

ABSTRACT

**IMPIANTI DI INCENERIMENTO:
ESPERIENZE DI STUDI E MONITORAGGIO
NELLA RICERCA DELLA COMPATIBILITA' AMBIENTALE**

**PRIMA SESSIONE
I RISULTATI DEL MONITORAGGIO IN PROVINCIA DI PISTOIA**

Claudio Coppi

**I valori emissivi dell'inceneritore di Montale
e la condizione ambientale del suo territorio**

Evoluzione dell'impianto e delle sue emissioni

La vita dell'impianto può essere distinta in diversi periodi.

Il primo periodo si colloca fra il 1978 (anno di inizio della attività di incenerimento) ed il 1988.

In quegli anni, il sistema di combustione era rappresentato da due forni rotativi in controcorrente di capacità nominale di 2.500 kg/h ciascuno⁽¹⁾. Il sistema di raffreddamento, depurazione e dispersione dei fumi era costituito da filtri separatori ad umido disposti sulle linee di dispersione dei fumi di ognuno dei due forni. Appena a valle del punto di congiungimento dei due tronchi di dispersione dei fumi nel camino, a breve distanza l'uno dall'altro, erano disposti due ugelli spruzzatori di acqua. Il sistema era dunque assai semplice ed in effetti l'efficienza di abbattimento, vista alla luce delle attuali tecnologie, era decisamente carente.

Attorno alla metà degli anni '80 sono iniziati i lavori di ristrutturazione che avrebbero portato alla modifica dei sistemi di abbattimento delle emissioni ed alla installazione degli impianti di recupero energetico

Dal 1989 al 1997 la potenzialità dell'impianto è stata mantenuta a 90 t/d ripartita fra i due forni (45 + 45) e, dal 1 ottobre 1993, l'impianto ha iniziato ad operare con il recupero energetico.

In questi anni l'impianto ha operato con entrambe le linee servite da camera di post-combustione, elettrofiltro e torre di lavaggio con un sensibile miglioramento della qualità delle emissioni. Rispetto al periodo precedente, le polveri si sono ridotte di quasi 50 volte.

Il periodo 1998-2001 è un periodo di ulteriore adeguamento del sistema di trattamento delle emissioni: in aggiunta agli elettrofiltri, che sono comunque rimasti attivi fino al maggio 2009 (linea 2) e novembre 2009 (linea 1), è stato installato un sistema a bicarbonato/carboni attivi (prima su

¹ Fino ai primi anni '90 l'impianto operava in maniera discontinua, dal lunedì al venerdì e veniva spento il sabato e la domenica.

una, poi su entrambe le linee). A partire dal 2002, dunque, ognuna delle due linee era servita da un impianto di abbattimento costituito da camera di post combustione, elettrofiltro, reattori con bicarbonato e carboni attivi e filtri a manica. La quantità di carbone utilizzata era di circa 0,6 kg/h. Dal 2001 è entrato in funzione un nuovo forno da 75 t/d (linea 3) che, fino ai recenti lavori di ristrutturazione, agiva in alternativa alla vecchia linea 2 utilizzando lo stesso sistema di abbattimento delle emissioni. Con tale intervento la potenzialità dell'intero impianto è stata portata a 120 t/d (45 + 75).

Fra il 1998 al 2005 sono stati attuati anche altri interventi di miglioramento sia dell'impianto che dei sistemi di abbattimento delle emissioni e sono state installate apparecchiature di rilevamento in continuo.

Negli anni 2006 e 2007, l'unica variazione registrata sull'impianto ha riguardato l'incremento della quantità di carbone attivo (portata, per ognuna delle due linee, a 2,5 kg/h), resosi necessario per poter rispettare i nuovi limiti per diossine e furani imposti all'impianto a partire dal 28 dicembre 2005⁽²⁾.

Nel maggio e luglio 2007, probabilmente a causa della cattiva qualità del carbone utilizzato, si sono registrati superamenti dei valori emissivi di diossine e furani che hanno imposto la temporanea chiusura dell'impianto, riattivato solo nel novembre 2007.

Dal dicembre 2007 al dicembre 2008, l'impianto è tornato ad utilizzare i due forni da 45 t/giorno, essendo in fase di realizzazione la linea di recupero energetico e sistema di depurazione a servizio della linea 3. Da questa stessa data, entrambi i filtri a maniche sono stati dotati di maniche in Goretex®.

Con Ordinanza n. 2069 del 30 ottobre 2007, la Provincia di Pistoia ha rilasciato all'impianto, l'Autorizzazione Integrata Ambientale ai sensi del D.Lgs 59/2005, per una potenzialità nominale di incenerimento di rifiuti pari a 120 t/giorno. La suddetta ordinanza prevedeva anche una maggiore frequenza dei controlli rispetto a quella prevista dal D. Lgs 133/2005 e l'installazione, entro il 31 marzo 2008, di un sistema di campionamento in continuo dei microinquinanti organici.

L'autorizzazione è stata poi più volte modificata per adeguarla alle nuove condizioni impiantistiche e dar seguito ad alcune osservazioni degli organi di controllo. L'atto autorizzativo vigente, che integra e modifica i precedenti, è stato emanato dalla Provincia di Pistoia con ordinanza n.3195 del 23/11/2010³.

A partire dal 2009, sono iniziati i lavori per adeguare l'impianto alla potenzialità di 150 t/giorno (già autorizzati con ordinanza Provincia di Pistoia n. 1165 del 4 luglio 2006) In conseguenza della effettuazione di tali lavori, nel corso del 2009 hanno operato in maniera saltuaria la linea 1 (fino al 3 dicembre 2009 e quindi totalmente smantellata), la linea 2 (sospesa per ristrutturazione dal 10 maggio al 13 ottobre 2009) e la linea 3 (dal 3 febbraio 2009); poi, per quasi tutto il 2010, hanno funzionato la linea 2 (45 t/giorno) e la linea 3 (75 t/giorno). La linea 1, completamente smantellata nel dicembre 2009, è stata ricostruita con un forno in equicorrente da 75 t/giorno entrato in funzione nell'ottobre 2010.

Parallelamente alle modifiche impiantistiche abbiamo assistito ad una modifica dei valori emissivi: le polveri, ad esempio, emesse in quantità variabili fra 200 e 2000 mg/Nm³ nel periodo 1979 – 1989, sono scese a qualche decina di milligrammi nel periodo 1996 – 2000, a qualche unità fra il 2000 ed il 2007, e a valori attorno ad 1 mg/Nm³ negli ultimi anni.

