



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

IL MONITORAGGIO SAMANET DELLE DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE NELLA LAGUNA DI VENEZIA



ANNO 2017

Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento – San Polo 737 -30125- Venezia –Tel. 041794370/041794443- Fax 041794387- <http://magisacque.it>





MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Il Dirigente dell'Ufficio UTA

Francesco Sorrentino

Responsabile del progetto per UTA

Moreno Dalla Palma

Responsabile scientifico

*Andrea Berton**

Coordinamento

*Claudio Carrer**

Servizio Qualità per UTA

Mauro Grassi

Servizio Qualità

*Michela Carlon**

Supervisore per UTA

Vittorio Roccabella

Collaboratori

Fabio Aidone, Christian Badetti*, Massimo Berti*, Sebastiano Bertini*, Gigliola Bruno*, Maria Costantino*, Luca Favaretto*, Loretta Gallochio* e Alessandro Gurato*.*

**personale Thetis SpA in forza presso l'UfficioTecnico per l' Antinquinamento della Laguna di Venezia*

Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento – San Polo 737 -30125- Venezia –Tel. 041794370/041794443- Fax 041794387- <http://magisacque.it>





MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Sommario

Introduzione	4
La rete di monitoraggio SAMANET	4
Attività di campionamento e misura	5
Analisi dati meteorologici	7
Deposizioni di inquinanti inorganici nella laguna di Venezia	8
Andamenti temporali delle deposizioni di microinquinanti inorganici	22
Deposizioni di microinquinanti organici persistenti in laguna di Venezia	26
Diossine e Furani (PCDD – PCDF)	28
Policlorobifenili (PCB)	30
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	33
Esaclorobenzene (HCB)	35
Polibromodifeniletere (PBDE)	37
Andamenti temporali delle deposizioni di microinquinanti organici	39
Considerazioni conclusive	39
Bibliografia	40



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Introduzione

Nel bilancio totale dei carichi di microinquinanti in laguna di Venezia le deposizioni atmosferiche sono un contributo importante (Bettiol et al. 2005; Di Domenico et al. 1997; Guerzoni et al. 2005; Rossini et al. 2005^(a,b); Wenning et al. 2000, Marcomini et al. 1999). Questo rapporto riporta i risultati del programma di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche rete SAMANET del 2017.

La rete di monitoraggio SAMANET

La rete di monitoraggio Samanet è costituita da dieci stazioni (fig.1). Per maggiori dettagli sulla rete SAMANET si rimanda alle relazioni precedenti. A giugno è stata ripristinata la stazione L9 di valle mille campi che aveva subito ingenti danni durante il fortunale che aveva interessato l'area il 5-6 febbraio 2015.



Figura 1. Dislocazione delle stazioni della rete SAMANET di monitoraggio deposizioni atmosferiche in laguna di Venezia.



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Attività di campionamento e misura

Il programma di monitoraggio prevede l'esecuzione di 6 cicli di misura, le cui date sono riportate in tabella 1.

Tabella 1- Campagne di misura nel 2017

	INIZIO	FINE	GIORNI DI ESPOSIZIONE
1	9 febbraio	14 aprile	64
2	14 aprile	20 giugno	51
3	20 giugno	10 agosto	51
4	10 agosto	3 ottobre	54
5	3 ottobre	5 dicembre	63
6	n.d.	n.d.	n.d.

A causa di problemi burocratici relativi all'avvio delle attività del laboratorio per il 2018, non è stato possibile effettuare il campionamento nei tempi previsti ed il sesto ciclo di misura è stato annullato.

Il continuo incremento dell'avifauna residente in laguna (www.fuanistiveneti.it), aumenta in maniera considerevole le probabilità di contaminazione accidentale da guano nei campioni raccolti. Ciò ha forti ripercussioni sull'elaborazione dei dati analitici e sull'attendibilità della rappresentazione dei dati stessi. Nel 2017 sono stati ritenuti non idonei per le determinazioni analitiche 35 campioni, 14 per i metalli e 21 per la frazione organica (tab.2), rispettivamente il 25% ed il 55% del totale di campioni raccolti. Il problema è particolarmente grave in alcune stazioni ad esempio le stazioni L2, L8 ed L9 tutti i campioni raccolti per l'analisi della frazione organica non sono stati processati per contaminazione da guano. Per ovviare il problema si è cercato di attivare



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

sistemi di dissuasione passivi ma sempre con risultati poco soddisfacenti in quanto l'efficacia tende a scemare nel tempo dato che negli animali si innescano fenomeni di assuefazione

Tabella 2- Lista campioni raccolti durante le campagne di misura del 2017.

CAMPAGNA		1	2	3	4	5	6	tot
L1	metalli	√	X	√	√	√	nd	4/5
	organici	X	X	X	√	nd	nd	1/4
L2	metalli	√	X	X	X	√	nd	2/5
	organici	X	X	X	X	nd	nd	0/4
L3	metalli	√	X	X	√	√	nd	3/5
	organici	√	X	X	X	nd	nd	1/4
L4	metalli	√	√	√	√	√	nd	5/5
	organici	√	√	√	√	nd	nd	4/4
L5	metalli	√	X	X	X	√	nd	2/5
	organici	X	X	X	√	nd	nd	1/4
L6	metalli	√	√	√	√	√	nd	5/5
	organici	X	X	√	√	nd	nd	2/4
L7	metalli	√	√	√	√	√	nd	5/5
	organici	√	√	X	X	nd	nd	2/4
L8	metalli	√	X	X	X	√	nd	2/5
	organici	X	X	X	X	nd	nd	0/4
L9	metalli	nd	nd	X	X	√	nd	1/3
	organici	nd	nd	X	X	nd	nd	0/2
L10	metalli	√	√	√	√	√	nd	5/5
	organici	√	√	√	√	nd	nd	4/4

√ campione processato, X campione ritenuto non idoneo per le analisi chimiche. L'ultima colonna è il totale dei campioni idonei al processo analitico sul numero di cicli effettuati.



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Analisi dati meteorologici

In laguna i venti provengono principalmente dal quadrante nord-orientale e secondariamente da quello sud-orientale (fig.2), in accordo con le condizioni tipiche dell'area (Carrera *et al*, 1995).

La rosa dei venti è stata ottenuta utilizzando i dati della stazione di San Giorgio dell'Istituto di Previsione e Segnalazione Maree del Comune di Venezia. La centralina meteo è stata recentemente installata sulla torretta ex radar del centro sportivo di eccellenza della compagnia della vela nell'isola di San Giorgio. L'anemometro è posizionato ad un'altezza di 14 metri sul livello del medio mare.

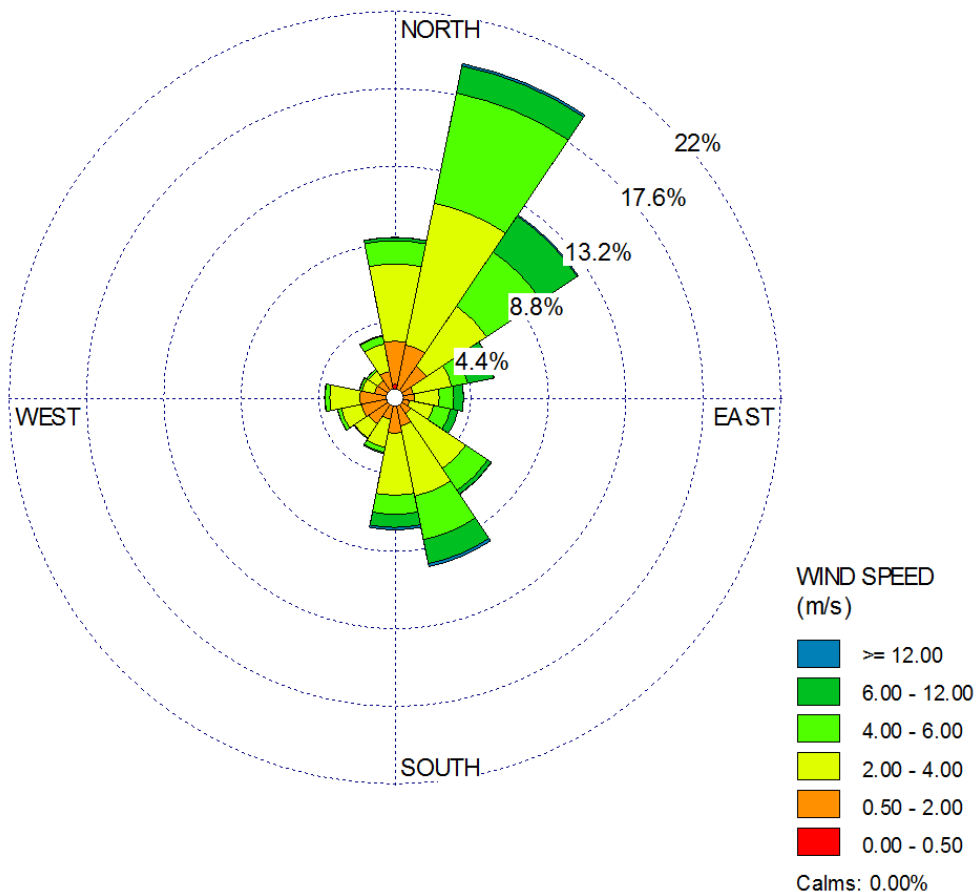


Figura 2. Rosa dei venti dominanti in laguna di Venezia nel 2017, stazione di San Giorgio dell'ICPSM di Venezia.



