



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE

*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*

**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

# IL MONITORAGGIO SAMANET DELLE DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE NELLA LAGUNA DI VENEZIA



## ANNO 2008

Sezione Antinquinamento - S. Polo 737 - 30125 - VENEZIA - Tel. 041/794370-041/794443 - Fax 041/5286706

<http://www.magisacque.it>



MAGISTRATO ALLE ACQUE  
  
Laboratorio  
Centro Studi Microinquinanti Organici





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*

**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

**Il Dirigente dell'Ispettorato**

**Giampietro Mayerle**

**Responsabile del progetto**

**Giorgio Ferrari**

**Responsabile scientifico**

**Andrea Berton**

**Coordinamento e Servizio Qualità**

**Elisabetta Pisaroni, Michela Carlon**

**Collaboratori**

**Fabio Aidone, Christian Badetti, Massimo Berti, Sebastiano Bertini, Alessandra Carelse, Claudio Carrer, Sebastiano Carrer, Maria Costantino, Moreno Dalla Palma, Luca Favaretto, Loretta Gallochio, Alessandro Gurato, Stefano Marcon, Desdemona Oliva, Antonio Petrizzo, Vittorio Rocabella**

---

**Sezione Antinquinamento - S. Polo 737 - 30125 - VENEZIA - Tel. 041/794370-041/794443 - Fax 041/5286706**

<http://www.magisacque.it>



MAGISTRATO ALLE ACQUE  
  
Laboratorio  
Centro Studi Microinquinanti Organici





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

## Sommario

Introduzione.....	4
Attività di campionamento e misura 2008 .....	7
Deposizioni di inquinanti inorganici nella laguna di Venezia.....	8
Diossine e Furani (PCDD – PCDF) .....	22
Policlorobifenili (PCB) .....	22
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) .....	23
Bibliografia .....	34



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

## Introduzione

L'atmosfera costituisce un importante veicolo per la diffusione di sostanze naturali e inquinanti aerodisperse che possono ricadere a distanze variabili dai punti di emissione, con possibili impatti ambientali nei luoghi di ricaduta (Mosello *et al.*, 1988).

Il programma di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche della Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque – SAMA è rivolto alla caratterizzazione e alla quantificazione della ricadute atmosferiche dei contaminanti organici ed inorganici nella laguna di Venezia. I punti di raccolta delle deposizioni sono stati selezionati in corrispondenza delle stazioni fisse che costituiscono la rete di monitoraggio SAMANET (Fig. 1).

Sia le deposizioni atmosferiche prodotte per caduta gravitazionale delle particelle (deposizioni secche) che quelle veicolate dalle precipitazioni (deposizioni umide) sono raccolte mediante campionatori passivi di tipo “bulk” (Fig. 2).

I campionatori sono costituiti da una struttura cilindrica in materiale polimerico ad alta resistenza. Per minimizzare il riscaldamento del campione raccolto, la struttura è di colore chiaro e tra il tubo ed il sistema di raccolta vi è una intercapedine d'aria. La struttura inoltre è dotata di sistemi di protezione per impedire agli uccelli di utilizzare il deposimetro come posatoio. All'interno del deposimetro sono alloggiati i contenitori di raccolta del campione realizzati in materiale idoneo al tipo di contaminante da determinare. Quelli per la determinazione dei flussi di microinquinanti organici sono in vetro *pyrex*, mentre per i contaminanti inorganici sono in polietilene. Tutte le bottiglie ed imbuti, prima di essere posizionati sulle stazioni, subiscono un trattamento completo di pulizia al fine di eliminare il rischio di contaminazione dei campioni.

La validità dei campionatori “bulk” è stata ampiamente documentata in letteratura (Horstmann e Mclachlan, 1997) e, recentemente, il D. Lgs. n. 152 del 3 agosto 2007 “Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'Arsenico, il Cadmio, il Mercurio, il Nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente” ha previsto l'adozione di questi sistemi per la misura dei tassi di deposizione del Mercurio (GU n. 213 del 13/09/2007).

Il programma di campionamento prevede cicli di raccolta delle deposizioni di circa sessanta giorni, corrispondenti a sei campagne nel corso di un anno.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

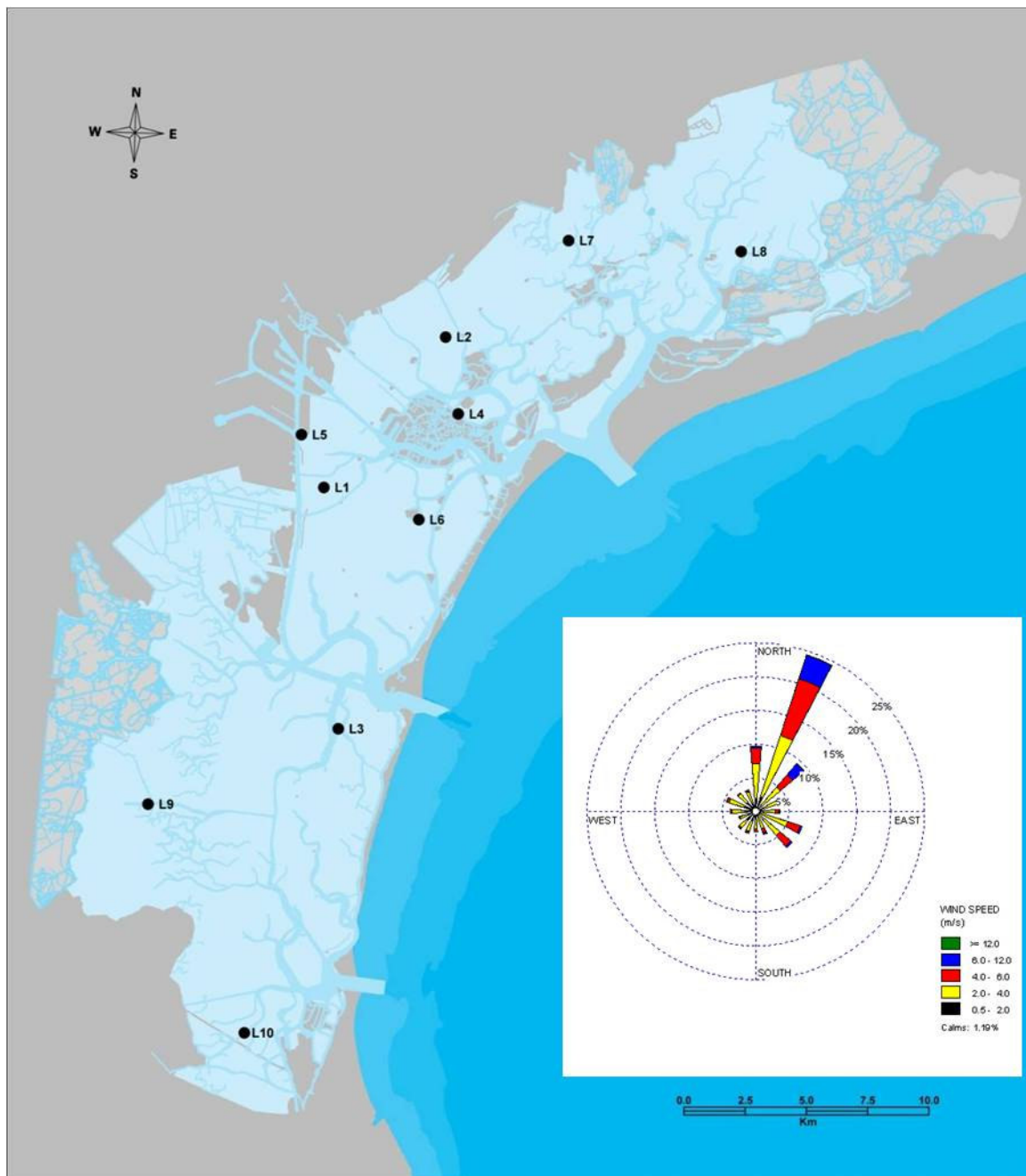


Figura 1. La rete SAMANET di monitoraggio deposizioni atmosferiche e rosa dei venti dominanti in laguna di Venezia nel 2008 (dati EZI staz.22).





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**



**Figura 2. La stazione Ve-2 a Campalto con la coppia di deposimetri “bulk” per la raccolta delle ricadute atmosferiche**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

I parametri oggetto di indagine per la frazione inorganica sono i seguenti:

Arsenico (As)	Cadmio (Cd)
Antimonio (Sb)	Piombo (Pb)
Rame (Cu)	Mercurio (Hg)
Zinco (Zn)	Ferro (Fe)
Nichel (Ni)	Cromo (Cr)
Vanadio (V)	Manganese (Mn)

Tra i microinquinanti organici, generalmente identificati con l'acronimo POP (Persistent Organic Pollutants), vengono analizzati 7 congeneri di diossine (PCDD), 10 congeneri di furani (PCDF), 29 congeneri di policlorobifenili (PCB), 18 idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e l'esaclorobenzene (HCB).

## Attività di campionamento e misura 2008

Nel corso del 2008 sono state effettuate sei campagne di monitoraggio ordinarie nelle dieci stazioni della rete (Tabella 1).

**Tabella 1- Campagne di misura del 2008**

CAMPAGNA	INIZIO	FINE	GIORNI DI RACCOLTA
1	23/01/2008	10/03/2008	47
2	10/03/2008	15/05/2008	66
3	15/05/2008	15/07/2008	61
4	15/07/2008	16/09/2008	63
5	16/09/2008	18/11/2008	63
6	18/11/2008	21/01/2009	64

L'organizzazione del monitoraggio secondo campagne bimestrali ha consentito di mantenere frequenze di campionamento e analisi compatibili con l'impegno delle risorse disponibili e, nel contempo, di disporre di serie di dati sufficienti per poter elaborare stime di ricaduta su base annua su tutta la laguna.

Va tuttavia segnalato che non sempre è stato possibile analizzare tutti i campioni raccolti, in quanto una parte di essi sono stati scartati a causa di contaminazioni accidentali dovute



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

principalmente alle deposizioni degli uccelli marini, che hanno comunque utilizzato i deposimetri come posatoi, nonostante i sistemi di protezione. Per questo motivo, non sono stati analizzati i campioni della stazione L2 relativi alle ultime quattro campagne (periodo maggio – dicembre 2008); per questa stazione, data la scarsa numerosità dei dati, non è stato possibile determinare i tassi di deposizione annua. Complessivamente, la percentuale di campioni scartati nel corso delle campagne del 2008 è stata del 17% per le deposizioni dei microinquinanti organici e dell'8% per la frazione inorganica.

## **Deposizioni di inquinanti inorganici nella laguna di Venezia**

I tassi annui di deposizione dei diversi inquinanti inorganici (metalli pesanti, Arsenico e Antimonio) sono stati calcolati come sommatoria dei flussi medi giornalieri stimati durante le diverse campagne sperimentali e sono stati espressi come quantità annua depositata per metro quadrato di superficie lagunare ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$ ). La quantità dei diversi inquinanti depositata in ogni stazione nell'arco di ciascuna campagna è stata determinata sulla base delle concentrazioni presenti nei volumi di deposizione raccolti in ciascun deposimetro. Dividendo tale valore per il numero di giorni di esposizione di ogni campagna e tenendo conto della sezione di raccolta dei deposimetri è stato calcolato, per ciascun inquinante e stazione, il flusso medio giornaliero di deposizione per metro quadrato di superficie di ricaduta. Dalla media dei dati di ciascuna campagna si è potuto ricavare un flusso unitario medio giornaliero da cui si è calcolato il flusso unitario annuo in ogni stazione. In Tabella 2 sono riportati i valori dei tassi annui di deposizione così calcolati relativi al 2008 e al 2007.

In tutte le elaborazioni del presente rapporto le determinazioni analitiche inferiori al limite di rilevabilità del metodo sono state poste uguali a zero e, di conseguenza, anche il flusso calcolato, in questi casi, risulta nullo.