²Nel parere – autorizzazione della Provincia di Pistoia allegato all'atto SUAP del quale ne è parte integrante, viene disposto che entro il 28.12.2005, la Società CIS deve adeguare i limiti delle emissioni in atmosfera al D.Lgs. 133/2005 (attuazione della Direttiva 2000/76/CE in materia di incenerimento rifiuti).

³ Le ordinanze della Provincia di Pistoia relative alla AIA sono la n.2069 del 30.10.2007, n.2289 del 25.11.2008, n.892 del 29.04.2009, n.2173 del 20.10.2009, n.2275 del 29.10.2009, n.2247 del 06.08.2010 e infine la n.3195 del 23.11.2010.

Anche gli altri inquinanti sono stati fortemente ridotti. In particolare le diossine che, nel 1985 erano state ritrovate in concentrazione analitica di quasi 6500 ng/Nm³, che, considerando un fattore di conversione fra 50 e 100, corrisponderebbero circa 100 ng TEQ/Nm³, sono oggi scese a circa 0,01 ng TEQ/Nm³.

Se da un lato si riscontra un radicale cambiamento della struttura impiantistica e, per conseguenza, delle sue emissioni, non possiamo negare che un impianto di incenerimento è comunque un elemento di pressione e motivo di preoccupazione per i cittadini. Anche per questo è stato realizzato uno studio che potesse chiarire se, e in quale misura, l'inceneritore di Montale abbia contribuito e se contribuisca tuttora alla condizione ambientale del territorio ed a quella sanitaria della popolazione.

Progettazione dell'indagine ambientale

Il modello diffusionale scelto per progettare lo studio, ha permesso di individuare cinque aree dove, allontanandosi dall'impianto, è attesa una presenza decrescente degli inquinanti (Aree numerate da 5 a 1).

In queste aree, sono state scelte postazioni di prelievo per le quali non fossero accertate o riferite lavorazioni frequenti (terreni agricoli) né che fossero state interessate di recente da operazioni di riporto o rimodellamento. Sono state così individuate 29 postazioni di cui: 6 in "area rossa", 6 in "area arancio", 5 in "area gialla", 3 in "area verde brillante" e 3 in "area verde"; 6 esterne all'area di ricaduta. Le 6 postazioni individuate nell'area grigia, esterna alle zone individuate con la simulazione, sono state scelte in modo da avere in esse elementi di pressione analoghi a quelli presenti nelle aree interessate dalle ricadute degli inquinanti emessi dall'inceneritore, differenziandosi quindi, dalle altre, solo per la assenza dell'impianto (Area 0 – fuori ricaduta).

A queste 29 postazioni, scelte sulla base del modello diffusionale, se ne sono poi aggiunte altre 22, coincidenti con alcune di quelle utilizzate dall'Azienda USL per i campionamenti delle matrici di origine animale.

Sono stati anche analizzati 4 campioni di sedimenti provenienti da due laghi presenti nel territorio di Agliana (Lago Pertini e Lago I° Maggio), 38 campioni di acque e alcuni campioni di vegetali: aghi di pino per la ricerca di diossine e furani e fieno per la ricerca di diossine, furani, PCB e metalli.

I licheni epifiti sono stati utilizzati sia per il biomonitoraggio (finalizzato alla valutazione della qualità dell'aria collegata con la presenza di inquinanti verso i quali i licheni risultano sensibili e quindi principalmente ossidi di zolfo e di azoto) che per il bioaccumulo di metalli pesanti.

I risultati ottenuti nel corso dello studio, relativamente alle matrici ambientali e vegetali, sono riportati nelle schede allegate.

Conclusioni

Quello realizzato nel triennio 2008 - 2010 è il primo studio sistematico del territorio circostante l'inceneritore di Montale e, quindi, non disponiamo di un adeguato termine di paragone che permetta di definire il reale contributo delle possibili fonti degli inquinanti indagati. Il termine di riferimento dato dalla normativa è tutto ciò di cui disponiamo anche se esso definisce il limite inquinato/non inquinato e non individua, né esclude, i contributi delle diverse sorgenti.

Pur con queste limitazioni, gli ambiti entro cui ricercare possibili relazioni di causa/effetto tra la sorgente emissiva dell'inceneritore ed i contaminanti al suolo indicati dall'estensione areale del modello di ricaduta, appaiono solo in parte confermati.

Per contro, lo studio ha confermato un contesto territoriale fortemente antropizzato evidenziando aree caratterizzate da elementi di alterazione dovuti ad altre e, in molti casi, più importanti sorgenti emmissive: tra tutte la stessa autostrada A11 e, più in generale, il traffico veicolare, ma certamente anche altre fonti che, ad oggi, non è stato ancora possibile individuare.

In altre parole, la condizione ambientale riscontrata non appare correlabile in via esclusiva con la possibile deposizione di emissioni provenienti dall'impianto di incenerimento di Montale il quale, nei diversi periodi della sua attività ha sicuramente determinato un impatto ambientale nel territorio ad esso circostante, ma sullo stesso territorio insistono altri fattori di pressione che concorrono a determinarne le condizioni complessive

Componenti acidi

Biomonitoraggio

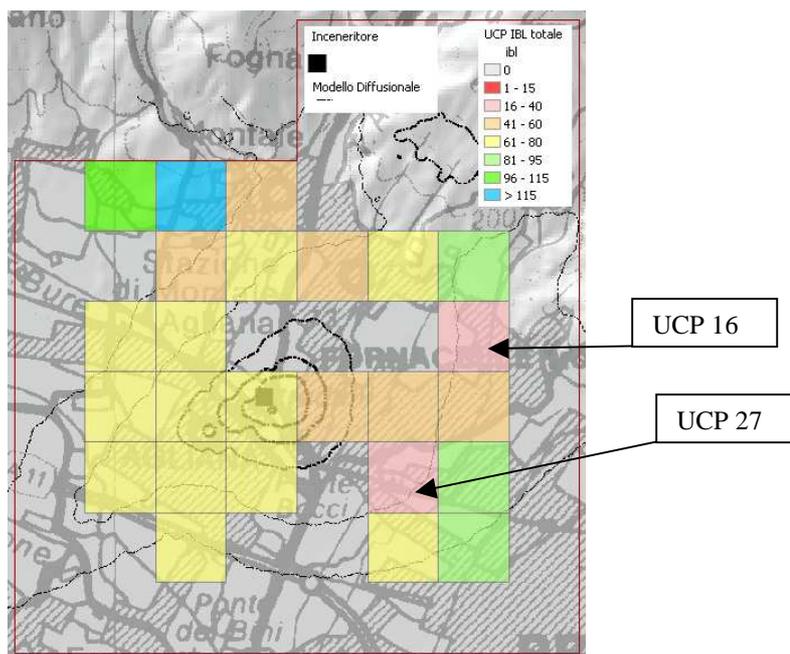
Le emissioni di composti di natura acida (acidi alogenidrici e ossidi di azoto e di zolfo) sono state seguite usando i licheni epifiti come bioindicatori. I risultati tengono conto della presenza di specie nitrofile e sono rappresentati, oltre che in forma numerica, anche in forma grafica. Per quest'ultima, dopo aver verificato, attraverso variogrammi e cross validation, l'assenza di continuità spaziale, sono state utilizzate maglie di colore corrispondente al rispettivo valore della scala di valutazione.