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Deposizioni di inquinanti inorganici nella laguna di Venezia

In questo rapporto, come per i precedenti, per le elaborazioni dei dati, è stata adottata la linea guida suggerita da ISPRA. Ovvero tutte le determinazioni al di sotto del limite di detezione del metodo sono state poste pari al limite stesso. Il flusso di deposizione giornaliero medio ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$) è la media dei flussi rilevati nelle singole campagne di misura. Nelle figure seguenti (figg. 3-11) sono riportati il valore medio dei flussi stimati nel periodo 2007-16 (barra azzurra) con deviazione standard (linea bianca) ed il flusso medio stimato nel 2017 (barra rossa) per ogni singola stazione. Questi valori sono riportati anche in forma tabellare (tab. 3). Per alcune stazioni il confronto con gli anni precedenti è poco rappresentativo, causa la scarsa numerosità dei dati raccolti.

Il programma di monitoraggio prevede l'analisi di 12 elementi: Arsenico Mercurio, Cadmio, Antimonio, Piombo, Nichel, Manganese, Vanadio, Cromo, Rame, Ferro, Zinco.

Solo la stazione di Fusina L1 mostra flusso medio di arsenico (fig.3), superiore alla media e deviazione standard degli anni precedenti. Per cadmio (fig.4), piombo (fig.5), antimonio (fig.6), vanadio (fig.8), nichel (fig.10), cromo (fig.11), manganese (fig.12) risultano, in tutte le stazioni, sempre inferiori al valore medio e deviazione standard degli anni precedenti. Per il ferro (fig.9) e rame (fig.13) solo la stazione di Fusina (L1) ha flussi maggiori alla media e deviazione standard degli anni precedenti. Per il mercurio (fig.7) le stazioni di Fondamente nove L4 e Val di Brenta L10 hanno flussi di deposizione medi superiori alla media del periodo 2007-16. Fa eccezione lo zinco (fig.14) dove tutte le stazioni tranne L1 e L10 hanno flussi medi superiori alla media del 2007-16.



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

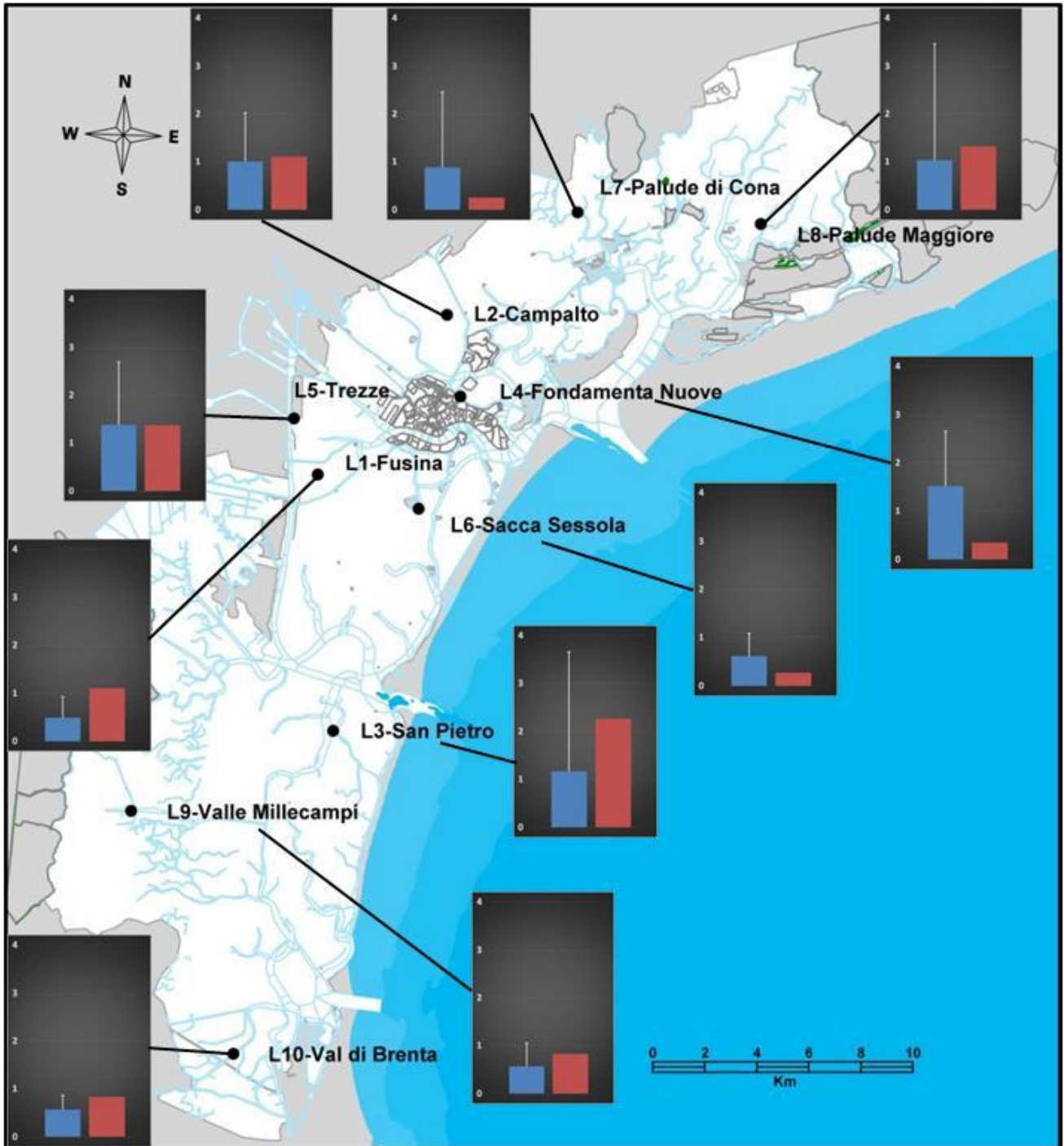


Figura 3. Tassi medi giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione di Arsenico nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna rossa media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