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

**Tabella 2 – Confronto tra i tassi annui unitari di deposizione dei contaminanti inorganici (metalli pesanti, Arsenico e Antimonio) nelle stazioni della rete SAMANET nel 2008 e nel 2007**

Parametro	Tasso di deposizione	ANNO	STAZIONE									
			L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
As	µg/m <sup>2</sup> /anno	2008	118	n.c.	160	788	112	31	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.
		2007	122	411	109	936	477	308	167	430	104	212
Hg	µg/m <sup>2</sup> /anno	2008	10	n.c.	6	<d.l.	8.3(73)*	4	<d.l.	2	4	20
		2007	1.7	7.2	3.6	2.5	5.1	<d.l.	<d.l.	5.7	<d.l.	3.9
Cd	µg/m <sup>2</sup> /anno	2008	439	n.c.	192	6223	234	942	138	116	172	110
		2007	265	350	73	2970	241	354	63	61	84	63
Sb	µg/m <sup>2</sup> /anno	2008	237	n.c.	131	606	207	251	121	161	138	195
		2007	207	385	139	540	193	257	201	222	157	231
Pb	µg/m <sup>2</sup> /anno	2008	6793	n.c.	4926	20151	10741	7926	3778	7960	4264	8579
		2007	7097	11340	4170	26750	38450	12828	10508	14233	4253	11750
Ni	µg/m <sup>2</sup> /anno	2008	2536	n.c.	980	1647	3342	1512	744	1055	1783	1425
		2007	2524	1424	861	1357	4185	1693	629	666	1315	1554
Mn	µg/m <sup>2</sup> /anno	2008	11101	n.c.	7934	7314	12849	8627	5716	7735	7691	9857
		2007	8600	7938	4870	7145	19454	8769	6322	7536	5724	9064
V	µg/m <sup>2</sup> /anno	2008	1427	n.c.	1007	1134	1860	1071	766	768	1185	1050
		2007	1418	1016	695	973	2336	1090	806	840	844	887
Cr	µg/m <sup>2</sup> /anno	2008	599	n.c.	358	445	727	477	330	496	558	588
		2007	922	525	301	384	1040	548	332	351	455	766
Cu	µg/m <sup>2</sup> /anno	2008	5596	n.c.	14230	15588	5629	5023	3353	3918	3157	4294
		2007	4366	8076	2364	6433	5526	4256	3174	4016	2758	6534
Fe	µg/m <sup>2</sup> /anno	2008	208946	n.c.	79168	96164	220265	104778	67102	87596	138096	126896
		2007	87781	128460	59617	74448	458179	872929	62461	51246	84379	102796
Zn	µg/m <sup>2</sup> /anno	2008	14776	n.c.	14221	16745	14514	13799	7271	7127	8206	8138
		2007	10076	12693	4794	12547	15794	12444	12979	9309	9516	19633

n.c. non calcolabile

\* Il valore tra parentesi (73) è relativo alla stima in cui si è tenuto conto del valore di punta relativo alla campagna luglio-settembre 2008 (IV ciclo di misure)

<d.l. Determinazioni analitiche inferiori al limite di rilevabilità del metodo analitico

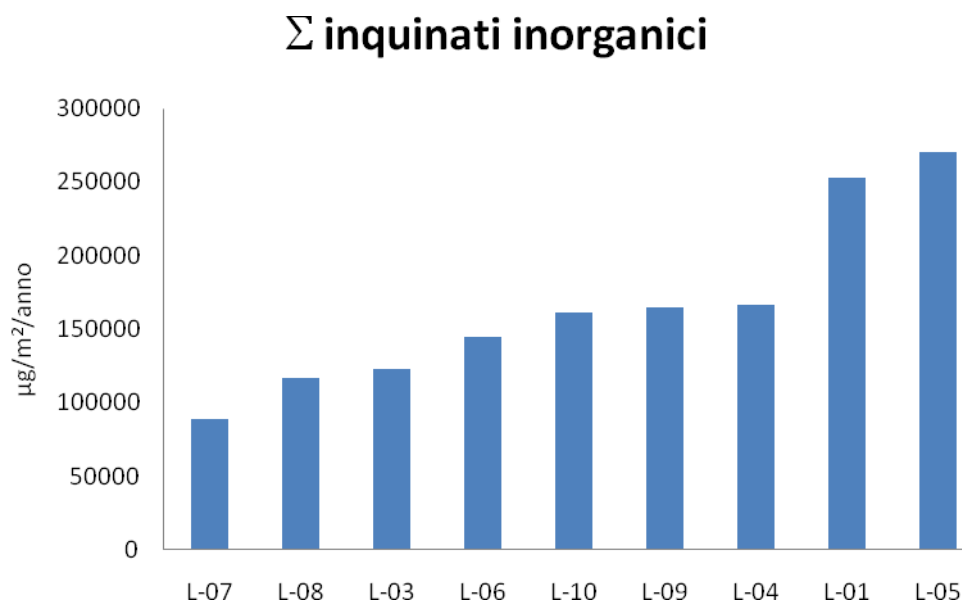
I maggiori valori di deposizione totale della frazione inorganica (espressa come somma di tutti i contaminanti inorganici) si sono registrati nelle stazioni L5 di Tresse e L1 di Fusina, in prossimità all'area industriale di Porto Marghera, mentre il valore più basso è stato misurato nella stazione L7 del Canale Dese (Fig. 3). Le altre stazioni presentano valori di deposizione intermedi. Ciò indica come, in linea del tutto generale, le maggiori ricadute si hanno in prossimità delle zone maggiormente antropizzate (aree industriali, zone ad elevata urbanizzazione). Inoltre i tassi



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

deposizioni rilevati nel biennio 2007-08 risultano confrontabili con quelli stimati da altri autori in laguna di Venezia (Rossini *et al.*, 2005<sup>(a)</sup>, 2009).

A titolo di confronto, vale la pena di segnalare i valori di deposizione atmosferica di alcuni metalli pesanti registrati nel 2005 dall'Agenzia Provinciale per l'Ambiente della Provincia Autonoma di Bolzano in alcuni siti dell'Alto Adige (Ritten, 1780 metri di altitudine, Montiggl, 530 metri di altitudine) (Provincia Autonoma di Bolzano, 2005). Per Cromo, Rame, Nichel, Piombo e Vanadio, in questi siti montani si sono registrati flussi di deposizione mediamente inferiori di 5 volte rispetto a quanto registrato nella laguna di Venezia nel corso del 2008. In alcune stazioni particolarmente esposte all'influenza dell'attività antropica (L5, L4) il flusso di deposizione annuo è risultato anche più di 10 volte maggiore.



**Figura 3. Tassi annui di deposizione di tutti gli inquinanti inorganici analizzati (principali metalli pesanti, Arsenico e Antimonio) nelle stazioni della rete SAMANET**

Nelle Figg. 4 – 13 sono messi a confronto i flussi medi unitari di deposizione del 2007 e 2008 per i diversi contaminanti inorganici nelle diverse stazioni lagunari. Rispetto al 2007, va segnalata una netta diminuzione delle deposizioni di Arsenico nelle stazioni L7, L8, L9, L10 e del Piombo nella stazione L5, mentre si è osservato un consistente aumento della ricaduta di Cadmio (soprattutto nella stazione L4) e di Rame nelle stazioni L3 e L4. Per quanto riguarda l'Arsenico, la concentrazione misurata nei campioni analizzati è sempre stata inferiore al limite di quantificazione (0.5 µg/L) del metodo applicato (APAT CNR IRSA 3010 B Man 29 2003, APAT CNR IRSA 3080 A Man 29 2003).



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

L'analisi di dettaglio dei singoli contaminanti mette in evidenza situazioni sito-specifiche. In particolare, i flussi di deposizione di Arsenico, Cadmio, Antimonio, Rame e Piombo hanno evidenziato, nel corso del 2008, valori massimi nella stazione L4 di Fondamenta Nuove (Figg. 4 - 8). Come già riportato in letteratura, (Ferrari et al., 2007, Rossini et al, 2009), questi risultati possono essere messi in relazione alla produzione del vetro artistico dell'isola di Murano, dove sostanze a base di questi elementi vengono normalmente utilizzate come affinananti e coloranti durante il ciclo produttivo e pertanto possono essere presenti nelle emissioni e caratterizzare le ricadute atmosferiche nelle aree limitrofe.

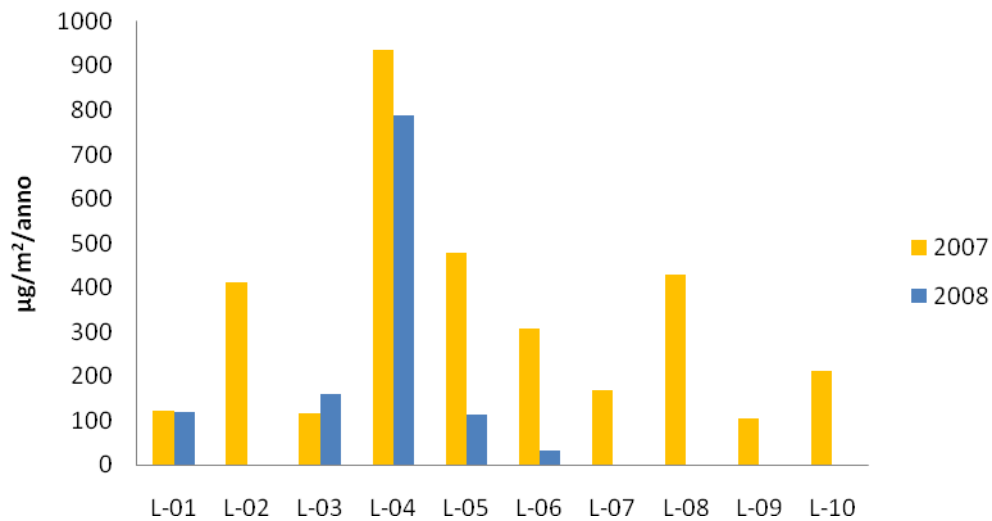
Le ricadute di Manganese, Vanadio, Cromo, Nichel, Ferro e Zinco risultano distribuite in modo più omogeneo, con valori mediamente superiori nelle stazioni prossime all'area industriale di Porto Marghera (stazioni L1 e L5) e ai centri urbani (stazioni L4 e L10) e valori inferiori nelle stazioni lagunari più lontane dalle fonti di pressione antropica (stazioni L7, L8 e L3) (Figg. 9, 10, 11, 12, 13, 14). Il Ferro è di gran lunga il metallo più abbondante nelle deposizioni atmosferiche in laguna, con i valori maggiori nelle stazioni L1 e L5 prossime all'area industriale di Porto Marghera (Fig. 13).

Per quanto riguarda il Mercurio, il flusso di deposizione nella stazione L5 nel 2008 è stato caratterizzato da un picco di deposizione rilevato durante il IV ciclo di misure (luglio-settembre 2008), che ha aumentato di un ordine di grandezza il tasso annuo di deposizione rispetto alle altre stazioni (Fig. 15). Se si esclude questo dato, la quantità di Mercurio depositata nella stazione L5 nel 2008 è confrontabile quella misurata nel 2007 (8.32  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$  nel 2008 rispetto a 5.11  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$  nel 2007). Nelle stazioni L7 e L4, la concentrazione di Mercurio misurata nei campioni analizzati è sempre stata inferiore al limite di quantificazione (0.01  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) del metodo applicato (EPA 3015A, 1998+EPA 6020A, 1998).