I valori di IBL riscontrati descrivono un territorio nel quale prevale una condizione di bassa e media alterazione, con due aree nelle quali si rileva una alterazione definibile "alta" secondo la scala Brunialti e Giordani 2002. In particolare si rilevano condizioni di alterazione alta nella UCP 27 (corrispondente alla zona industriale di Oste) e nella UCP 16 (corrispondente alla zona artigianale di Bagnolo).

Interposte fra queste due UCP, e che, in qualche modo, non segnano la continuità, si rilevano i valori delle UCP 20, 21 e 22 (alterazione media).

Un'altra area di alterazione media è osservabile in direzione Nord rispetto all'area indagata, in corrispondenza dell'abitato di Montale (UCP C) e a SUD rispetto a questo (UCP 6 e 8)⁴.

Valori più alti dell'indice, indicanti situazioni di naturalità, si riscontrano nelle aree più periferiche dell'area indagata e, in particolare, naturalità media e alta si riscontra nelle aree meno antropizzate ricadenti nella parte Nord-occidentale e naturalità bassa, nelle porzioni nord orientale e sud orientale. L'area centrale, a parte le condizioni di alterazione media e alta già commentate, mostra una diffusa condizione di alterazione bassa.



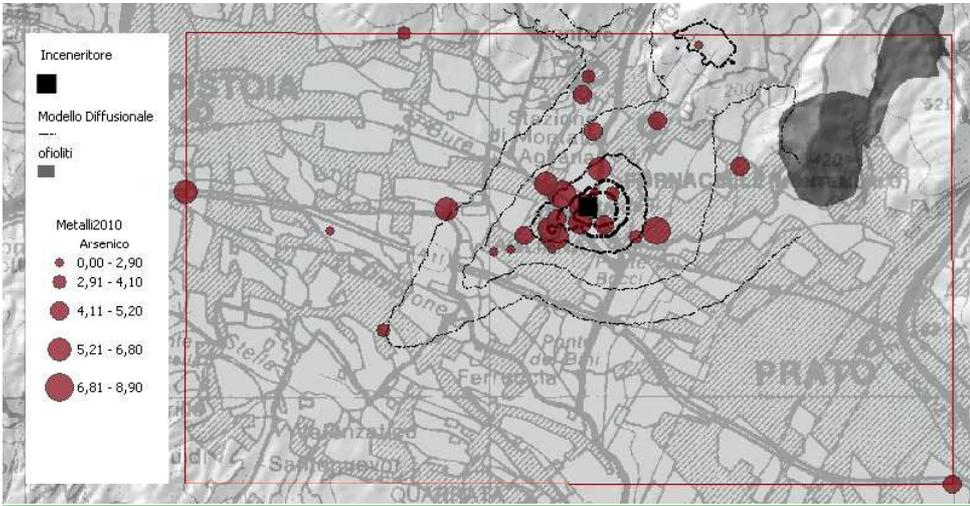
Dipartimento provinciale ARPAT di Pistoia

via Baroni, 18 - 51100 Pistoia

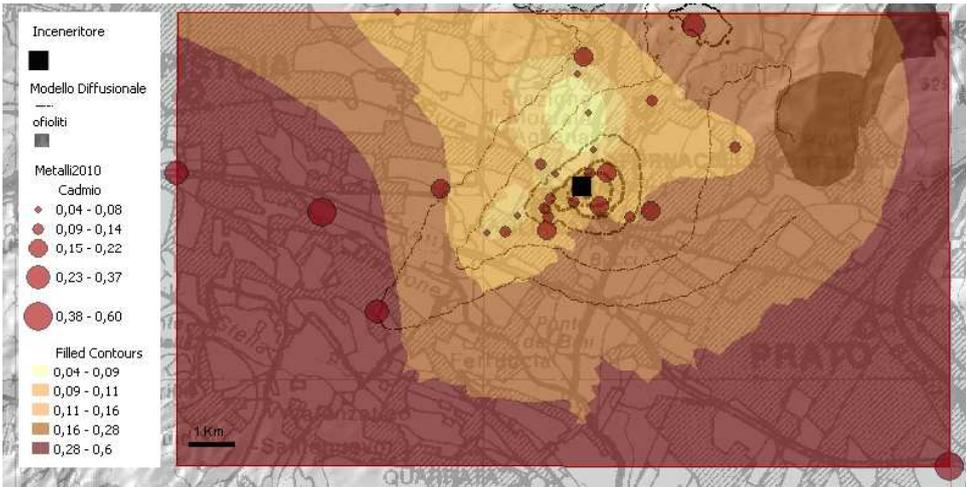
tel. 055.32061, fax 055.5305606 - p.iva 04686190481

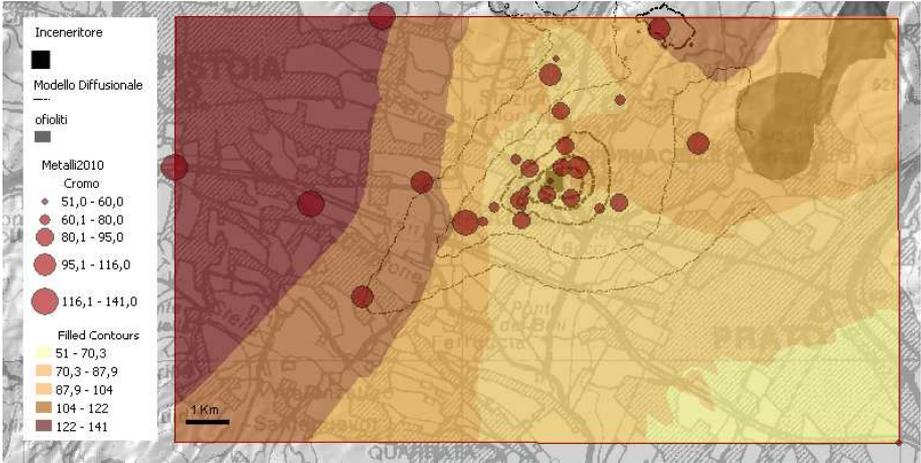
www.arpat.toscana.it - urp@arpat.toscana.it

