1,0	13,3	159,8	124,5	27,5	38,7	2,5	0,3	57,2	96,0
<b>max</b>	<b>671,2</b>	<b>9,7</b>	<b>155,0</b>	<b>0,8</b>	<b>26,1</b>	<b>1,7</b>	<b>15,7</b>	<b>190,0</b>	<b>149,5</b>	<b>58,0</b>	<b>45,0</b>	<b>2,8</b>	<b>0,6</b>	<b>85,0</b>	<b>145,0</b>
25° percentile	127,9	2,6	95,0	0,6	11,9	1,4	13,5	170,0	132,0	28,9	39,0	2,6	0,5	73,0	99,0
75° percentile	225,9	8,0	150,0	0,8	19,3	1,7	15,2	181,5	141,2	55,5	42,7	2,8	0,6	83,8	132,0
<b>Gherardi</b>	<b>61,9</b>	<b>2,55</b>	<b>170</b>	<b>0,6</b>	<b>8,9</b>	<b>1,3</b>	<b>16,2</b>	<b>155,8</b>	<b>111,3</b>	<b>34,1</b>	<b>41,5</b>	<b>3,3</b>	<b>0,4</b>	<b>77,1</b>	<b>110,4</b>