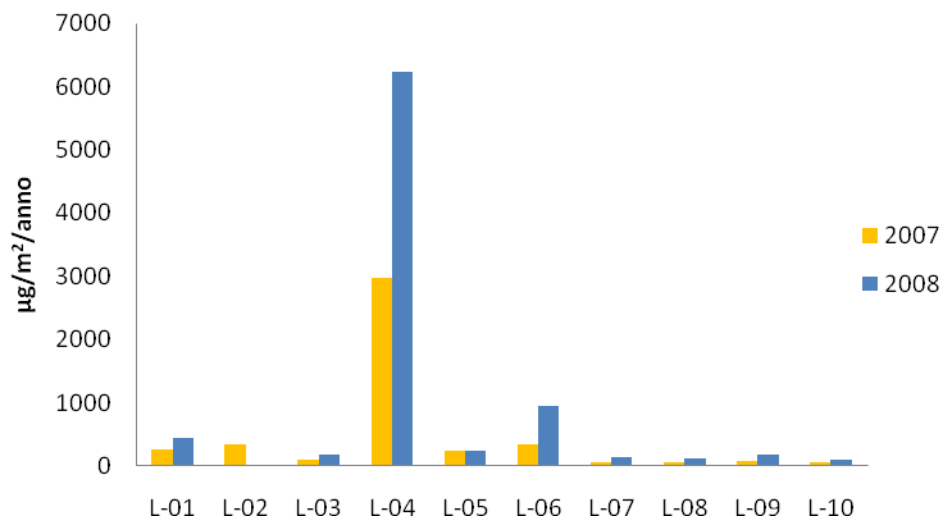
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

### Arsenico



**Figura 4. Tassi annui di deposizione di Arsenico nelle stazioni della rete SAMANET**

### Cadmio

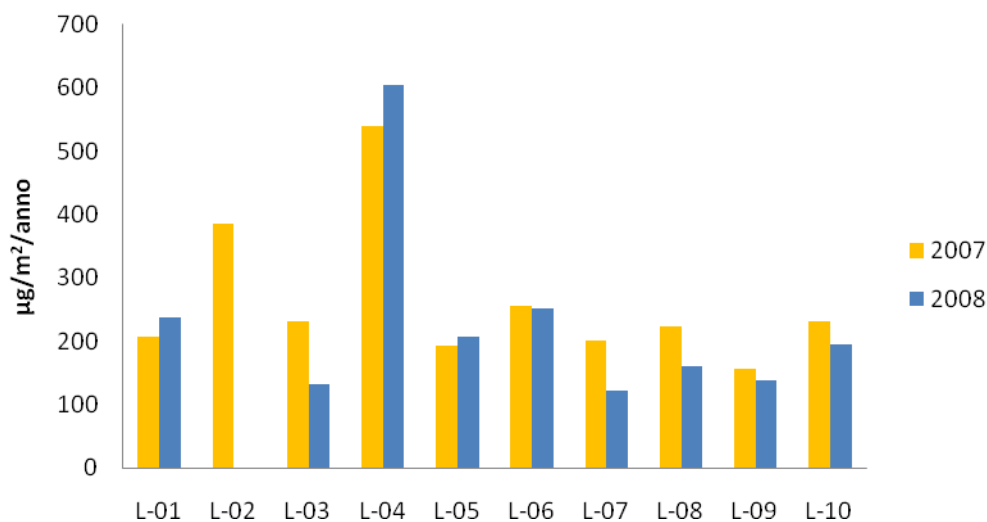


**Figura 5. Tassi annui di deposizione di Cadmio nelle stazioni della rete SAMANET**



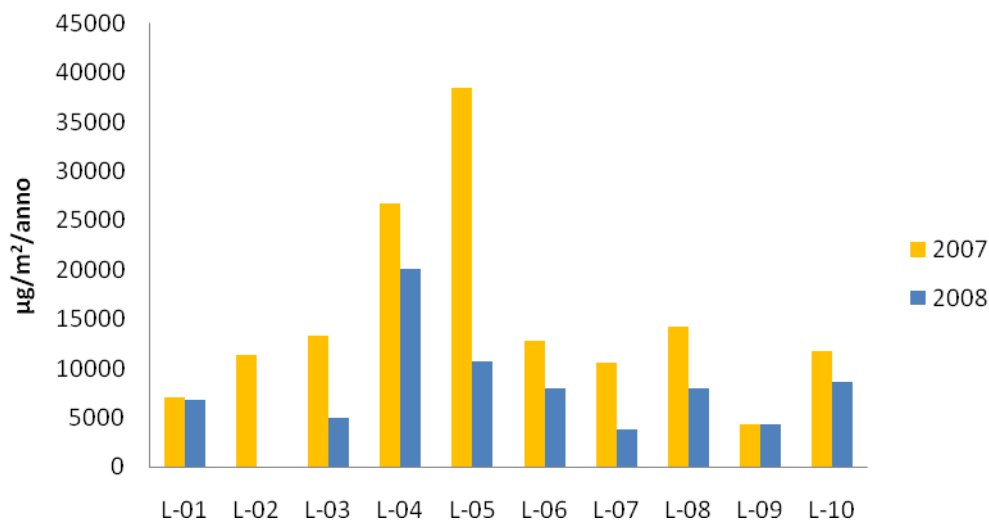
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

### Antimonio



**Figura 6. Tassi annui di deposizione di Antimonio nelle stazioni della rete SAMANET**

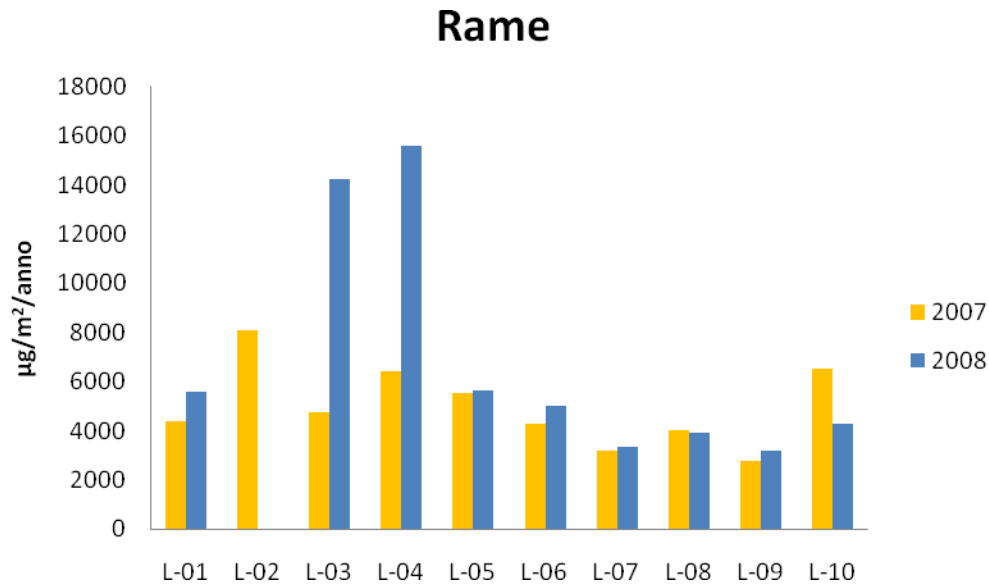
### Piombo



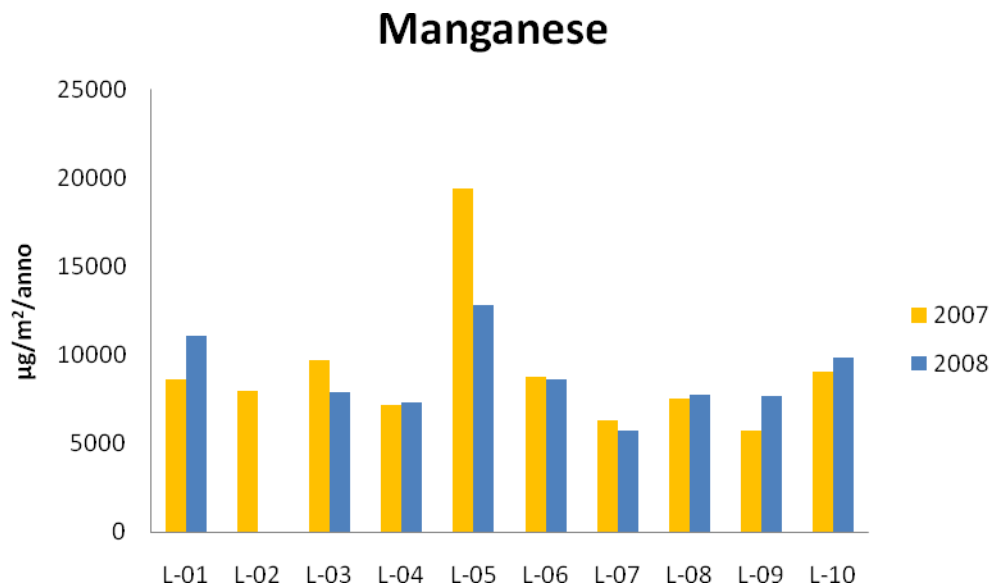
**Figura 7. Tassi annui di deposizione di Piombo nelle stazioni della rete SAMANET**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**