Arsenico

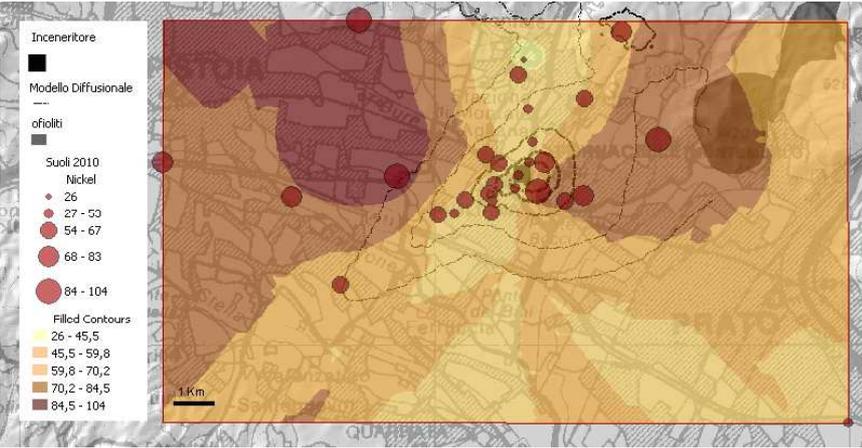
<p>Terreni</p>	<p>Il valore medio complessivo (2008-2010) è risultato di 4,94 mg/kg s.s. con differenze non significative fra le due serie. Anche il confronto fra la serie dei campioni prelevati dalle postazioni scelte in base al modello diffusionale (34 campioni) e quella dei campioni prelevati dalle postazioni coincidenti con alcune di quelle utilizzate dall'azienda USL per i campionamenti di matrici animali (13 campioni), non ha mostrato differenze significative. La media dei campioni di quest'ultima serie è risultata pari a 4,08 mg/kg s.s.</p> <p>La distribuzione non mostra continuità spaziale tra i valori misurati, né si evidenzia un particolare adattamento al modello diffusionale</p> 
<p>Sedimenti</p>	<p>Non ricercato</p>
<p>Acque</p>	<p>Sempre inferiore al limite di quantificazione</p>
<p>Matrici vegetali (Fieno)</p>	<p>Concentrazione media di poco superiore a 0,1 mg/kg e differenza fra zona di ricaduta e zona di confronto non significativa</p>
<p>Licheni</p>	<p>Non ricercato</p>

Cadmio

<p>Terreni</p>	<p>L'analisi della distribuzione spaziale mostra una continuità che, seppur limitata, permette la restituzione grafica interpolata per simboli graduati. Si individuano possibili fonti esterne al modello diffusionale verosimilmente in stretta correlazione con l'autostrada A11, anche se non è possibile escludere un contributo dell'inceneritore pur limitato ad una porzione territoriale e distribuito in direzione Sud-Est</p> 
<p>Sedimenti</p>	<p>valori in linea con quelli registrati nei terreni con l'eccezione di uno dei due campioni prelevati nel lago Pertini che ha mostrato un valore di cadmio relativamente elevato (0,81 mg/kg s.s.)</p>
<p>Acque</p>	<p>Sempre inferiore al limite di quantificazione</p>
<p>Matrici vegetali (Fieno)</p>	<p>Concentrazione media nella zona di ricaduta sensibilmente inferiore a quella registrata nella zona di confronto anche se la differenza fra le due medie è risultata non significativa</p>
<p>Licheni</p>	<p>Il valore medio delle UCP esaminate risulta inferiore alla soglia di naturalità molto alta. Tre UCP si collocano nella fascia di naturalità alta ed una supera di poco tale limite. La distribuzione spaziale colloca queste UCP nella direzione NE e E-SE.</p>

Cromo	
Terreni	<p>Si è registrato un valore medio di 75,36 mg/kg s.s. per la serie 2008 e 91,31 mg/kg s.s. per la serie 2010 (differenza significativa $P < 5\%$ per il confronto diretto, $P < 1\%$ confronto per dati appaiati) Le maggiori differenze 2008-2010 si sono osservate nella zona 0. L'analisi della varianza non ha evidenziato differenze significative fra le diverse zone di ricaduta individuate dal modello diffusionale. La distribuzione spaziale mostra una continuità che, seppur limitata, permette in restituzione grafica interpolata per simboli graduati. Si individuano possibili fonti collocate ad ovest rispetto all'impianto</p> 
Sedimenti	Si sono osservati valori compresi fra 27 e 65 mg/kg s.s. e quindi tendenzialmente più bassi di quelli registrati nei terreni.
Acque	Sempre inferiore al limite di quantificazione
Matrici vegetali (Fieno)	Concentrazione media nella zona di ricaduta sensibilmente inferiore a quella registrata nella zona di confronto anche se la differenza fra le due medie è risultata non significativa
Licheni	Il valore soglia di naturalità molto alta (1.2 mg/kg) risulta superato nella maggioranza delle stazioni che comunque si mantengono su valori di naturalità alta (fra 1,2 e 2.2 mg/kg). Valori corrispondenti a naturalità media (fra 2.2 e 4.0 mg/kg), sono rilevati nelle UCP 11 e 12 mentre i valori più alti, tenendo conto della sottrazione del contributo terrigeno, si registrano nelle stazioni 1, 21 e 22 che si attestano, secondo la scala "Nimis", al limite tra le fasce di bassa naturalità e alterazione media. A causa della assenza di continuità spaziale fra i dati rilevati, la mappa della distribuzione spaziale da bioaccumulo lichenico può essere realizzata solo con maglie di colore corrispondente ad una predefinita scala di concentrazione. Analogamente a quanto osservato per il cadmio, la distribuzione spaziale evidenzia una maggiore pressione nelle parti NE e E-SE.