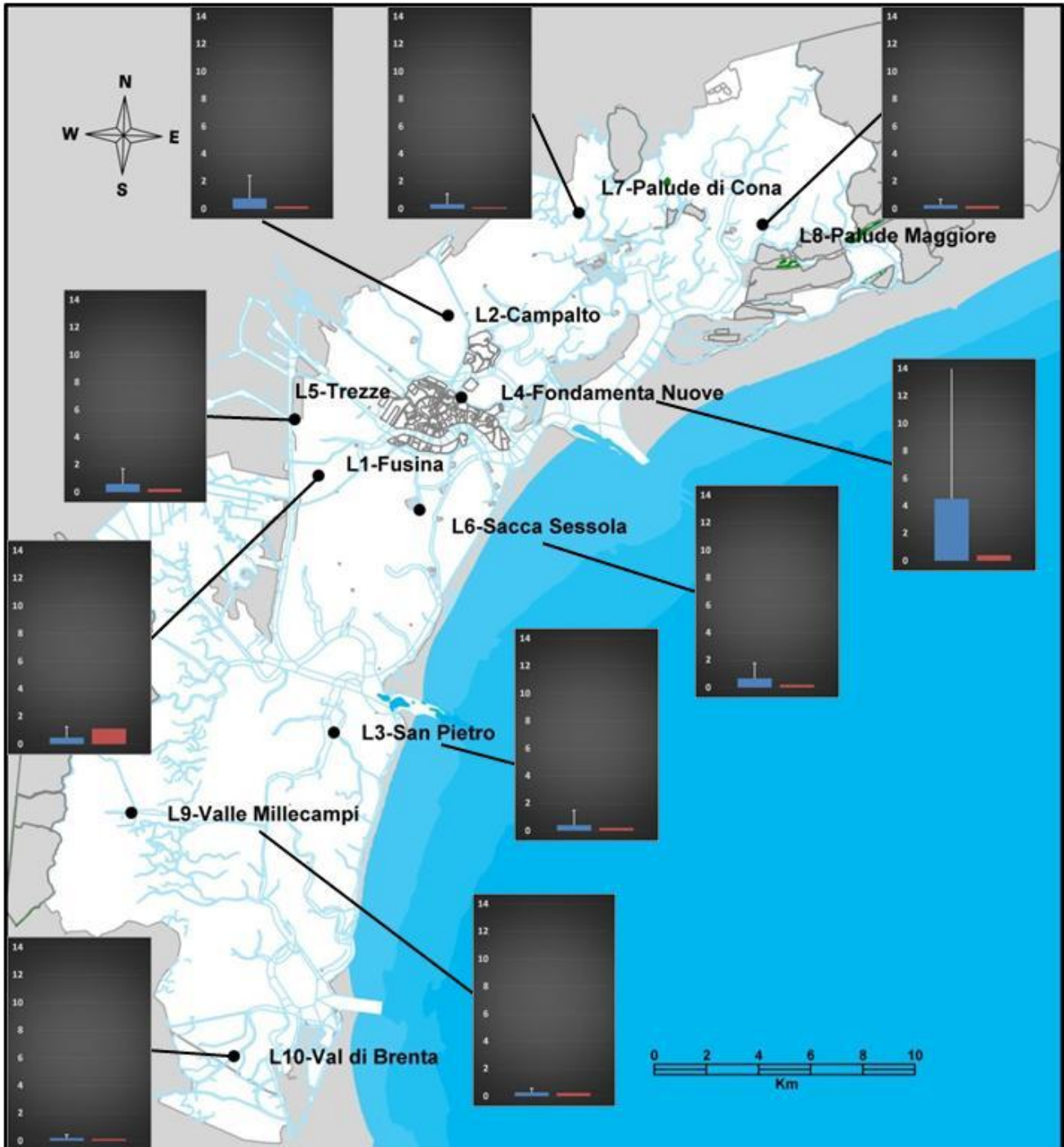


Figura 4. Tassi medi giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione di Cadmio nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna rossa media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

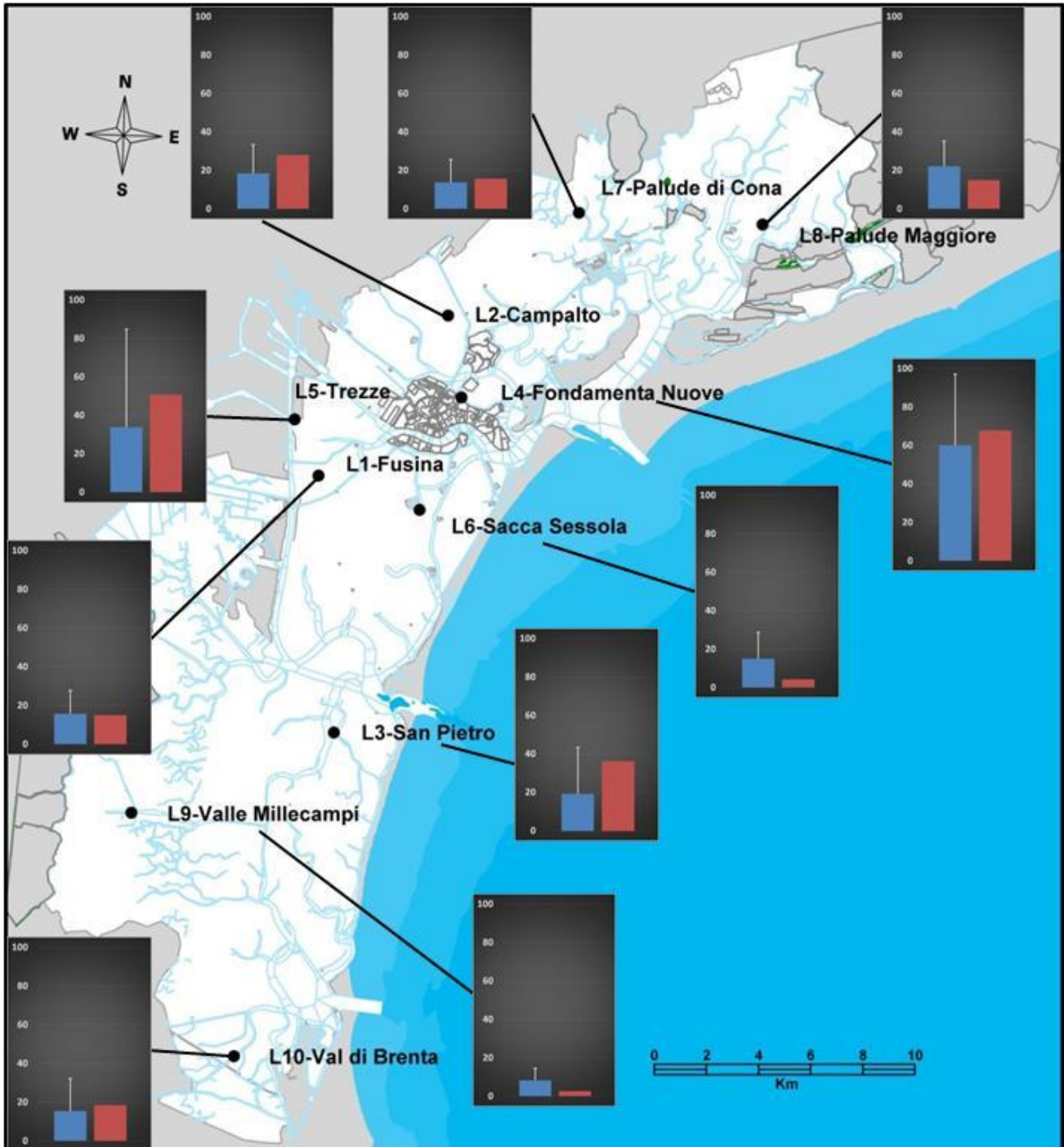


Figura 5. Tassi medi giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione di Piombo nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna rossa media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