**Figura 8. Tassi annui di deposizione di Rame nelle stazioni della rete SAMANET**

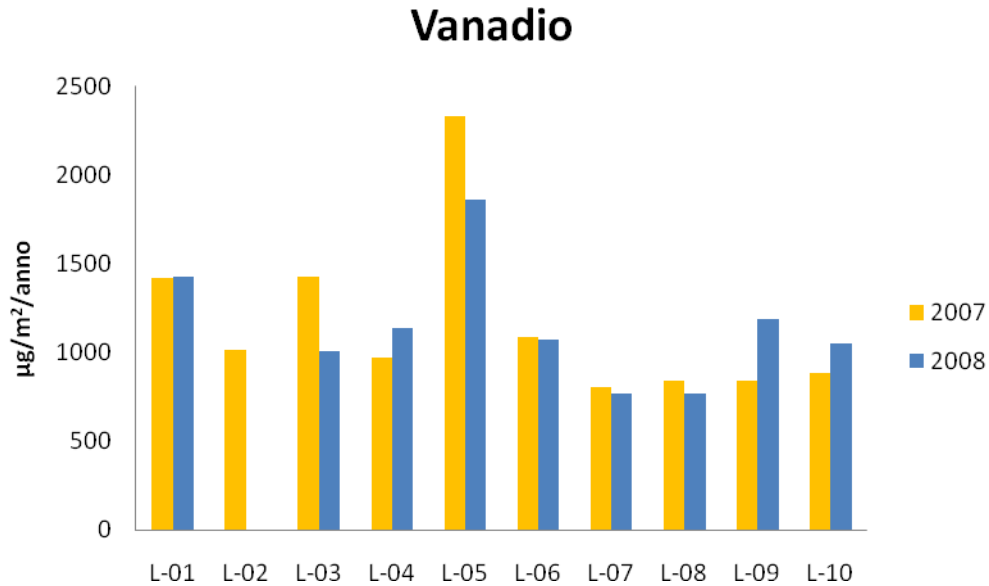


**Figura 9. Tassi annui di deposizione di Manganese nelle stazioni della rete SAMANET**

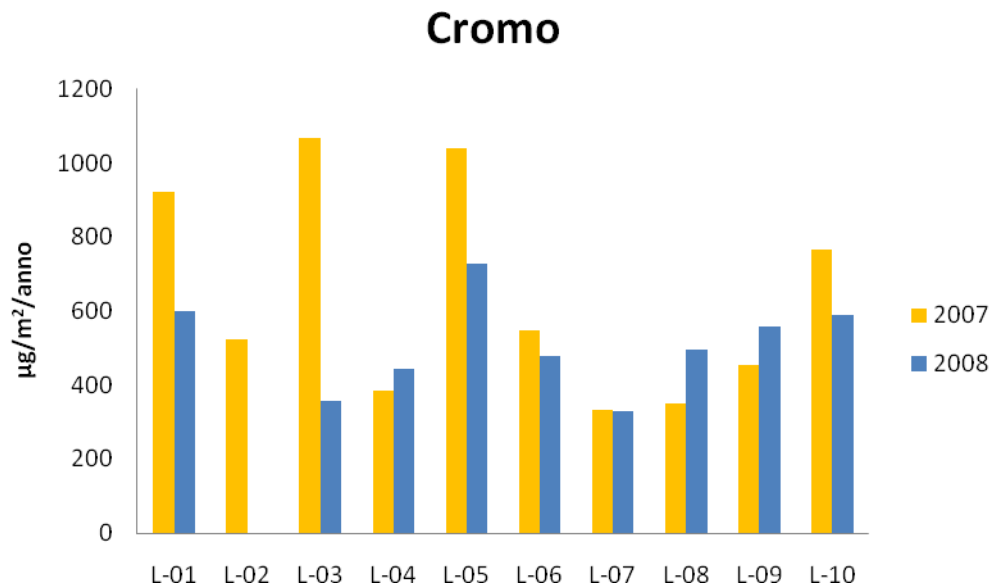




**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**



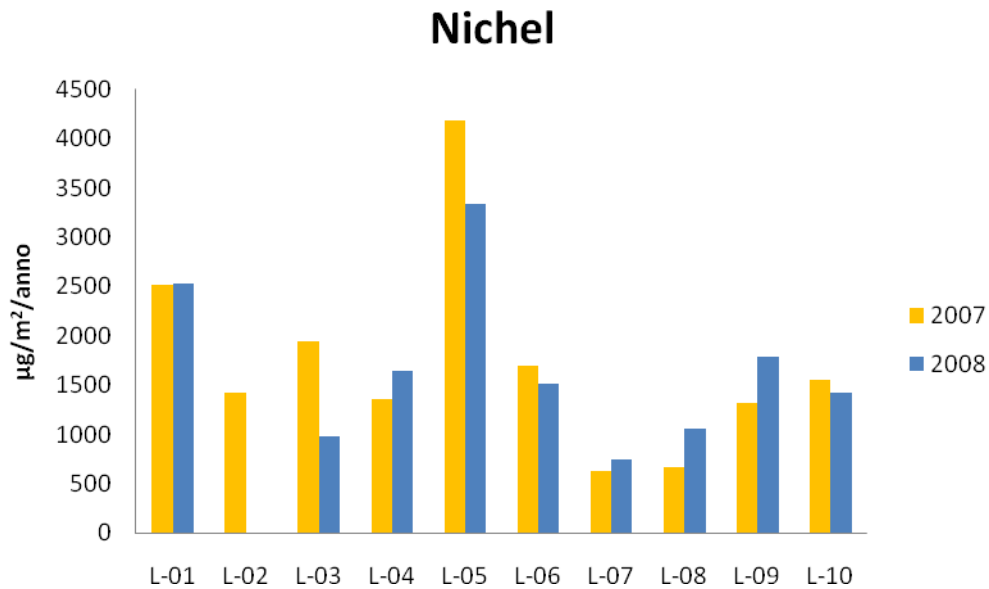
**Figura 10. Tassi annui di deposizione di Vanadio nelle stazioni della rete SAMANET**



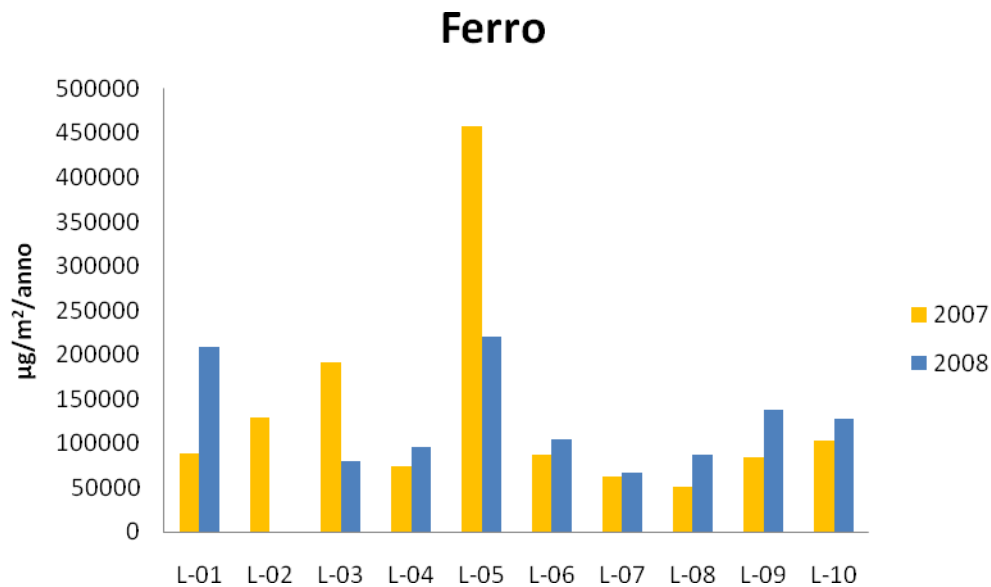
**Figura 11. Tassi annui di deposizione di Cromo nelle stazioni della rete SAMANET**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**



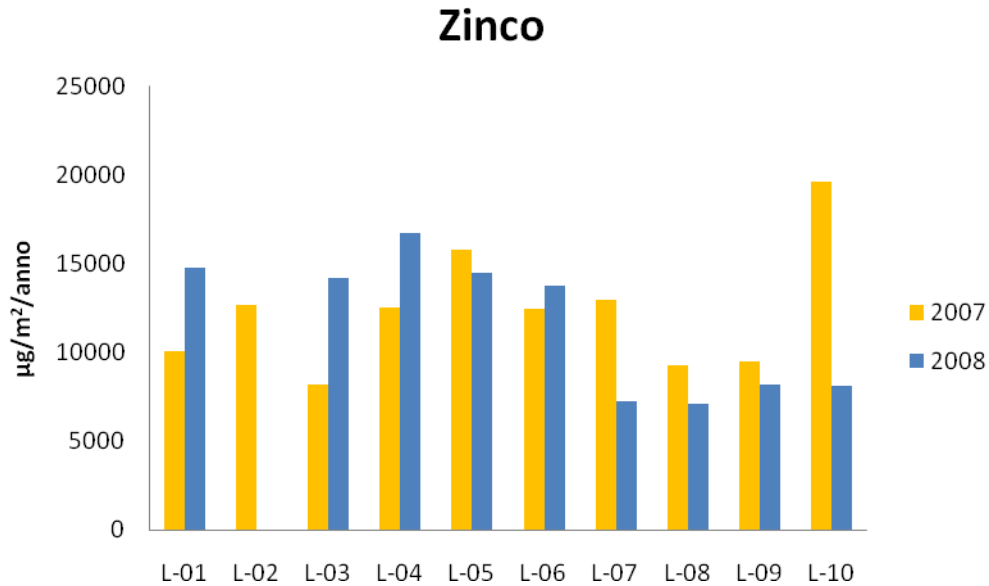
**Figura 12.** Tassi annui di deposizione di Nichel nelle stazioni della rete SAMANET



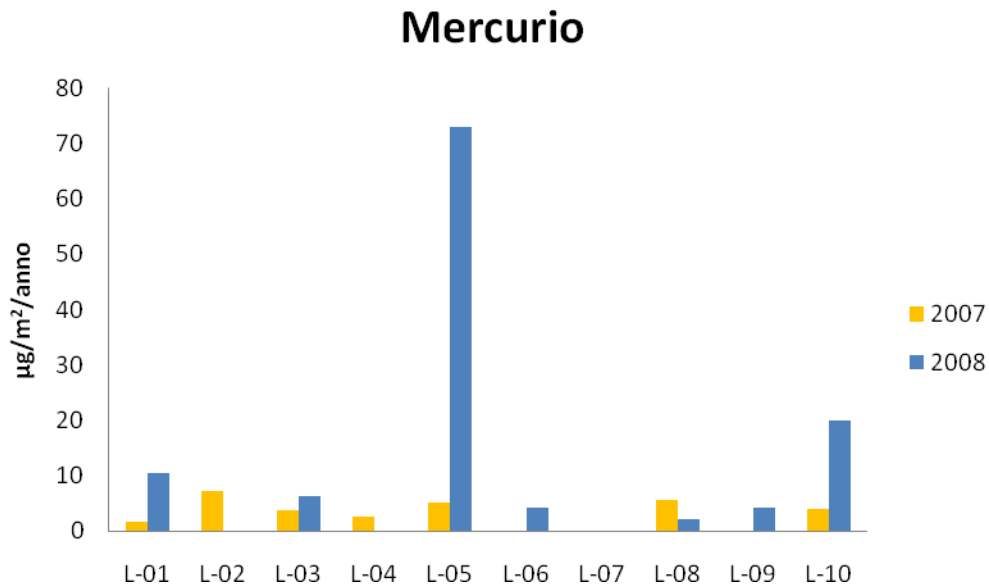
**Figura 13.** Tassi annui di deposizione di Ferro nelle stazioni della rete SAMANET



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**



**Figura 14. Tassi annui di deposizione di Zinco nelle stazioni della rete SAMANET**



**Figura 15. Tassi annui di deposizione di Mercurio nelle stazioni della rete SAMANET**



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

## Stima dei carichi complessivi dei contaminati inorganici in laguna

Nella seguente tabella vengono riportate le stime delle deposizioni dei contaminanti inorganici (metalli pesanti, Arsenico e Antimonio) sullo specchio lagunare negli anni 2008 e 2007. Questi valori sono stati calcolati sulla base dei flussi unitari nelle diverse stazioni, con l'ausilio di programmi di elaborazione grafica in grado di fornire mappe di iso-deposizione sull'intero specchio lagunare.

**Tabella 3. Stima dei carichi complessivi dei contaminati inorganici in laguna negli anni 2008 e 2007**

PARAMETRO	CARICO COMPLESSIVO 2008 (T/ANNO)		CARICO COMPLESSIVO 2007 (T/ANNO)
Arsenico	0.0663		0.1565
Mercurio	0.0061 (*)	0.0029 (**)	0.0015
Cadmio	0.4677		0.1643
Antimonio	0.3810		0.1263
Piombo	3.9645		6.6556
Nichel	0.8509		0.7760
Manganese	4.2381		4.3449
Vanadio	0.8798		0.5491
Cromo	0.3022		0.2857
Rame	3.1994		2.3943
Ferro	59.0542		55.9668
Zinco	5.3487		6.3041

(\*) Carico stimato tenendo conto del valore di flusso di Hg del IV ciclo di misure

(\*\*) Carico stimato escludendo il valore di flusso di Hg del IV ciclo di misure

Come si può osservare dal confronto tra i carichi nei diversi anni, le ricadute di Arsenico e Piombo risultano sensibilmente diminuite nel 2008 rispetto al 2007, mentre Cadmio, Antimonio e Rame risultano aumentati. Gli altri contaminanti inorganici non mostrano variazioni sensibili.