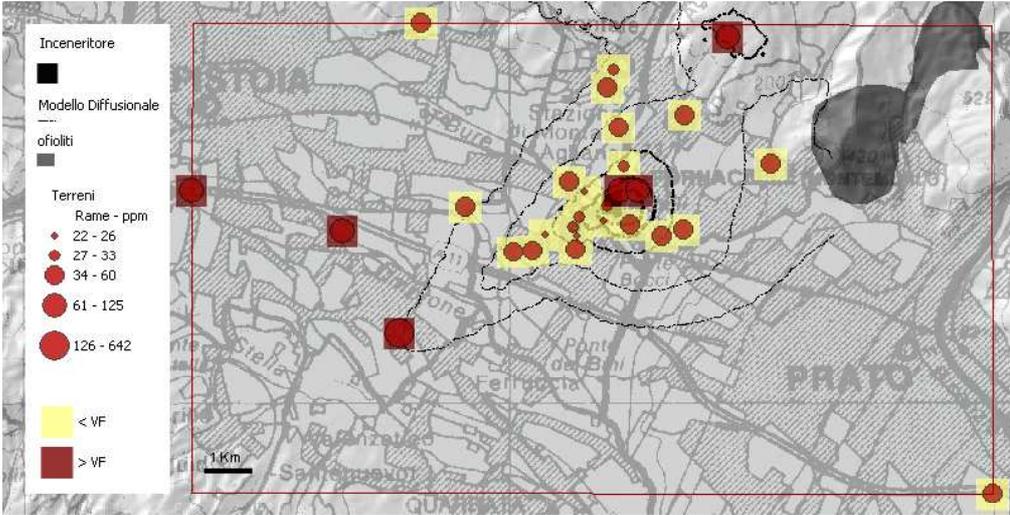
Nickel

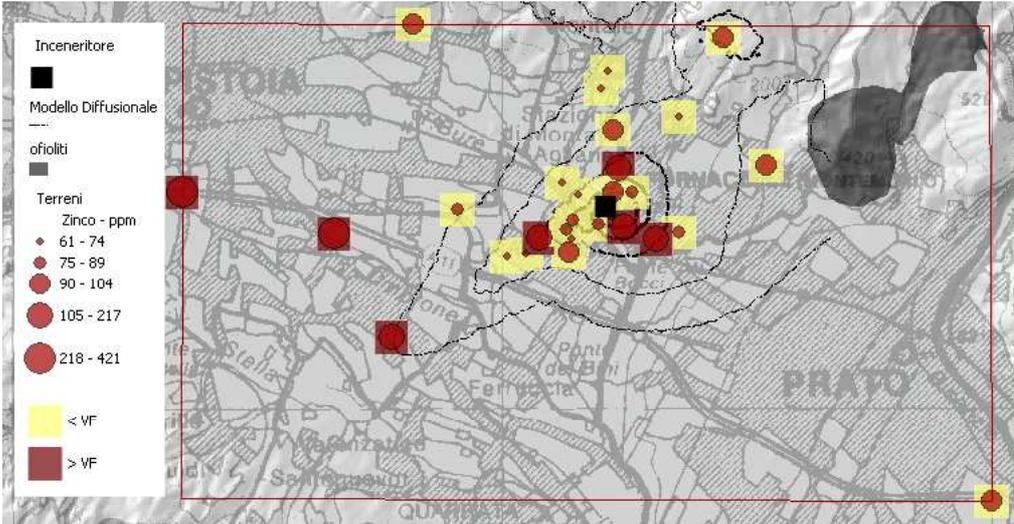
<p>Terreni</p>	<p>Si è registrato un valore medio di 80,54 mg/kg s.s. per la serie 2008 e 62,72 mg/kg s.s. per la serie 2010 (differenza significativa $P < 5\%$) La diminuzione appare abbastanza diffusa in tutte le zone di campionamento ma meno marcata nella zona bianca. L'analisi della varianza non ha evidenziato differenze significative fra le diverse zone di ricaduta individuate dal modello diffusionale. né significative risultano le differenze utilizzando la sola serie 2008. La serie 2010 mostra, invece, una leggera significatività, per il contributo della zona 0 che fornisce un valore medio più elevato rispetto alle altre zone.</p> <p>Nelle 22 postazioni coincidenti con alcune di quelle utilizzate dall'azienda USL per i campionamenti di matrici animali, il valore medio è risultato 53,8 mg/kg s.s. che, come già osservato per il cromo, è più basso rispetto ad entrambe le medie annuali relative alle 29 postazioni scelte in base al modello diffusionale.</p> <p>La distribuzione spaziale mostra una continuità che permette la restituzione grafica interpolata per simboli graduati ed evidenzia un nucleo di pressione nella parte nord occidentale dell'area indagata. Una meno intensa area di dispersione è osservata in direzione E-NE</p> 
<p>Sedimenti</p>	<p>Si sono osservati valori compresi fra 27 e 65 mg/kg s.s. e quindi tendenzialmente più bassi di quelli registrati nei terreni.</p>
<p>Acque</p>	<p>Sempre inferiore al limite di quantificazione (2 microgrammi/litro), con l'eccezione di un solo campione, peraltro non confermato in una successiva analisi, nel quale è stato possibile quantificare il metallo alla concentrazione di 3 microgrammi/litro.</p>
<p>Matrici vegetali</p>	<p>Non ricercato</p>
<p>Licheni</p>	<p>Il valore medio riscontrato è risultato di 3.91 mg/kg, (mediana 3.6 mg/kg) e si riduce a 2,6 mg/kg per i valori al netto del contributo terrigeno</p> <p>Questo valore medio si discosta dal valore di naturalità fissato in 1 mg/kg ma esso, in entrambe le elaborazioni, è trainato principalmente dal valore molto alto ottenuto per l'UCP 11 (14 mg/kg), che rimane invariato anche dopo aver effettuato la sottrazione del contenuto terrigeno, a dimostrare la netta prevalenza di una contaminazione atmosferica per i campioni di lichene prelevati in questa UCP la cui collocazione territoriale è situata ad ovest dell'area indagata, confermando l'interessamento di quest'area già segnalato con l'analisi dei terreni</p>