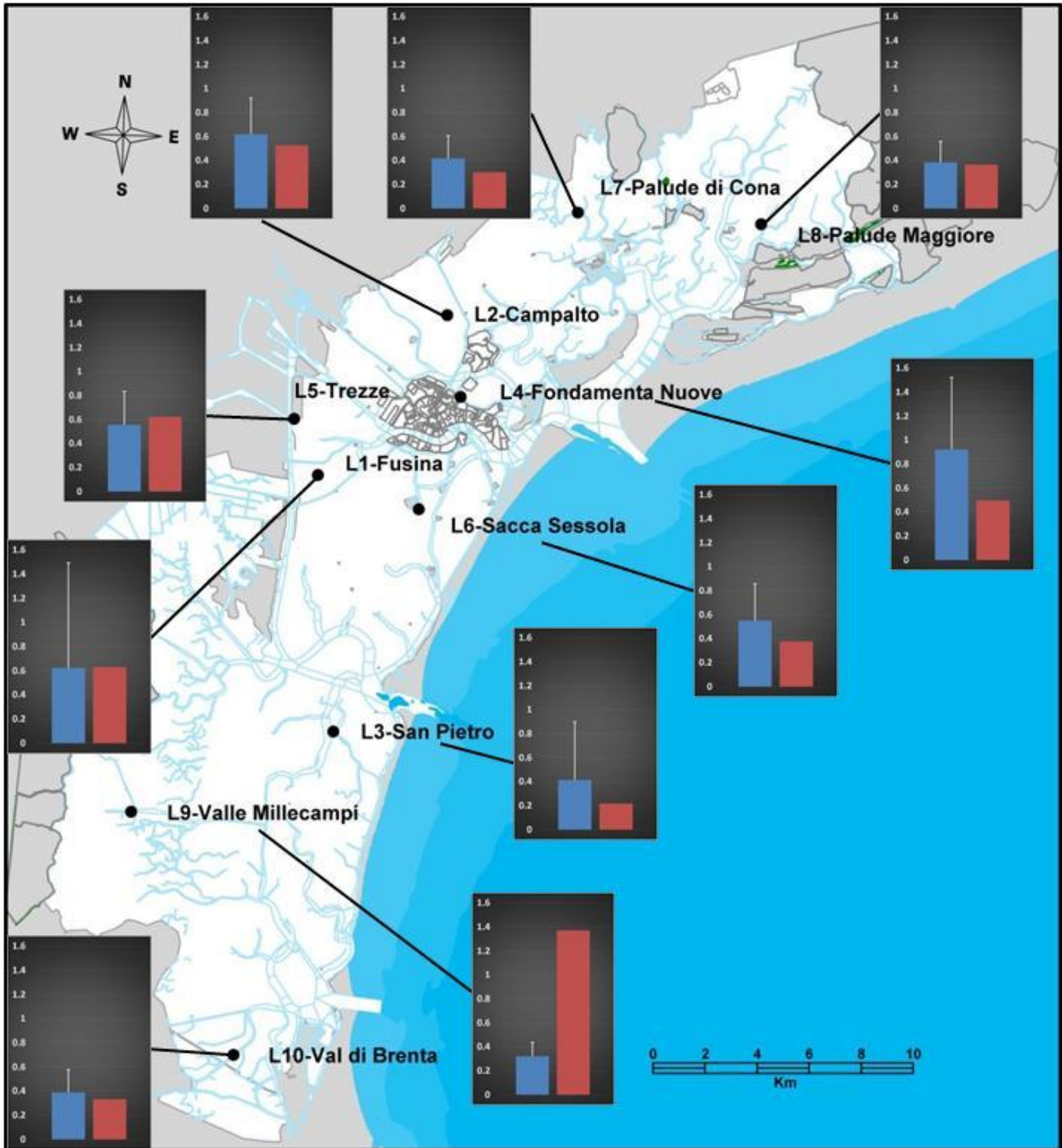


Figura 6. Tassi medi giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione di Antimonio nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna rossa media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

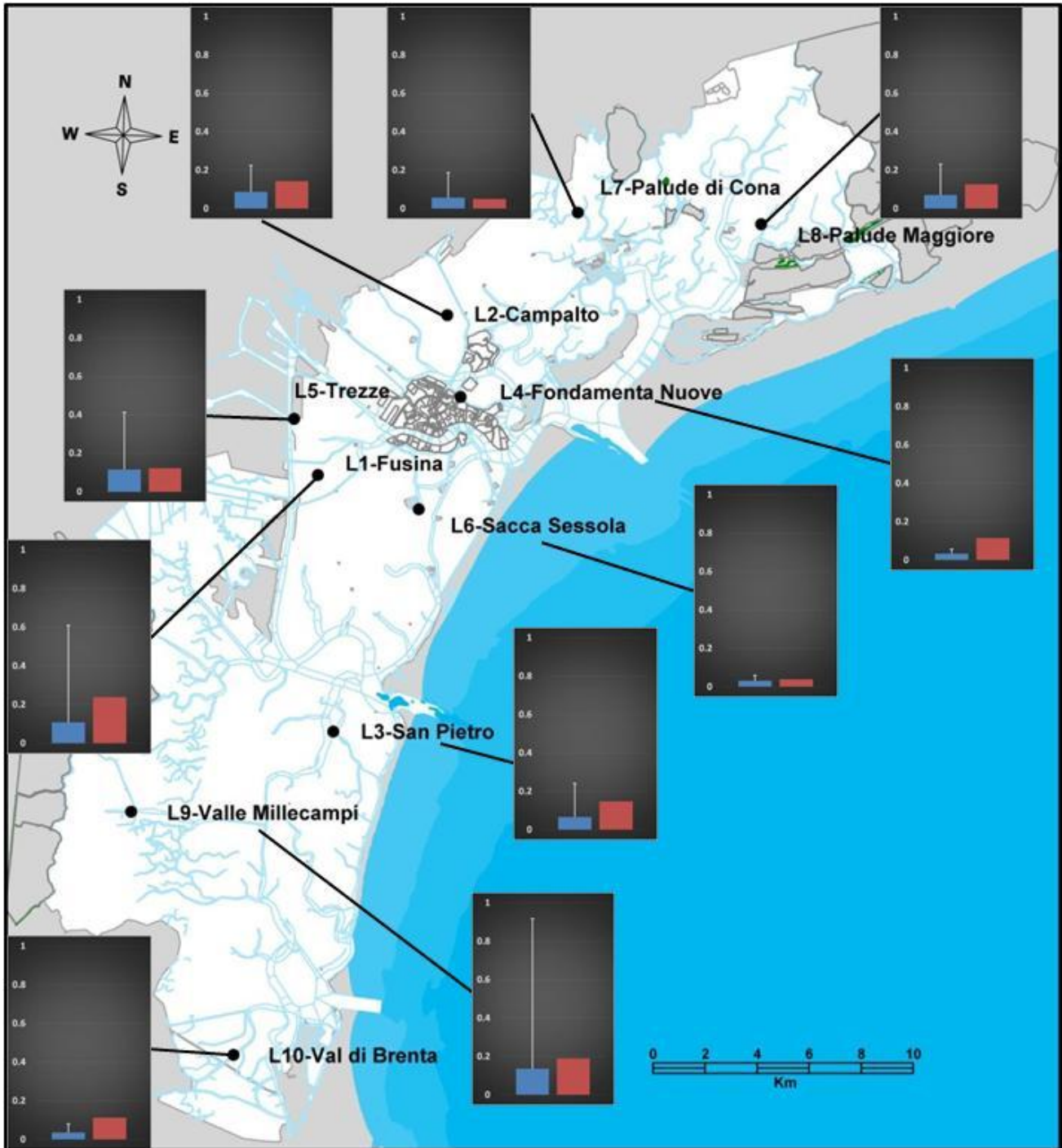


Figura 7. Tassi medi giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione di Mercurio nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-2016; colonna rossa media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