Nelle seguenti Figg. 16 e 17 vengono mostrate le mappe di distribuzione delle ricadute atmosferiche per il Cadmio e il Ferro, due metalli per i quali i flussi massimi di deposizione sono incentrati, rispettivamente, nelle stazioni L4 ed L5. Come si può notare, l'elaborazione grafica conferma che le principali fonti di emissione del Cadmio sono collocate nell'area urbana insulare



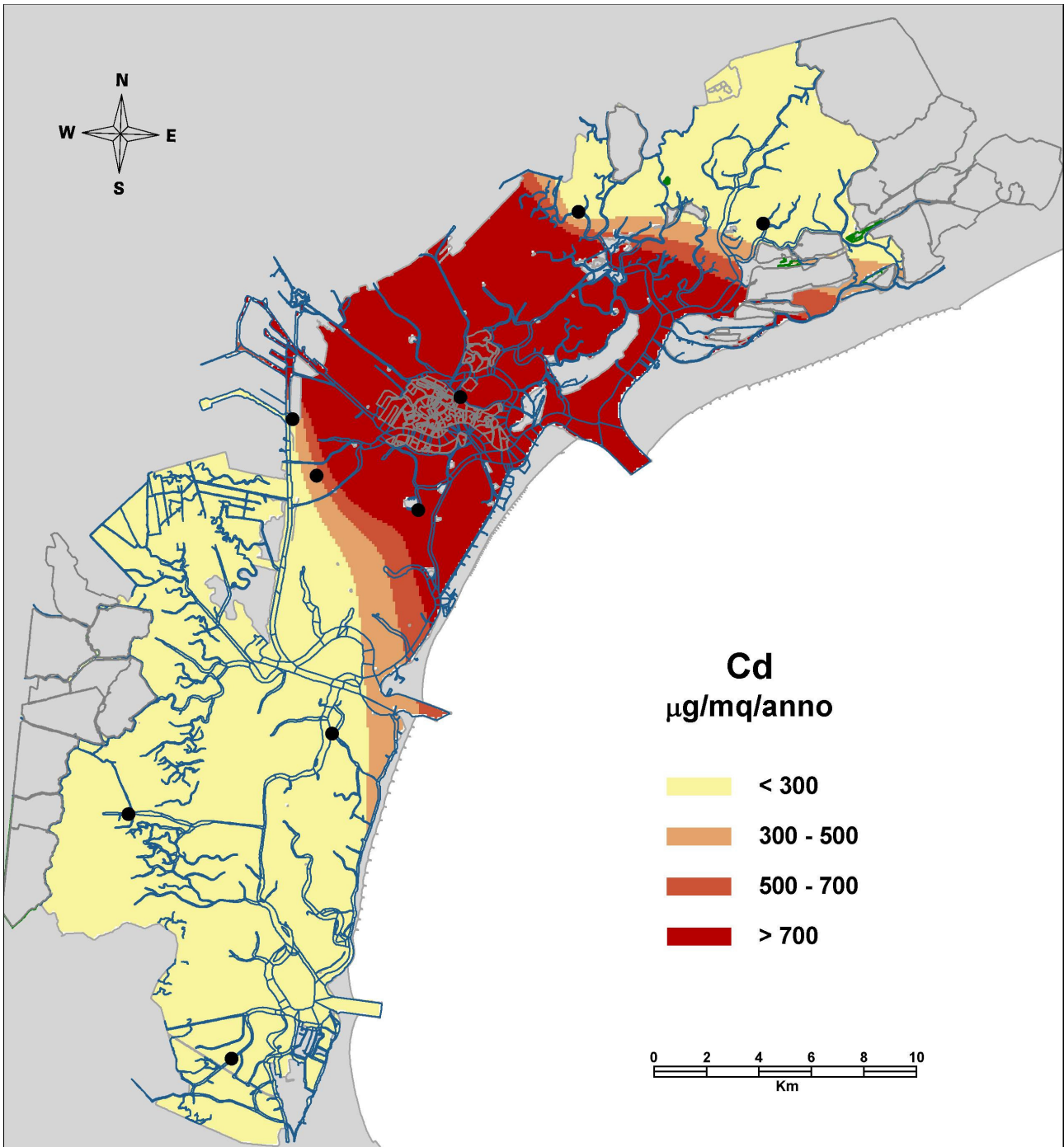
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

(verosimilmente l'isola di Murano), mentre le fonti di emissione del Ferro sono prevalentemente localizzate in terraferma (Porto Marghera).

L'esposizione delle diverse zone della laguna alle emissioni in atmosfera è naturalmente influenzata dalla direzione e dall'intensità del vento. In Figura 1 viene riportata la direzione dei venti dominanti nella laguna di Venezia nel 2008 (St. 22, torre Pompieri, Ente Zona Industriale Marghera). Come si può osservare, la direzione prevalente dei venti è da nord-nord-est; questo fatto, tra l'altro, limita l'effetto delle ricadute in laguna dall'area di Porto Marghera.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**



**Figura 16.** Mappa di distribuzione delle ricadute atmosferiche di Cadmio nella laguna di Venezia. Si evidenzia chiaramente che la fonte principale di emissione è localizzata nella zona della città insulare.





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

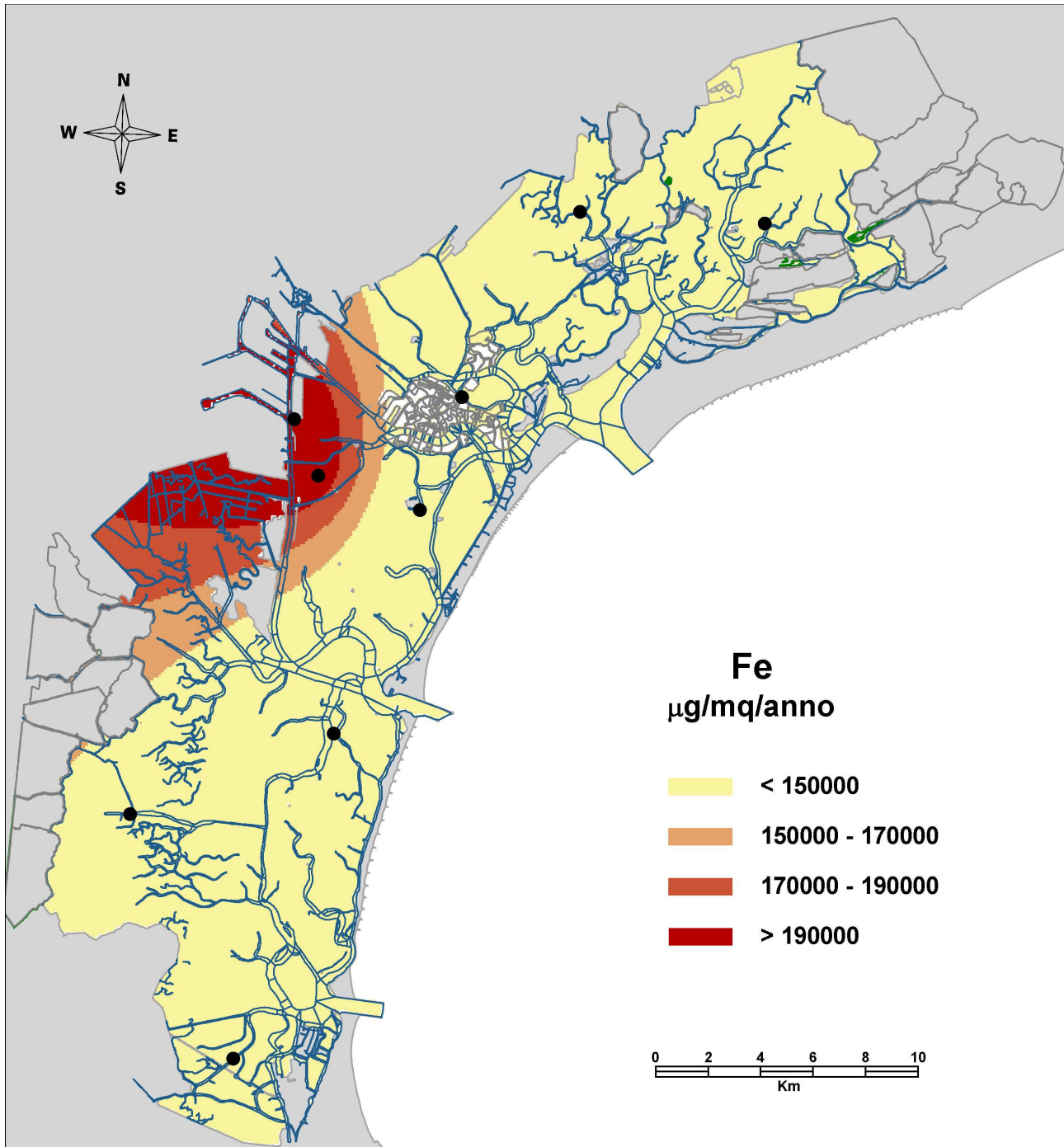


Figura 17. Mappa di distribuzione delle ricadute atmosferiche di Ferro nella laguna di Venezia. Si evidenzia chiaramente che la fonte principale di emissione è localizzata nella terraferma.



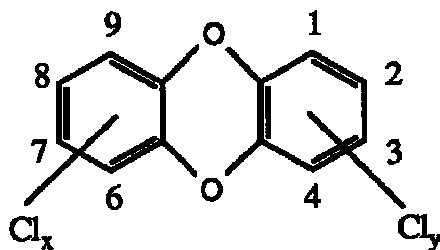
**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

## Deposizioni di microinquinanti organici nella laguna di Venezia

Il programma di monitoraggio delle deposizioni dei microinquinanti organici prevede l'analisi di 65 composti, raggruppati in quattro famiglie.

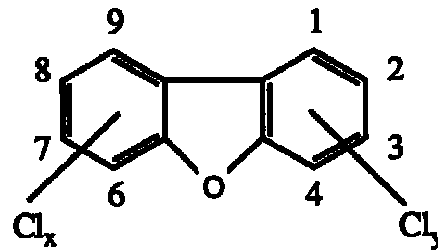
### Diossine e Furani (PCDD – PCDF)

La famiglia delle diossine è composta da 210 congeneri<sup>1</sup> diversi, divisi in due sottoclassi: le diossine propriamente dette (PCDD) e i furani (PCDF). La grande varietà di congeneri dipende dal fatto che sono possibili molteplici possibilità di sostituzione di atomi cloro sugli anelli delle diossine e dei furani. Tra tutti questi composti, solo 17 (7 diossine e 10 furani) hanno caratteristiche tossicologiche significative, che possono essere messe a confronto attraverso i TEF (Toxicity Equivalent Factors) in modo da esprimere con un solo numero (unità WHO-TE) il loro potenziale tossicologico complessivo (Van Den Berg e al., 1998).



**Policlorodibenzo-*p*-diossine**

**PCDD**



**Policlorodibenzofurani**

**PCDF**

Le diossine e i furani non sono prodotti di interesse industriale, ma si formano come sottoprodotti quando le sostanze organiche vengono a contatto con atomi di cloro a temperature elevate, ad esempio nei processi di combustione (sia naturali che industriali), in certi processi chimici che utilizzano il cloro, ecc.).

### Policlorobifenili (PCB)

I policlorobifenili (PCB) sono una famiglia di composti chimicamente molto stabili, largamente utilizzati in passato come fluidi diatermici, in cui gli atomi di idrogeno della molecola del bifenile

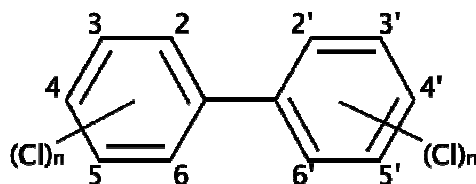
---

<sup>1</sup> Per **congenere** si intende una delle molte varianti o configurazioni in cui può presentarsi un composto chimico appartenente ad una certa famiglia.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

sono sostituiti, in tutto o in parte, da atomi di cloro. A seconda del grado di sostituzione degli atomi di cloro sugli anelli aromatici, sono possibili 209 congeneri diversi.



La persistenza nell'ambiente e la tossicità dei PCB dipendono non solo dal numero, ma anche dalla posizione degli atomi di cloro. Alcuni PCB, infatti, presentano strutture molecolari e proprietà tossicologiche simili a quelle delle diossine. Per questi 12 composti, che vengono identificati come PCB-DL (PCB "Dioxin-Like", in italiano PCB Diossina-Simili), sono stati fissati fattori di tossicità equivalente analoghi a quelli delle diossine e dei furani in modo da poterne valutare l'effetto tossico complessivo ( Van Den Berg e al., 1998).

## Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono un sottoprodotto della combustione incompleta di combustibili quali il carbone, il petrolio e le biomasse e di alcuni tipi di rifiuti. In ambito urbano il traffico veicolare e marittimo sono fonti importanti di questi composti. Esistono oltre cento diversi composti, costituiti da anelli aromatici condensati, caratterizzati da tossicità e proprietà molto diverse. Gli IPA con maggior numero di anelli condensati sono tossici e cancerogeni per l'uomo. Nel presente studio sono stati analizzati i seguenti 18 composti, la cui sommatoria è stata utilizzata per esprimere il dato relativo alla deposizione complessiva.

Naftaline	Fluorantene	Benzo(b)fluorantene
Acenaftilene	Pirene	Benzo(k)fluorantene
Acenaftene	Benzo(e)pirene	Benzo(a)pirene
Fluorene	Terilene	Indeno(1,2,3,cd)pirene
Fenantrene	Benzo(a)antracene	Dibenzo(a,h)antracene
Antracene	Crisene	Benzo(g,h,i)perilene

## Esaclorobenzene (HCB)

Il monitoraggio dell'esaclorobenzene (HCB) nella laguna di Venezia è importante perché questo composto, utilizzato nel passato come pesticida clorurato, è uno dei principali sottoprodotti dei processi di produzione degli idrocarburi clorurati ancora presenti a Porto Marghera; l'esaclorobenzene, inoltre, sembra essere uno dei principali responsabili di comportamenti "Dioxin-Like" nelle miscele chimiche (Van Birgelen, 1998, 1999).