Piombo	
Terreni	<p>Le due serie annuali hanno fornito valori medi diversi e con una significatività statistica $P < 1\%$. (Serie 2008: valore medio 47,1 mg/kg s.s.; Serie 2010: valore medio 26,27 mg/kg s.s.). L'analisi della varianza non ha evidenziato differenze significative tra le diverse zone indagate. La differenza osservata nella serie 2010 rispetto alla serie 2008, nel caso del piombo, può trovare una ipotesi di giustificazione, almeno parziale, nella notevole riduzione delle emissioni stimate per questo metallo.</p> <p>Nelle 22 postazioni coincidenti con alcune di quelle utilizzate dall'azienda USL per i campionamenti di matrici animali, il valore medio è risultato 43,39 mg/kg s.s. con un valore medio per i campioni prelevati nel 2008 di 52,5 mg/kg ed in quelli prelevati nel 2011 di 35,7 mg/kg.</p> <p>L'analisi della struttura spaziale dei dati di piombo rivela limitata continuità entro i 6 Km ed un modello di interpolazione con dati predetti in discreto accordo con dati misurati. La conseguente rappresentazione cartografica illustra una situazione assai simile a quella già osservata per il cadmio, individuando possibili fonti esterne al modello diffusionale e verosimilmente strettamente correlate con l'autostrada A11</p>
	
Sedimenti	<p>Qualche interesse è dato dal valore relativo al Lago Pertini ed in particolare dal campione prelevato nella postazione nei pressi del pontile sul lato Nord-Ovest nella quale si è trovato un valore di oltre 100 mg/kg s.s. rispetto ai valori inferiori a 50 mg/kg s.s. ritrovati nella postazione nei pressi del pontile sul lato Nord-Est ed in entrambe le postazioni individuate nel Lago I° Maggio (cfr tabella 1.26).</p>
Acque	<p>Riscontrati valori sempre inferiori al limite di quantificazione.</p>
Matrici vegetali (Fieno)	<p>Ricercato in 12 campioni di fieno: 7 in zona di ricaduta e 5 in zona di confronto. La differenza fra le due serie è risultata non significativa ($P < 95\%$).</p> <p>Degno di segnalazione un campione prelevato in zona di ricaduta che è risultato assolutamente anomalo, mostrando un valore oltre 100 volte superiore ai valori normalmente osservati (media 11,143 mg/kg s.s., mediana 0,458 mg/kg s.s.).</p>

Licheni	<p>Il contributo atmosferico (bioaccumulo) è risultato distribuito fra 0,3 mg/kg s.s. ritrovati nella UCP 16 e 18,5 mg/kg s.s. ritrovati nella UCP 11</p> <p>Il valore medio (totale) è risultato pari a 4.50 mg/kg (mediana 3.15 mg/kg), che diminuisce leggermente a 3,6 mg/kg per i valori al netto del contributo terrigeno: valore che non si discosta molto dal valore della soglia di naturalità, che è 4.0 mg/kg.</p> <p>Le UCP 2, 20, 21, 24, 28 e 30 presentano valori che si discostano solo leggermente dal valore di naturalità; di maggiore entità solo i valori riscontrati nelle UCP 11 e 19 che presentano concentrazioni di Piombo rispettivamente di 18.3 e 11 ppm. Interpretando tali valori con la scala “Nimis 1999”, che come già affermato risulta cautelativa, rileviamo che essi ricadono nella fascia di “naturalità media”.</p> <p>La rappresentazione cartografica evidenzia nelle zone nord e nord-est dell’area di studio, concentrazioni mediamente più basse di piombo, mentre l’area ad ovest è interessata da concentrazioni leggermente più elevate.</p>
---------	--

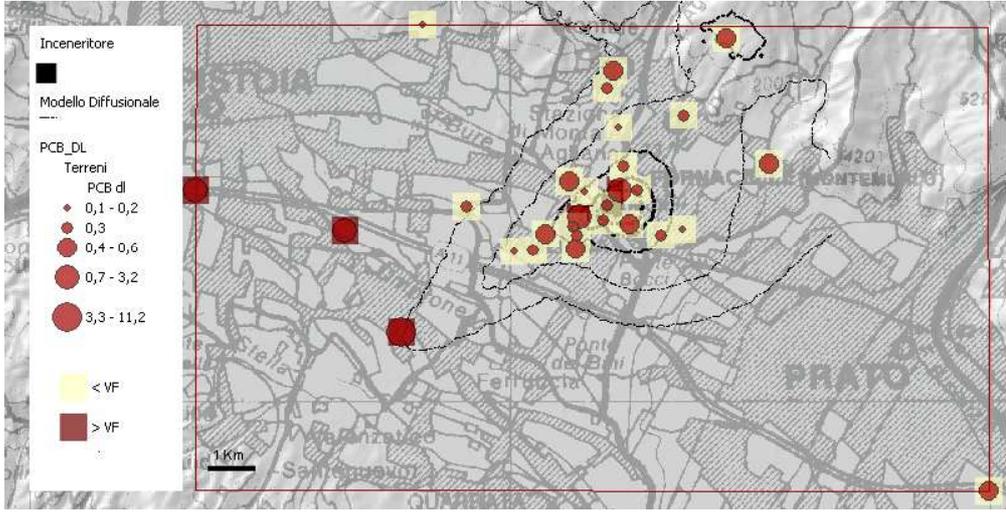
Rame

<p>Terreni</p>	<p>I valori ritrovati nel corso dell'indagine hanno fornito un valore medio complessivo di 65,57 mg/kg con una differenza non significativa fra la serie 2008 e quella 2010.</p> <p>Il valore medio ottenuto dalle 22 postazioni campionate su indicazione della Azienda USL è risultato 88,32 mg/kg. La differenza fra queste due medie non è risultata significativa, anche se questo può risentire dell'elevato numero di valori outliers ritrovati.</p> <p>L'analisi della struttura spaziale mostra una discreta continuità entro i 4 km ma non sembra produrre un adeguato modello di interpolazione.</p> 
<p>Sedimenti</p>	<p>Il valore maggiore è stato registrato in uno dei due campioni prelevati da lago I° Maggio.</p>
<p>Acque</p>	<p>Il rame è generalmente risultato inferiore al limite di quantificazione e, in pochi casi uguale a tale limite (5 microgrammi/litro). In due campioni prelevati da pozzi privati si sono registrati valori quantificabili, sebbene non confermati nelle successive analisi.</p>
<p>Matrici vegetali</p>	<p>Non ricercato</p>
<p>Licheni</p>	<p>La ricerca di rame nei talli lichenici, ha mostrato un valore medio (totale) di 10.02 mg/kg (mediana 8.55 mg/kg), che si riduce a 6,5 mg/kg per i valori al netto del contributo terrigeno.</p> <p>La distribuzione al netto del contributo terrigeno presenta disomogeneità con un possibile Valore di Fondo intorno a 6 ppm; ciononostante nel complesso si rivela compatibile con un modello lognormale.</p> <p>Nell'analisi del variogramma si rileva una debole continuità spaziale ma con risultati scadenti da parte del modello di interpolazione per kriging ordinario .</p> <p>La rappresentazione cartografica realizzata solo con maglie di colore corrispondente ad una predefinita scala di concentrazione evidenzia un possibile maggior interessamento dell'area posta ad est dell'impianto.</p>