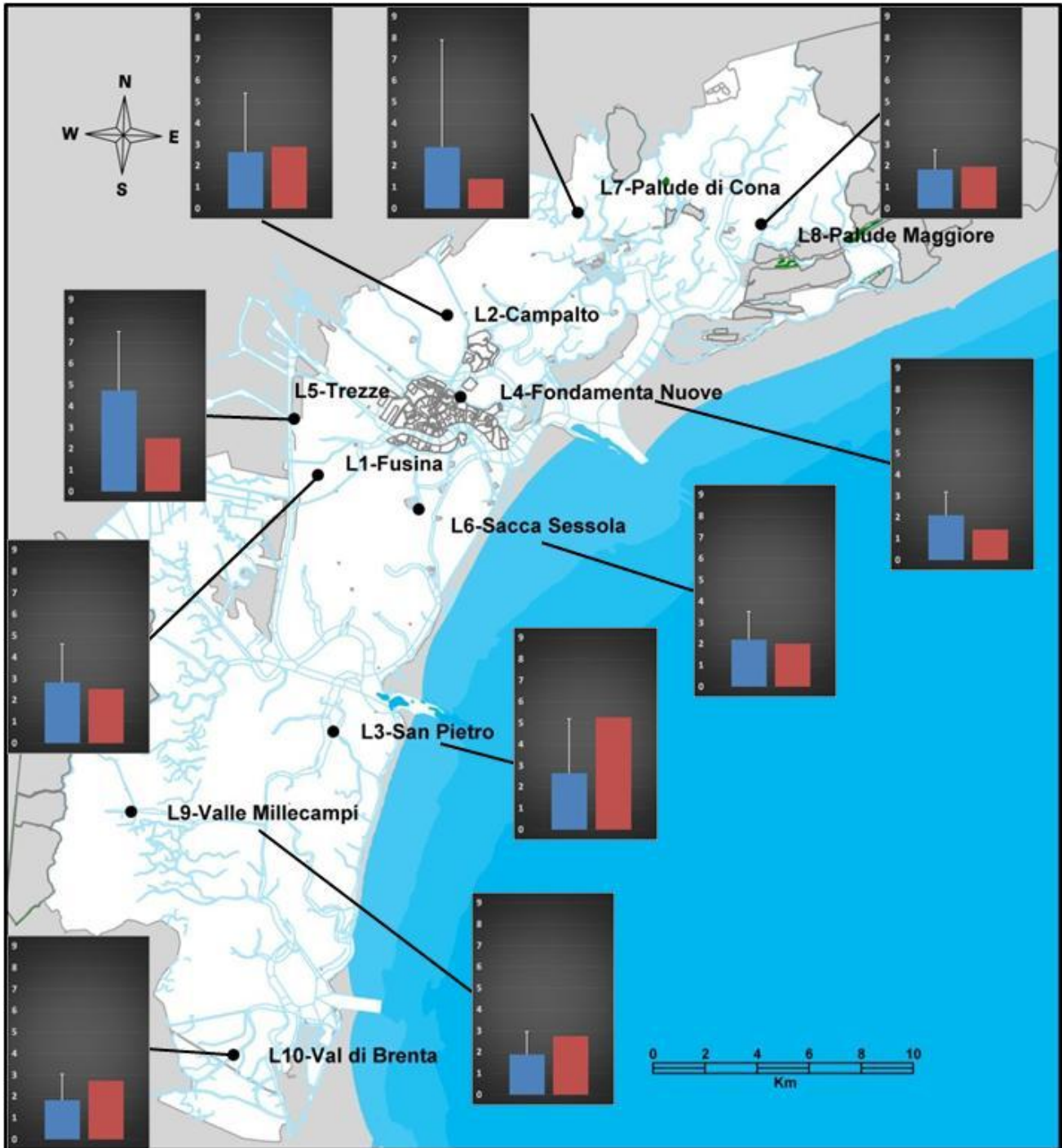


Figura 8. Tassi medi giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione di Vanadio nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna rossa media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

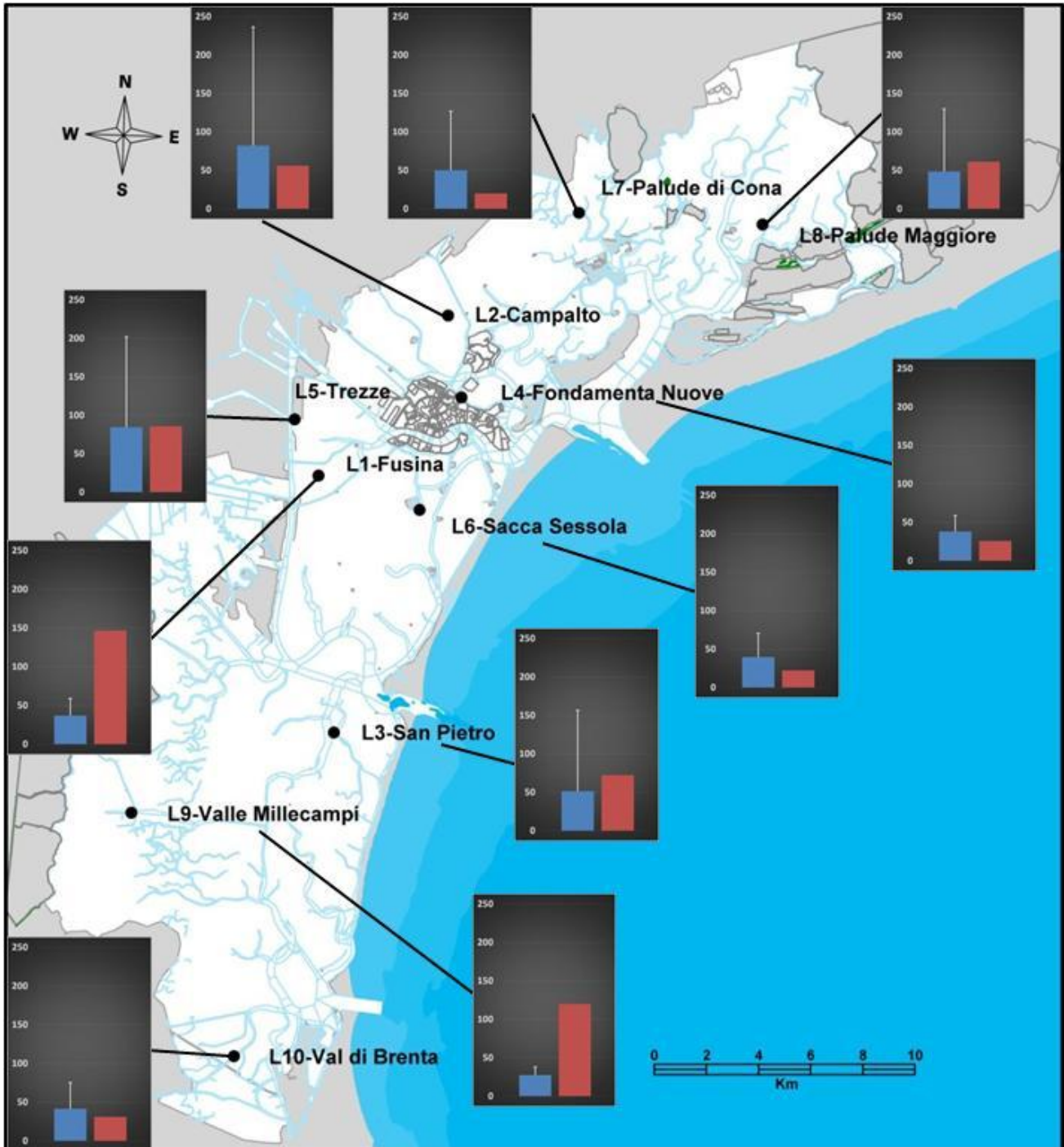


Figura 9. Tassi medi giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione di Ferro nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna gialla media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