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

Come per i contaminanti inorganici, i tassi annui di deposizione dei diversi microinquinanti organici sono stati calcolati come sommatoria dei flussi medi giornalieri stimati durante le diverse campagne sperimentali e sono espressi come quantità annua depositata per metro quadrato di superficie lagunare ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$ ), ad eccezione di PCDD-PCDF e PCB-DL in cui i flussi di deposizione sono stati espressi in termini di tossicità equivalente come  $\text{pg WHO-TE}/\text{m}^2/\text{anno}$ . La quantità dei diversi inquinanti depositata in ogni stazione nell'arco di ciascuna campagna è stata determinata sulla base delle concentrazioni presenti nei volumi di deposizione raccolti in ciascun deposimetro. Dividendo tale valore per il numero di giorni di esposizione di ogni campagna e tenendo conto della sezione di raccolta dei deposimetri è stato calcolato, per ciascun inquinante e stazione, il flusso medio giornaliero di deposizione per metro quadrato di superficie di ricaduta. Dalla media dei dati di ciascuna campagna si è potuto ricavare un flusso unitario medio giornaliero da cui si è calcolato il flusso unitario annuo in ogni stazione. In Tabella 4 sono riportati i valori dei tassi annui di deposizione così calcolati relativi al 2008 e al 2007.

**Tabella 4 – Confronto tra i tassi annui unitari di deposizione dei microinquinanti organici (PCDD-PCDF, PCB, IPA, HCB) nelle stazioni della rete SAMANET nel 2008 e nel 2007**

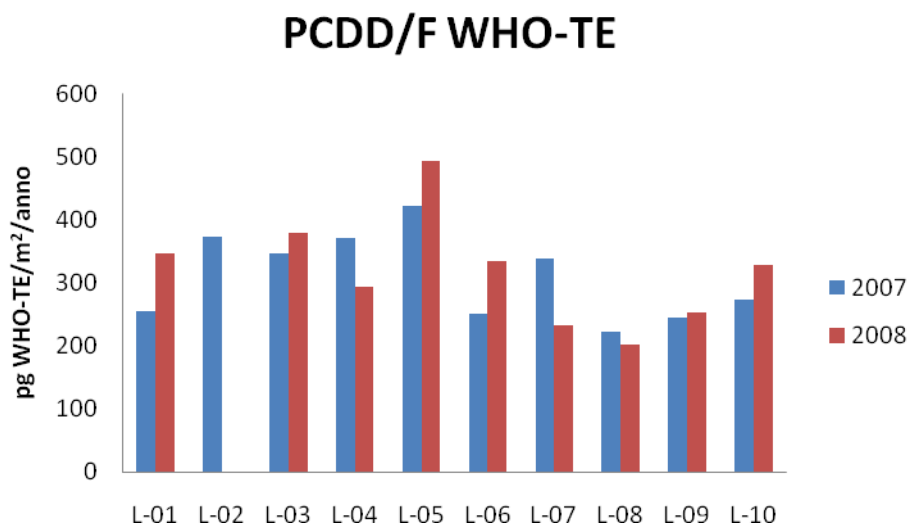
Parametro	Tasso di deposizione	ANNO	STAZIONE									
			L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
PCDD/PCDF	pg WHO-TE/ $\text{m}^2/\text{anno}$	2008	348	n.c.	380	293	494	334	233	201	252	329
		2007	255	373	241	371	422	252	340	223	245	273
PCB-DL	Pg WHO-TE/ $\text{m}^2/\text{anno}$	2008	51	n.c.	11	14	95	31	4	8	27	16
		2007	67	48	2	19	85	7	18	3	3	36
ALTRI PCB	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$	2008	0.08	n.c.	0.06	0.05	1.04	0.78	0.17	0.36	0.52	3.56
		2007	0.94	0.35	0.11	0.26	2.55	0.47	0.37	0.17	0.23	0.29
IPA	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$	2008	167.8	n.c.	117.4	132.1	362.7	163.7	103.9	101.6	87.8	77.4
		2007	204.2	148.2	59.8	129.8	250.5	185.6	101.6	72.4	108.3	111.9
HCB	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$	2008	0.122	n.c.	0.041	0.041	0.076	0.044	0.026	0.053	0.043	0.008
		2007	0.053	0.086	0.042	0.097	0.248	0.068	0.123	0.033	0.078	0.044

n.c. non calcolabile



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

Per quanto riguarda PCDD-PCDF, i flussi di deposizione più elevati, in termini di tossicità equivalente, sono stati registrati nelle stazioni L5 di Tresse, L3 di San Pietro in Volta e L1 di Fusina (Fig. 18). Le altre stazioni presentano tassi di ricaduta inferiori, ma sempre dello stesso ordine di grandezza, a conferma della presenza di molteplici fonti di emissione che interessano la laguna e dell'ubiquitarità di questo contaminante.



**Figura 18. Tassi annui di deposizione di PCDD-PCDF nelle diverse stazioni della rete SAMANET**

La distribuzione e l'abbondanza relativa dei diversi congeneri di diossine e furani sono fortemente indicative del processo di origine. Ad esempio, le miscele di PCDD e PCDF prodotte nei generici processi di combustione del legno o di altre biomasse, presentano una netta prevalenza di OCDD (OctaCloroDibenzoDiossina) rispetto agli altri congeneri, mentre nel caso di processi industriali in cui è coinvolto il cloro, il congenere relativamente più abbondante è l'OCDF (OctaCloroDibenzoFurano).

L'analisi delle distribuzioni relative dei diversi congeneri indica che la stazione L5 di Tresse (Fig. 19) e, limitatamente alle due campagne disponibili, la stazione L2 di Campalto (Fig. 20) presentano abbondanze relative di OCDD e OCDF simili, come già rilevato nel 2007. Queste stazioni sembrano quindi risentire circa in ugual misura del contributo derivante dai processi di produzione degli idrocarburi clorurati dell'area industriale di Porto Marghera e di altri contributi aspecifici da fonti diffuse. Questa impronta è stata definita in letteratura come impronta "Venezia", in quanto l'area della laguna centrale che circonda la città è caratterizzata da questo tipo di distribuzione, non solo per le deposizioni, ma anche per quanto riguarda le altre matrici ambientali (acque e sedimenti)



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

(Ferrari, Tromellini, 2007). E' importante sottolineare, in tutti i casi, l'assenza della TCDD (TetraCloroDibenzoDiossina), il congenere più tossico.

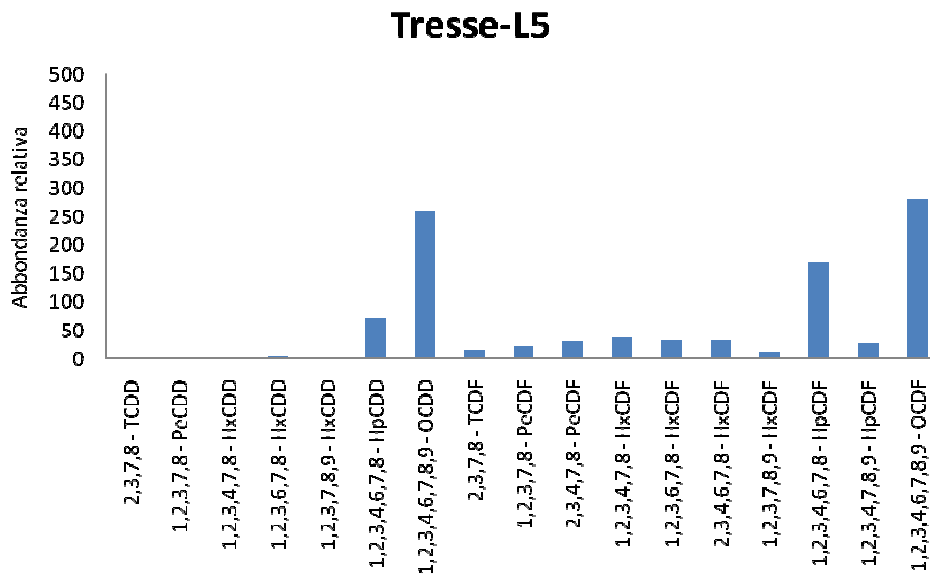


Figura 19. Distribuzione (impronta) dei 17 congeneri di PCDD e PCDF nella stazione L5 di Tresse.

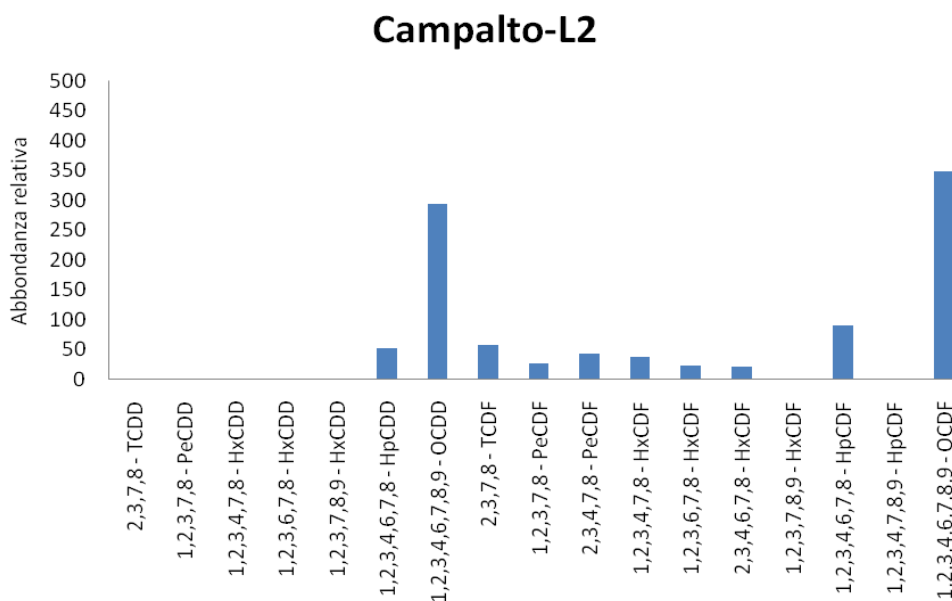


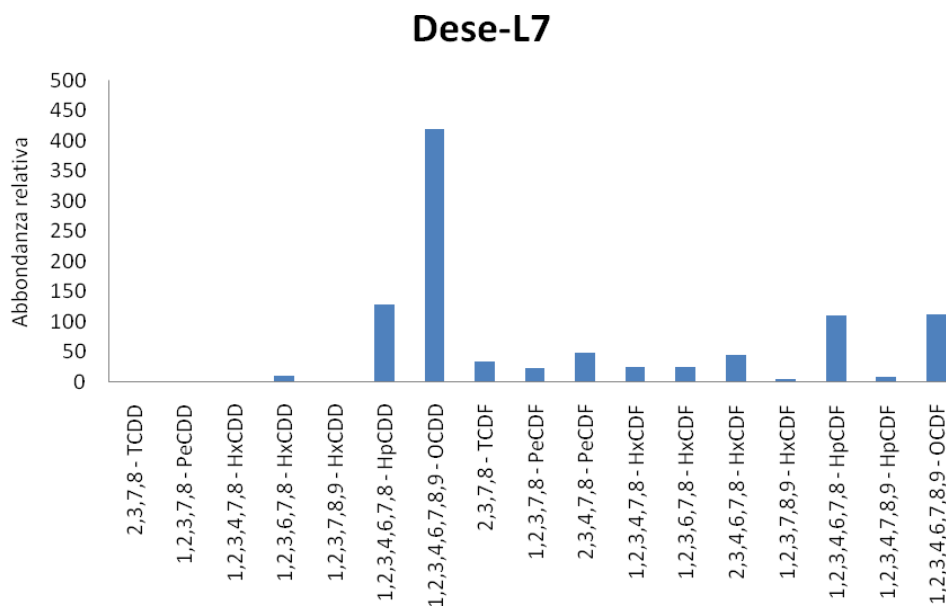
Figura 20. Distribuzione (impronta) dei 17 congeneri di PCDD e PCDF nella stazione L2 di Campalto.