Zinco	
Terreni	<p>Il valore medio è risultato di 121,27 mg/kg s.s. e scende a 105,21 mg/kg s.s. se si escludono i valori outliers. La differenza fra la serie 2008 e la serie 2010 è risultata non significativa.</p> <p>Il valore medio relativo alle 22 postazioni individuate su indicazione della Azienda USL, è risultato pari a 128,65 mg/kg s.s.</p> <p>L'analisi della struttura spaziale mostra una discreta continuità entro i 4 km ma non sembra produrre un adeguato modello di interpolazione.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
Sedimenti	<p>Il valore massimo è stato rilevato nella postazione del Lago Pertini nella quale già si sono ritrovate le concentrazioni maggiori di cadmio e piombo e concentrazioni comunque elevate di cromo e nickel.</p>
Acque	<p>Accanto ad una generale presenza di campioni con valori di zinco uguali o inferiori al limite di quantificazione, si sono ritrovati due campioni con valori quantificabili, uno dei quali prelevato da un pozzo privato e l'altro dal sistema acquedottistico pratese: entrambe le osservazioni non sono state confermate nelle successive analisi.</p>
Matrici vegetali	<p>Non ricercato</p>
Licheni	<p>Lo studio del bioaccumulo in talli lichenici ha rilevato un valore medio di 116,78 mg/kg s.s. (mediana 90,50 mg/kg s.s.), che resta sostanzialmente invariato per i valori al netto del contributo terrigeno (109 mg/kg s.s.). La soglia di naturalità molto alta, secondo la scala Nimis e Bargagli, fissata in 30 mg/kg s.s. risulta superata sia dal valore medio che dai singoli valori di tutte le UCP.</p> <p>In particolare si distinguono le UCP 1, 4, 16, 19 e 21 i cui valori, interpretati secondo la scala "Nimis", ricadono nelle fasce di alterazione alta e molto alta e le UCP 2 e 9 che ricadono nelle fasce di alterazione media.</p> <p>La distribuzione delle concentrazioni maggiori si ritrova, come nel caso di altri elementi, nella metà destra dell'area in studio.</p>

Diossine e Furani totali	
Terreni	<p>Il valore medio PCDD_PCDF totali è risultato di 70,13 ng/kg s.s., caratterizzato tuttavia da numerosi outliers presenti sia nella serie 2008 che in quella 2010. Eliminando i valori outliers il valore medio scende a 45,63 ng/kg s.s.</p> <p>La serie 2010 sebbene evidenzi valori simili alla serie 2008 appare maggiormente compatibile con un modello distributivo, ancorché log-normale. La rappresentazione geostatistica di questa serie evidenzia un'area assai netta ad ovest rispetto all'inceneritore, il quale sembra generare una probabile influenza in direzione Sud.</p> 
Sedimenti	<p>Sono stati osservati valori decisamente più elevati rispetto ai valori normalmente ritrovati nei terreni. Non appare dimostrabile una differenza significativa fra il Lago Pertini ed il Lago I° Maggio.</p>
Acque	<p>La presenza di dioses e furani nei campioni esaminati è risultata quasi sempre di modesta entità e sostenuta per lo più dai valori assegnati ai congeneri analiticamente non quantificabili. Su 34 campioni esaminati, ben 20 hanno evidenziato valori non quantificabili per tutti i 17 congeneri, 4 hanno permesso la quantificazione di un solo congenere, 7 hanno permesso la quantificazione di due congeneri, 2 hanno permesso la quantificazione di 8 congeneri e 1 ha permesso la quantificazione di 13 congeneri. Conseguentemente si è osservata una notevole differenza fra il valore medio calcolato come <i>upper bound</i> (26,67 pg/l), quello calcolato come <i>medium bound</i> (24,20 pg/l) e quello calcolato come <i>zero bound</i> (15,26 pg/l). Il criterio <i>zero bound</i> per le acque è raccomandato dal D.Lgs 16 marzo 2009 n. 30</p>
Matrici vegetali	<p>Nei campioni di aghi di pino, dioses e furani sono sempre risultati inferiori ai limiti di quantificazione.</p> <p>Sono stati esaminati anche 14 campioni di fieno, 8 in zona di ricaduta e 6 in zona di confronto. I valori medi sono risultati rispettivamente di 1,28 ng/kg s.s. e 0,76 ng/kg s.s. ma la differenza non è risultata statisticamente significativa</p>

Diossine e Furani TEQ	
Terreni	<p>Il valore medio PCDD_PCDF, applicando il criterio <i>medium bound</i>, è risultato pari a 1,78 ng TEQ/kg s.s. La serie 2010 mostra un valore medio pari a 1,47 ng/kg s.s., inferiore al valore medio della serie 2008 (2,01 ng/kg s.s.). La differenza non appare statisticamente significativa e potrebbe essere dovuta, soprattutto, alla maggiore sensibilità analitica che riduce il valore attribuito ai congeneri non quantificabili.</p> <p>L'analisi della varianza fra i gruppi, sia della serie 2008 che della serie 2010 non evidenzia differenze statisticamente significative.</p> <p>Il valore più elevato (7,116 ng TEQ/kg s.s.) è stato registrato in una postazione esterna al modello diffusionale (zona 0B). Il valore medio di tutte le postazioni interne al modello diffusionale è risultato 1,663 ng TEQ/kg s.s.</p>
Sedimenti	<p>Come già osservato per PCDD/PCDF totali, nei sedimenti sono stati osservati valori decisamente più elevati rispetto ai valori normalmente ritrovati nei terreni. Pur ricordando che non sono previsti valori limite per i sedimenti, si osserva che in due dei quattro campioni analizzati (uno dal Lago Pertini e uno dal Lago I° Maggio) il valore è risultato superiore al limite che sarebbe ammesso nei terreni per le aree residenziali.</p>
Acque	<p>Analogamente a quanto osservato trattando i risultati relativi ai valori di PCDD_PCDF totali, vi è una notevole differenza fra il valore medio calcolato come <i>upper bound</i> (che espresso in TEQ è risultato pari a 3,24 pgTEQ/l), quello calcolato come <i>medium bound</i> (1,73 pg TEQ/l) e quello calcolato come <i>zero bound</i> (0,22 pgTEQ/l). Il criterio <i>zero bound</i> per le acque è raccomandato dal D.Lgs 16 marzo 2009 n. 30</p>
Matrici vegetali	<p>Nei campioni di aghi di pino, diossine e furani sono sempre risultati inferiori ai limiti di quantificazione.</p> <p>Nei 14 campioni di fieno, 8 in zona di ricaduta e 6 in zona di confronto, i valori medi sono risultati rispettivamente di 0,078 ngTEQ/kg s.s. e 0,064 ngTEQ/kg s.s. abbondantemente inferiori al limite di 0,75 ngTEQ/kg s.s. previsto dal D.M. 10.01.2007 e con una differenza fra le due serie non statisticamente significativa</p>