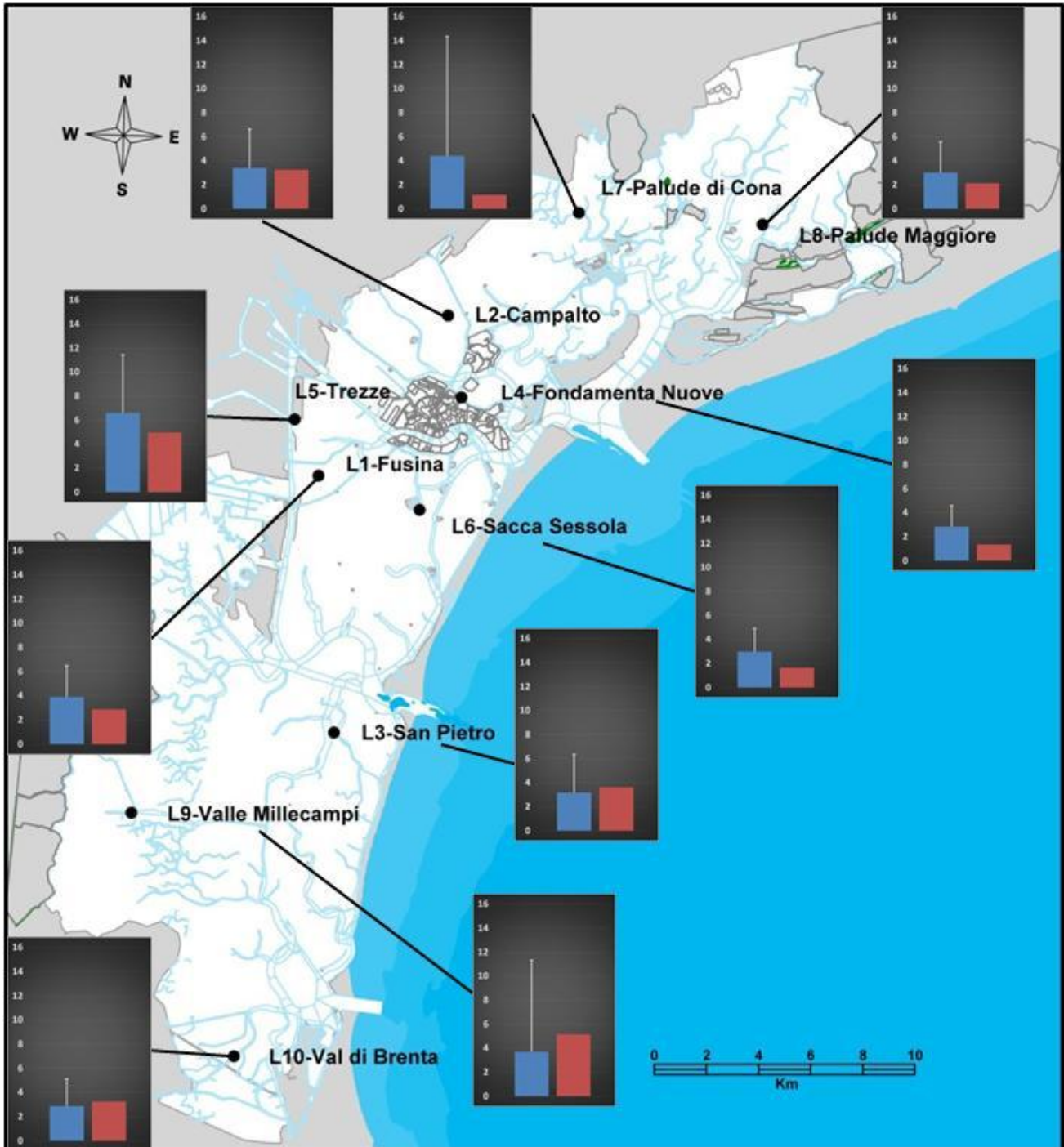


Figura 10. Tassi medi giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione di Nichel nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna rossa media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

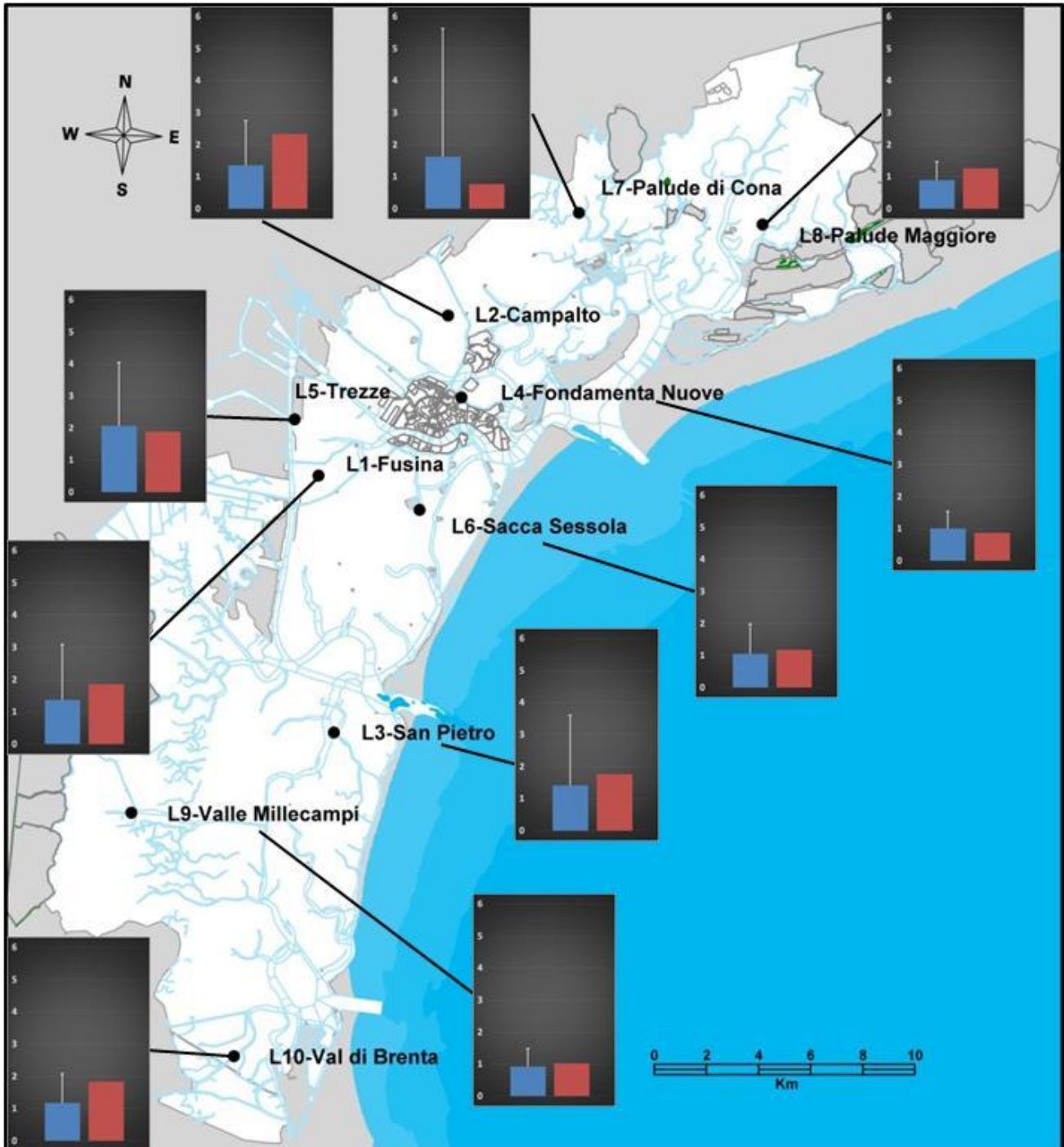


Figura 11. Tassi medi giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione di Cromo nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna rossa media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

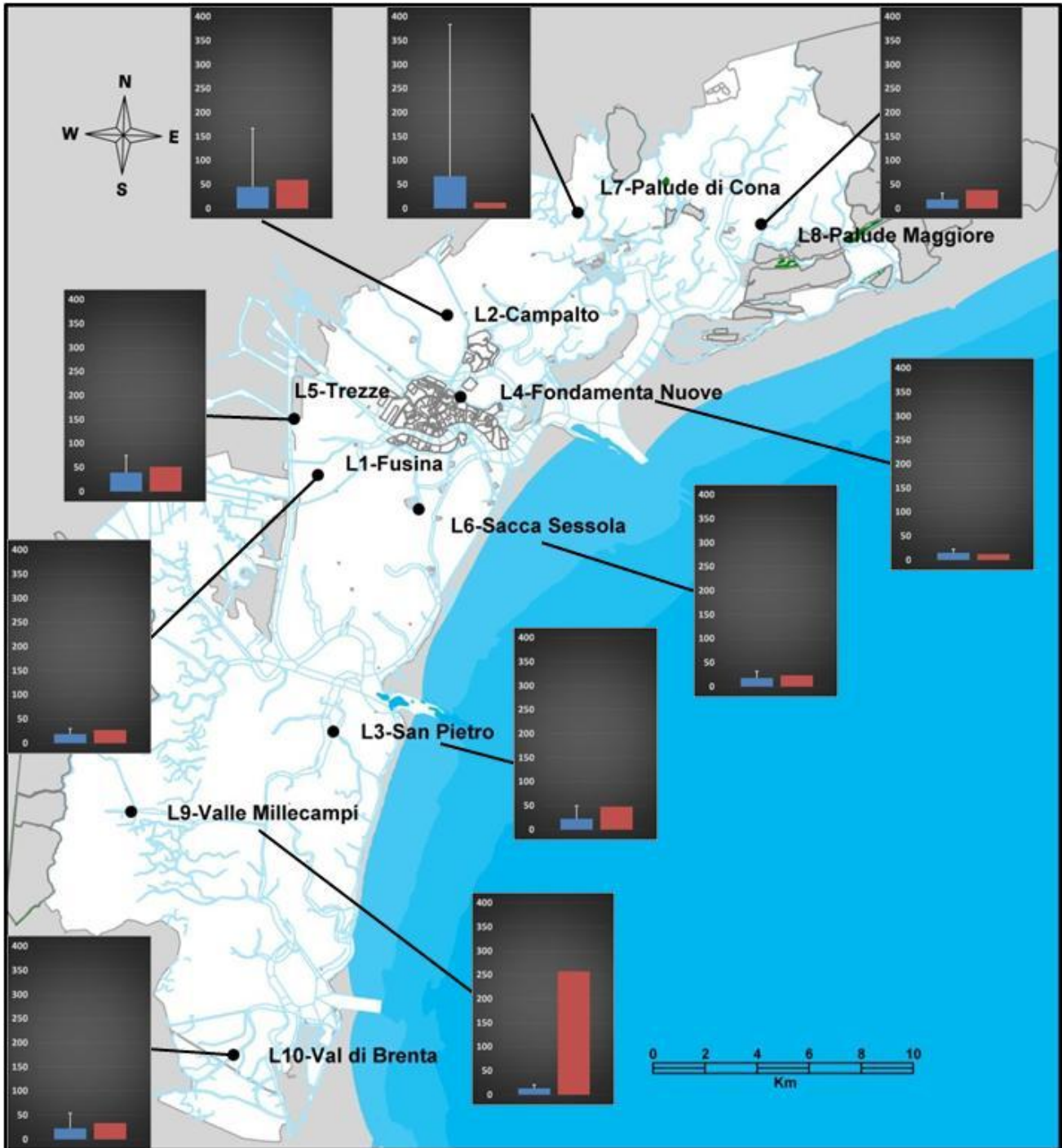


Figura 12. Tassi medi giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione di Manganese nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna gialla media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