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

In tutte le altre stazioni l'OCDD prevale rispetto all'OCDF, con impronte tipiche dei processi di combustione aspecifici. A titolo di esempio, in Fig. 21 viene mostrata la distribuzione dei congeneri della stazione L7 di Dese.

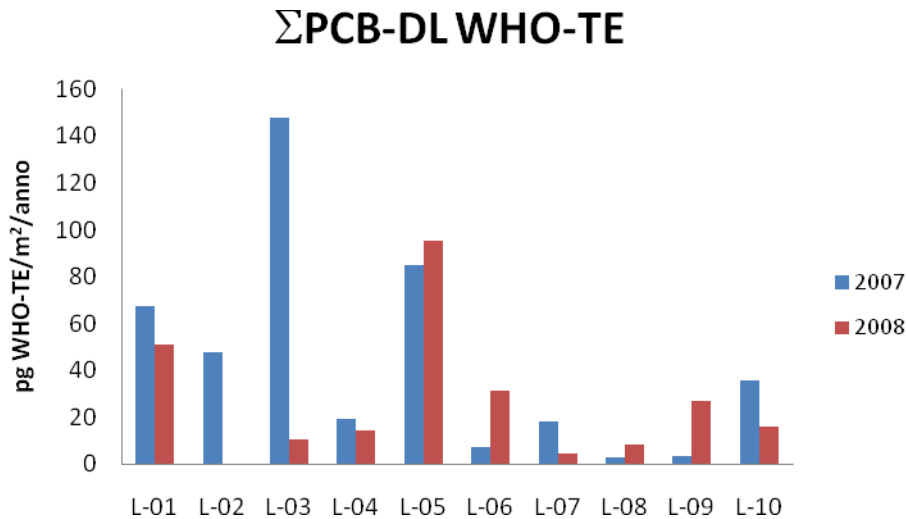


**Figura 21. Distribuzione (impronta) dei 17 congeneri di PCDD e PCDF nella stazione L7 di Dese.**

Per quanto riguarda i PCB-DL, i valori di deposizione più elevati, in termini di tossicità equivalente, sono stati rilevati nelle stazioni L5 e L1 prossime alla zona industriale (Fig.22).

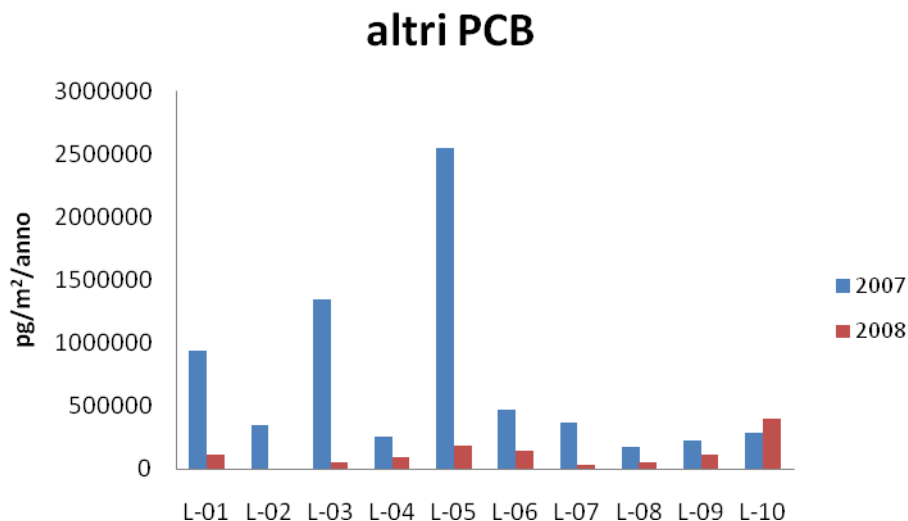


**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**



**Figura 22. Tassi annui di deposizione di PCB-DL nelle diverse stazioni della rete SAMANET**

Per gli altri PCB (non Diossina-Simili), va evidenziata una drastica riduzione dei tassi di ricaduta rispetto al 2007, ad eccezione della stazione L10 di Chioggia che presenta un modesto incremento (Fig.23).



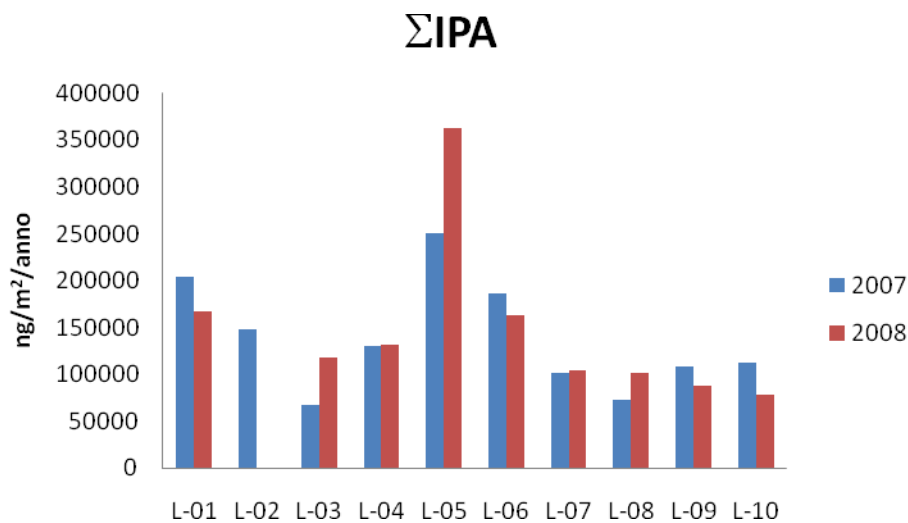
**Figura 23. Tassi annui di deposizione di PCB non Diossina-Simili nelle diverse stazioni della rete SAMANET**

Le deposizioni degli IPA più elevate sono state rilevate nelle stazioni L5 e L1 dislocate in prossimità dell'area industriale. Le stazioni L4, L6 e L3 mostrano tassi di deposizioni intermedi (Fig.24). Per le



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

prime due stazioni data la loro disposizione spaziale si può ipotizzare che siano influenzate dall' impatto antropico dovuto alla città di Venezia, mentre per L3 che sia interessata dal traffico marittimo lungo il canale Malamocco-Marghera.

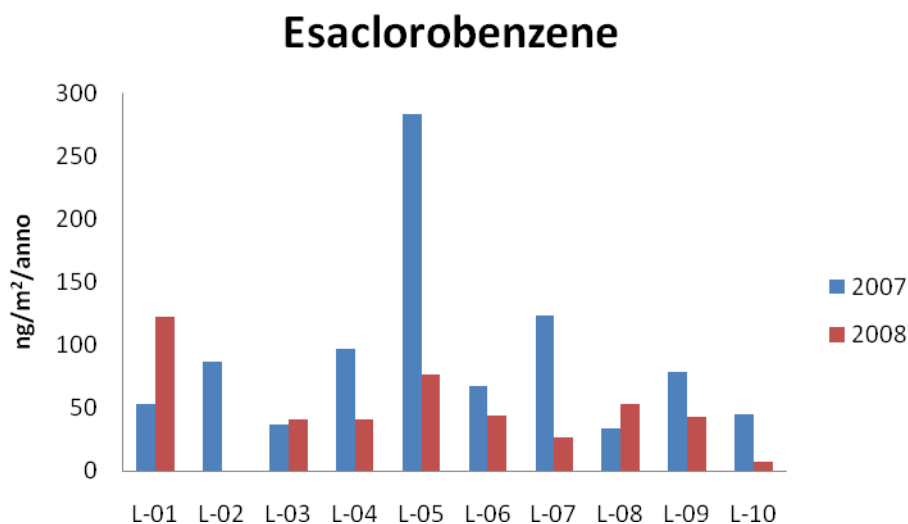


**Figura 24. Tassi annui di deposizione degli idrocarburi policiclici aromatici nelle diverse stazioni della rete SAMANET**

Per quanto riguarda l'esaclorobenzene, va segnalata una generale diminuzione dei tassi di ricaduta in laguna rispetto l'anno precedente e a quanto rilevato da altri autori (Rossini et al., 2005b). In ogni caso, i flussi più elevati sono sempre stati registrati nelle stazioni L1 (Fusina) e L5 (Tresse), a ridosso dell' area industriale (Fig. 25).



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**



**Figura 25. Tassi annui di deposizione dell'Esaclorobenzene nelle diverse stazioni della rete SAMANET**

### Stima dei carichi complessivi dei microinquinanti organici in laguna

Nella seguente tabella vengono riportate le stime delle deposizioni dei microinquinanti organici sullo specchio lagunare negli anni 2008 e 2007. Anche questi valori, così come per gli inquinanti inorganici, sono stati calcolati sulla base dei flussi unitari nelle diverse stazioni, con l'ausilio di programmi di elaborazione grafica in grado di fornire mappe di iso-deposizione sull'intero specchio lagunare.

**Tabella 4. Stima dei carichi complessivi dei microinquinanti organici in laguna negli anni 2008 e 2007**

PARAMETRO	CARICO COMPLESSIVO 2008 (T/ANNO)	CARICO COMPLESSIVO 2007 (T/ANNO)
PCDD-PCDF	$0.151 \cdot 10^{-6}$	$0.155 \cdot 10^{-6}$
PCB-DL	$0.012 \cdot 10^{-6}$	$0.012 \cdot 10^{-6}$
ALTRI PCB	0.000174	0.000243
IPA	0.0647	0.0676
HCB	0.000024	0.000043

Come si può osservare dal confronto tra i carichi nei diversi anni, le ricadute dei microinquinanti organici sono sostanzialmente stabili nei due anni.



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

Nelle seguenti Figg. 26 e 27 vengono mostrate le mappe di distribuzione delle ricadute atmosferiche per PPCB-DL e IPA. Come si può notare, l'elaborazione grafica conferma che per entrambe queste classi di contaminanti le principali fonti di emissione sono ubicate nell'area della terraferma (Porto Marghera).