PCB_dl totali	
Terreni	<p>Il valore medio PCB dioxin like totali nelle 29 postazioni individuate in base al modello diffusionale, è risultato di 929,6 ng/kg s.s., ma ha evidenziato la presenza di numerosi outliers (5 su 29 osservazioni) Uno di essi, in particolare, riscontrato nella postazione 0B_27, è risultato pari a 11.166 ng/kg s.s. Ciò ha determinato anche una notevole differenza fra il valore medio e il valore mediano essendo quest'ultimo risultato pari a 328,5 ng/kg s.s. Escludendo i valori outliers, il valore medio scende a 292,4 ng/kg s.s. ed il valore mediano a 244 ng/kg s.s..</p> <p>Nei 22 campioni prelevati da postazioni coincidenti con alcune di quelle utilizzate dall'Azienda USL per i campionamenti di matrici animali, il valore medio e mediano sono risultati rispettivamente pari a 673 e 280 ng/kg s.s. Anche in questo caso si riscontra la presenza di diversi outlier (3 su 22 osservazioni). Escludendo i valori outliers, il valore medio scende a 386 ng/kg s.s. ed il valore mediano a 254 ng/kg s.s.</p> <p>L'analisi variografica rivela l'assenza di continuità spaziale tra i dati rilevati e, conseguentemente, la rappresentazione cartografica può essere realizzata solo con simboli di grandezza proporzionata alla concentrazione rilevata. La mappa che ne risulta presenta probabili fonti estranee al campo diffusionale che emergono dal valore di fondo. La distribuzione dei valori più alti all'interno delle aree indicate dal modello diffusionale risulta distribuita piuttosto casualmente e non mostra quindi la preferenza per il settore sudorientale, fin qui osservata per altri contaminati.</p> 
Sedimenti	<p>Sono stati osservati valori decisamente più elevati rispetto ai valori normalmente ritrovati nei terreni. I valori riscontrati nel Lago Pertini appaiono più elevati rispetto a quelli rilevati nel lago I° Maggio.</p> <p>I due profili di contaminazione ambientale risultano tuttavia assai simili e d entrambi mostrano una dominanza del PCB 118. Rappresentati anche i PCB 105, 114 e 156. Appena rilevabili gli altri congeneri che invece erano visibili nei profili relativi ai terreni.</p>

Acque	<p>Analogamente a quanto già osservato per le diossine ed i furani, la presenza di PCB nelle acque è risultata sempre di modesta entità e per lo più sostenuta dai valori assegnati ai congeneri analiticamente non quantificabili.</p> <p>Per 19 dei 30 campioni esaminati non è stato possibile quantificare nessuno dei 12 congeneri dioxin like; per 4 campioni è stato quantificato un solo congenere (in un caso PCB 118, in 3 casi PCB 156); in 4 campioni sono stati quantificati 2 congeneri (in tutti i casi PCB 118 e PCB 156); in 2 campioni sono stati quantificati 3 congeneri (PCB 105, PCB 118 e PCB 156) ed infine in 1 campione sono stati quantificati 5 congeneri (PCB 77, PCB 105, PCB 118, PCB 156 e PCB 157).</p> <p>In tutti i casi, il valore massimo riscontrato fra i campioni in cui almeno un congenere è stato quantificato, è risultato di 570 picogrammi/litro calcolato con il criterio <i>upper bound</i>, corrispondenti a circa 315 picogrammi/litro se calcolato con il criterio <i>medium bound</i> e a 60 picogrammi/litro, se calcolato applicando il criterio <i>zero bound</i>.</p>
Matrici vegetali	<p>I PCB non sono stati ricercati nei campioni di aghi di pino.</p> <p>Sono stati ricercati in 14 campioni di fieno: 8 in zona di ricaduta e 6 in zona di confronto ed entrambe le serie risultano caratterizzate da un evidente outlier. Escludendo questi due valori, le medie delle due serie risultano pressoché identiche (84,25 ng/kg per la zona di ricaduta, 89,10 ng/kg per la zona di confronto)</p>

PCB_dl TEQ	
Terreni	Il valore medio PCB_dl su tutti i 53 campioni esaminati (29 scelti in base al modello diffusionale e 24 individuati in base alle indicazioni della Azienda USL) è risultato 2,22 ng TEQ/kg s.s. Questo valore è comunque trainato da due campioni nei quali la presenza di PCB_dl è risultata decisamente elevata (campione prelevato nel 2010 nella postazione 27 in area 0B e campione prelevato nel 2011 nella postazione 42 in area 1) Escludendo questi due valori, il valore medio complessivo scende a 1,15 ng TEQ/kg s.s. I valori di TEQ dati dalla somma di diossine, Furani e PCB, escludendo i due valori soprarichiamati, sono sempre risultati inferiori a 10 ng/kg s.s. che è il limite previsto per le sole diossine nelle aree residenziali.
Sedimenti	I due campioni che hanno mostrato i valori più elevati di tossicità equivalente dovuta a PCDD/PCDF, hanno evidenziato anche i valori maggiori di PCB_dl
Acque	Il valore medio calcolato applicando il criterio <i>zero bound</i> è risultato 0,0029 pg/l. L'applicazione dei criteri <i>medium bound</i> ed <i>upper bound</i> porta a valori medi condizionati dal livello minimo di quantificazione.
Matrici vegetali	I valori medi della somma dei congeneri del PCB-dl rilevati nei 14 campioni di fieno esaminati sono risultati rispettivamente di 0,085 ng TEQ/kg (zona di ricaduta) e 0,2005 ng TEQ/kg (zona di confronto) ma anche per i valori espressi in TEQ, la differenza fra le due medie è attribuibile principalmente ai due valori outliers