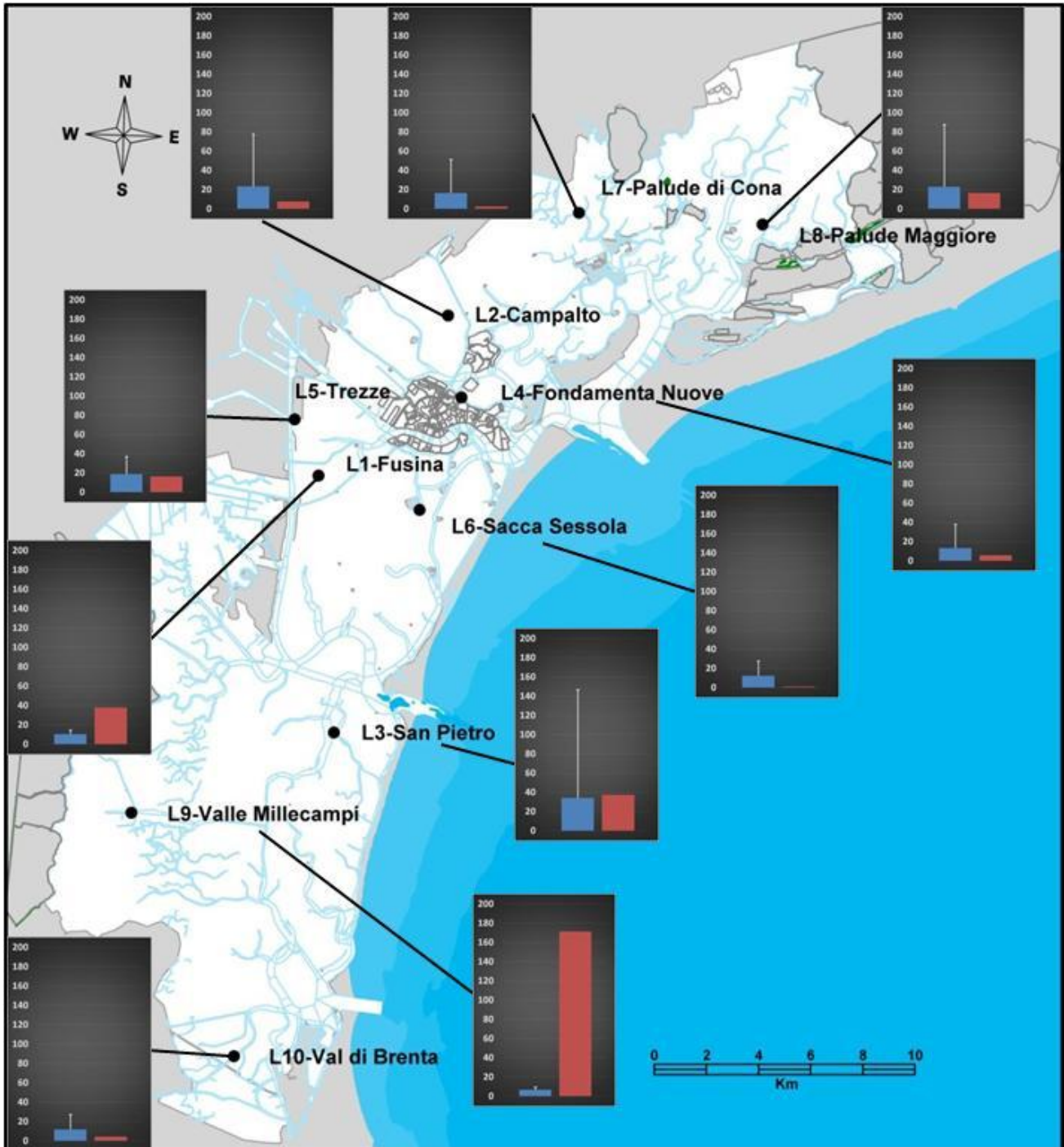


Figura 13. Tassi medi giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione di Rame nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna gialla media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

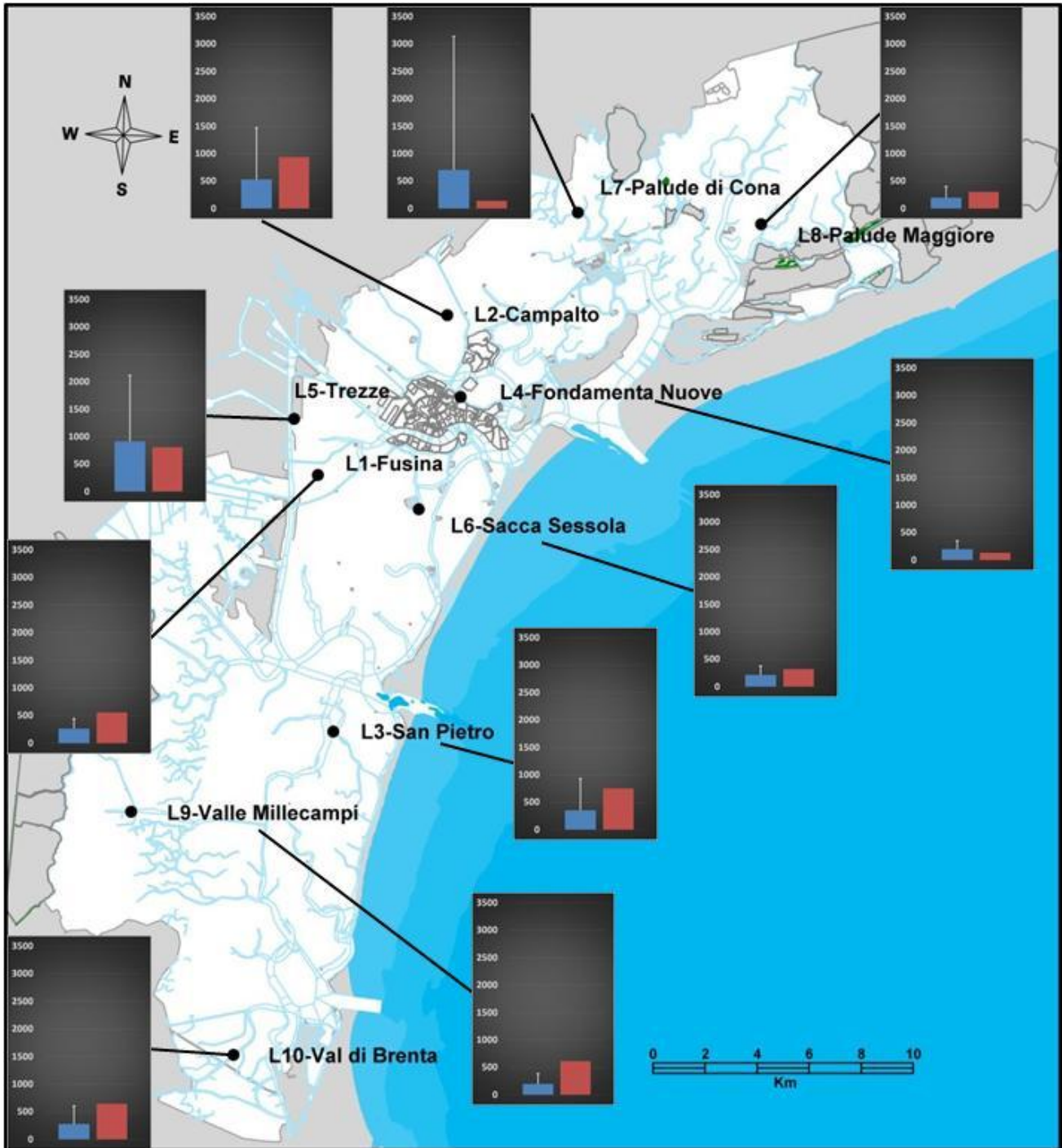


Figura 14. Tassi medi giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione di Zinco nelle stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna gialla media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Tabella 3- Tassi medi di deposizione rilevati nel 2017, espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{giorno}$, nelle stazioni della rete SAMANET e posti a confronto con la media del 2007-16