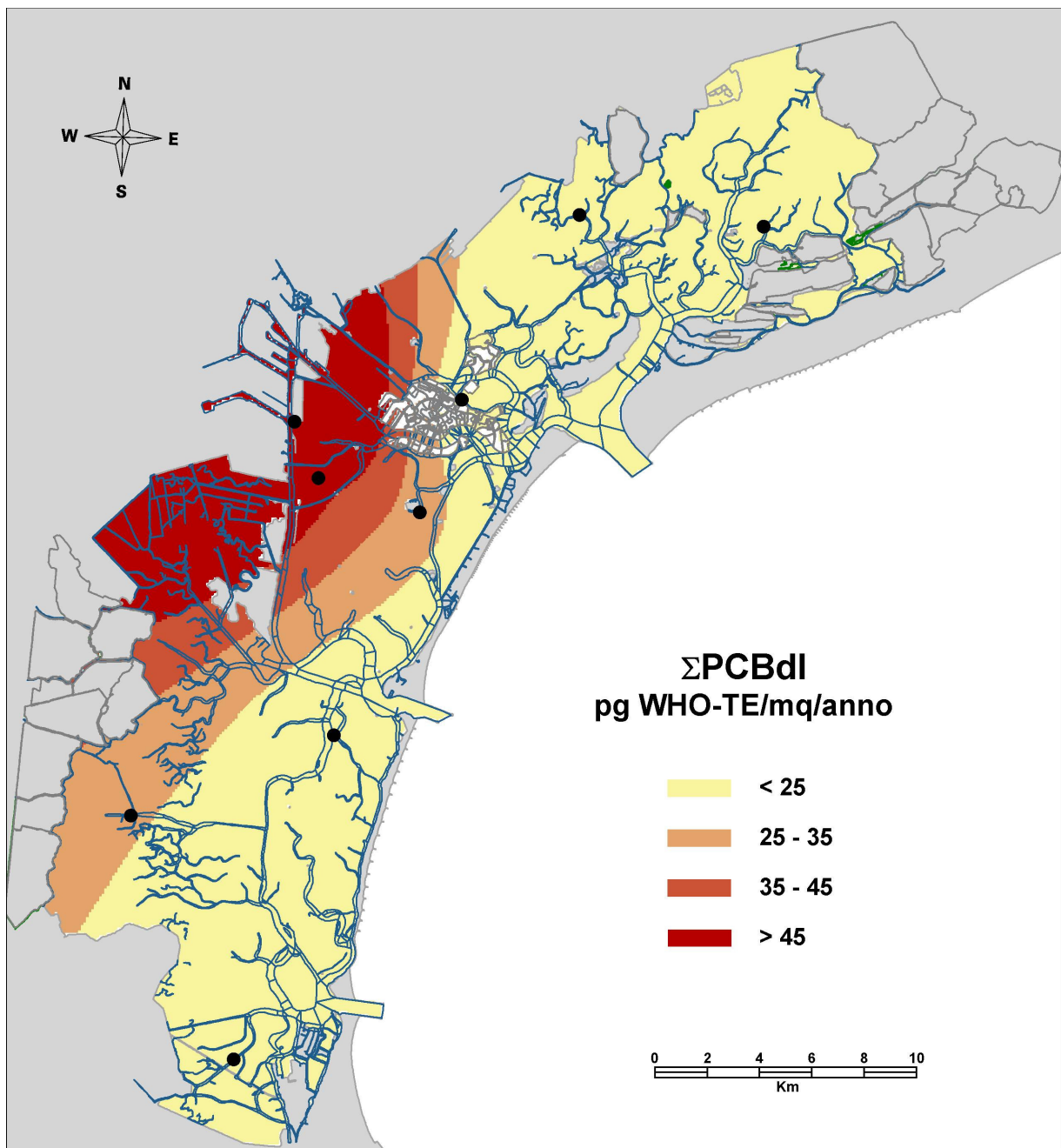
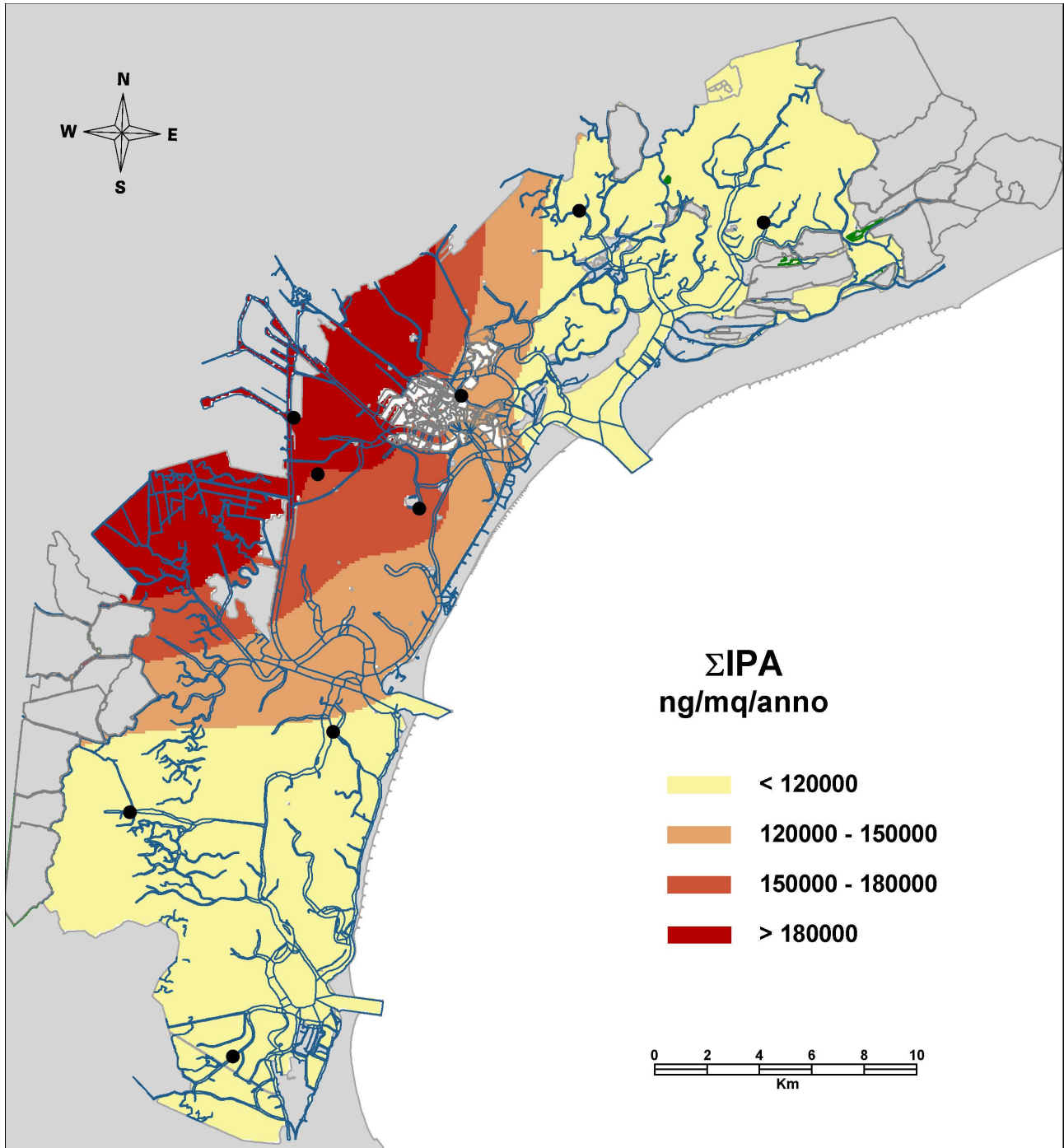


Figura 26. Mappa di distribuzione delle ricadute atmosferiche di PCB-DL nella laguna di Venezia. Si evidenzia chiaramente che la fonte principale di emissione è localizzata nella zona della città insulare



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**



**Figura 27.** Mappa di distribuzione delle ricadute atmosferiche di IPA nella laguna di Venezia. Si evidenzia chiaramente che la fonte principale di emissione è localizzata nella terraferma



**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

## Considerazioni conclusive

I carichi stimati delle deposizioni nella laguna di Venezia nel 2008 confermano, nella sostanza, quanto già emerso nel corso del 2007. In particolare, tra i contaminanti inorganici, il Ferro risulta il metallo di gran lunga più abbondante, con un carico stimato di ricaduta di circa 59 T/anno sull'intera laguna. Livelli di ricaduta nettamente inferiori riguardano lo Zinco (5 T/anno), il Manganese (4 T/anno), il Piombo (4 T/anno) e il Rame (3 T/anno). Ricadute inferiori ad 1 Tonnellata per anno riguardano Vanadio, Nichel, Cadmio, Antimonio e Cromo. Infine, le deposizioni di Arsenico e Mercurio sono abbondantemente al di sotto dei 100 kg/anno.

Le deposizioni dei contaminanti inorganici hanno un andamento sito-specifico, infatti le ricadute di Manganese, Vanadio, Cromo, Nichel e Ferro sono più abbondanti nelle zone prossime all'area industriale di Porto Marghera, mentre nell'ambito urbano insulare altre fonti di emissione caratterizzano le ricadute di Arsenico, Cadmio, Rame e Antimonio. Si ritiene che questi ultimi contributi possano derivare prevalentemente dalle emissioni delle aziende di produzione del vetro artistico concentrate nell'isola di Murano, dove sostanze a base di questi elementi vengono comunemente utilizzate come coloranti e affinati.

Per quanto riguarda i microinquinanti organici, i carichi complessivi di PCDD-PCDF stimati nel 2008 restano sostanzialmente invariati rispetto all'anno precedente, a conferma della natura ubiquitaria di questo inquinante, la cui presenza nelle deposizioni in laguna sembra derivare da fonti non localizzate esclusivamente nell'area industriale di Porto Marghera. Rispetto al 2007, si è registrata una consistente diminuzione dei PCB (non Diossina-simili) e dell'Esaclorobenzene, a conferma della generalizzata riduzione dei livelli di emissione dei POP's nell'area di Porto Marghera (ARPAV, 2005) e al mancato verificarsi, nel corso del 2008, di picchi di ricadute anomale di PCB e HCB, quali quelle derivanti da emissioni incontrollate avvenute nel corso dell'incidente all'impianto cracking del 3 luglio 2007 (SAMA, 2008).

Va inoltre segnalato come la laguna di Venezia sia un ambiente altamente antropizzato e, in quanto tale, esposto a molteplici fonti emissione che producono flussi di deposizione sensibilmente maggiori rispetto ad altre zone più isolate, che non risentono di tali pressioni ambientali.

Infine, il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche della rete SAMANET, oltre a fornire indicazioni ambientali riguardo al carico delle ricadute atmosferiche dei diversi inquinanti che contribuiscono all'inquinamento delle acque della laguna di Venezia, può rappresentare un utile strumento per l'individuazione delle fonti di emissione più significative.





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**  
*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado*  
*e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*  
**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

## Bibliografia

1. Ferrari G., Tromellini E. (2007), "Un mare curabile – conoscere I veleni della laguna di Venezia per risanare e prevenire", Venezia, Marsilio Editore pp.131.
2. Horstmann M., McLahlan (1997). "Sampling bulk deposition of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxin and Dibenzofurans", *Atmospheric Environment*, 31, (18), 2977-2982.
3. Mosello R., Marchetto A. and Tartari G.A. (1988), "Bulk and wet atmospheric deposition chemistry at Pallanza (N. Italy)", *Water, Air and Soil Pollut.* 42: 137-151.
4. Provincia Autonoma di Bolzano, Ripartizione Agenzia Provinciale per l'Ambiente, "Monitoraggio delle Deposizioni Atmosferiche", 2005, [www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente](http://www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente)
5. Rossini P<sup>(a)</sup>., Guerzoni S., Molinaroli E., Rampazzo G., De Lazzari A., Zancanaro A. (2005), "Atmospheric bulk deposition to the lagoon of Venice Part I. Fluxes of metals, nutrients and organic contaminants", *Environmental International* 31 (2005) 959-974.
6. Rossini P<sup>(b)</sup>., Guerzoni S., Matteucci G., Gattolin M., Ferrari G., Raccanelli S., "Atmospheric fall-out of POPs (PCDD-Fs, PCBs, HCB, PAHs) around the industrial district of Porto Marghera, Italy", *Science of the Total Environment* 349 (2005) 190-200.
7. Rossini P., Matteucci G., Guerzoni S., "Atmospheric fall-out of metals around Murano glass-making district (Venice, Italy)", *Environmental Science Pollution Research* (2009). DOI 10.1007/S11356-009-0122-8.
8. SAMA – Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque, (2008), "Il monitoraggio SAMANET delle deposizioni atmosferiche nella laguna di Venezia, anno 2007", [www.magisacque.it](http://www.magisacque.it).
9. Van Birgelen APJM, "Hexachlorobenzene as a possible major contributor to the dioxin activity of human milk", *Environ Health Perspect* 1998; 106-683-8.
10. Van Birgelen APJM, "Hexachlorobenzene is also a dioxin-like compound: possible impact on the TEQ", *Organohalogen Compd* 1999; 44:509-12.





**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

*Ispettorato Generale per la laguna di Venezia, Marano e Grado  
e per l'attuazione della legge per la Salvaguardia di Venezia*

**SEZIONE ANTINQUINAMENTO**

11. Van Den Berg M, Birnbaun LS, Bosveld BTC, Brunstrom B, Cook M, Feeley M, et al., "*Toxic equivalency factor (TEFs) for PCBs PCDDs for humans and wildlife*", *Environ Health Perspect* 1998; 106-775-9.