stazione	Arsenico			Mercurio			Cadmio			Antimonio		
	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16
	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st
L1	1.10	0.49	0.44	0.24	0.11	0.50	0.48	0.48	0.77	0.63	0.62	0.87
L2	1.82	1.01	1.11	0.14	0.09	0.14	1.13	0.77	1.64	0.53	0.62	0.30
L3	2.26	1.16	2.50	0.15	0.07	0.17	0.17	0.40	1.09	0.22	0.42	0.48
L4	0.34	1.52	1.13	0.11	0.03	0.02	0.20	4.51	9.56	0.50	0.92	0.60
L5	1.37	1.38	1.32	0.12	0.12	0.30	0.42	0.61	1.10	0.62	0.56	0.28
L6	0.28	0.61	0.48	0.04	0.03	0.03	0.24	0.68	1.08	0.38	0.55	0.31
L7	0.25	0.88	1.58	0.05	0.06	0.13	0.21	0.34	0.76	0.30	0.42	0.19
L8	1.32	1.04	2.42	0.13	0.07	0.16	0.11	0.29	0.41	0.37	0.39	0.17
L9	2.06	0.39	0.30	0.19	0.14	0.78	0.21	0.27	0.30	1.37	0.32	0.12
L10	0.84	0.57	0.49	0.11	0.04	0.04	0.26	0.22	0.22	0.33	0.39	0.19

stazione	Piombo			Nichel			Manganese			Vanadio		
	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16
	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st
L1	15.02	15.62	12.21	2.87	3.39	2.60	27.65	18.76	11.08	2.52	2.83	1.77
L2	28.03	18.42	15.00	2.77	3.17	3.25	60.32	44.88	121.72	2.90	2.64	2.78
L3	36.19	19.13	24.33	3.62	2.85	3.18	47.99	22.90	26.83	5.27	2.65	2.54
L4	67.76	60.03	37.11	1.36	6.62	1.73	12.37	15.06	7.58	1.44	2.11	1.08
L5	32.23	33.80	50.90	4.96	3.01	4.83	51.37	39.69	34.71	2.51	4.75	2.76
L6	4.22	14.93	13.78	1.66	4.40	1.90	23.89	17.98	13.61	2.01	2.21	1.32
L7	15.75	13.75	11.85	1.17	3.02	9.94	12.39	67.64	316.12	1.40	2.87	5.02
L8	14.89	22.31	12.99	2.15	3.70	2.58	38.70	18.67	13.46	1.97	1.84	0.91
L9	2.57	8.17	6.36	5.15	2.90	7.64	257.43	13.73	7.07	2.75	1.89	1.08
L10	18.46	15.53	16.65	3.27	3.39	2.21	33.80	22.70	31.47	2.72	1.83	1.21



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

stazione	Cromo			Rame			Ferro			Zinco		
	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16
	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st
L1	1.87	1.37	1.73	37.96	10.50	4.20	557	262	185	147	37	22
L2	2.34	1.36	1.39	7.84	23.57	54.08	938	531	1044	56	82	154
L3	1.77	1.41	2.20	37.20	34.06	112.74	749	357	576	73	51	105
L4	0.86	1.02	0.52	5.93	13.01	24.84	137	200	153	26	38	21
L5	1.89	2.07	1.98	16.45	19.02	17.78	809	917	1201	86	85	118
L6	1.17	1.05	0.94	1.19	12.25	15.56	322	214	165	22	40	31
L7	0.78	1.63	4.00	2.49	16.57	34.69	144	703	2438	20	50	77
L8	1.27	0.90	0.56	16.52	22.80	64.83	308	203	204	61	48	82
L9	1.03	0.93	0.55	171.62	6.58	2.86	618	201	185	120	28	10
L10	1.84	1.18	0.90	4.30	12.05	15.25	649	280	324	31	42	34

Andamenti temporali delle deposizioni di microinquinanti inorganici

I risultati confermano, in linea generale, quanto già evidenziato nelle relazioni precedenti (tab.4):

Le deposizioni di arsenico, mercurio, risultano costanti e non presentano nessun andamento temporale significativo;

I flussi di cadmio, antimonio, piombo, nichel e vanadio continuano a confermare il loro trend temporale negativo (figg. 16-20)

Per gli altri elementi (manganese, rame, zinco, cromo e ferro) il comportamento risulta eterogeneo negli anni ed abbisogna di ulteriori approfondimenti per esser ritenuto significativo.

L'analisi statistica, mediante l'applicazione di modelli di regressione lineare, è stata condotta a scala lagunare e l'indice di tendenza centrale utilizzato per l'elaborazione è la mediana, in quanto risulta più rappresentativa della media dato che il coefficiente di variazione è superiore al 50% (ARPAV, 2014).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Tabella 4- Risultati del modello di regressione lineare $y = ax+b$, t e $t_{\alpha(0.05, n-2)}$. In grassetto sono riportate quelle risultate statisticamente significative.

	a	b	t	$t_{\alpha(0.05, n-2)}$
As	-0.048	98.3	-1.73	2.26
Hg	-0.0014	-2.91	1.10	2.26
Cd	-0.039	79.6	-3.62	2.26
Sb	-0.030	61.7	-3.85	2.26
Pb	-1.182	2394	-2.44	2.26
Ni	-0.345	698.6	-5.34	2.26
Mn	-0.727	1479.5	-2.16	2.26
V	-0.152	309.5	-3.93	2.26
Cr	-0.038	79.11	-1.59	2.26
Cu	-0.781	1579.8	-4.49	2.26
Fe	-3.835	7893.2	-0.56	2.26
Zn	-1.136	2317.3	-2.01	2.26



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Cadmio

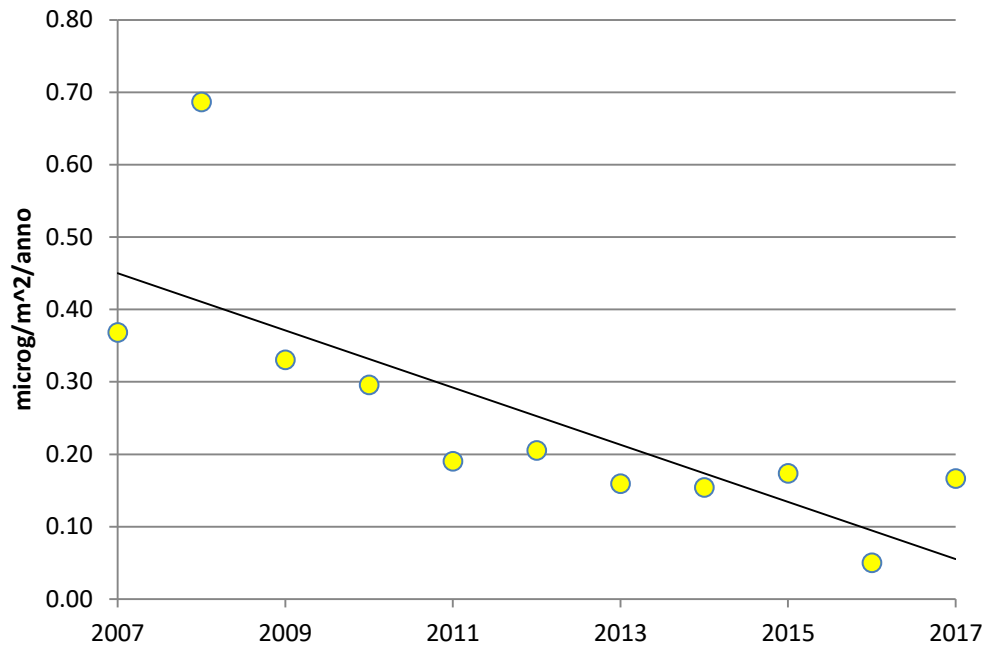


Figura 16. Cadmio: flussi medi e linea di tendenza in laguna di Venezia

Antimonio

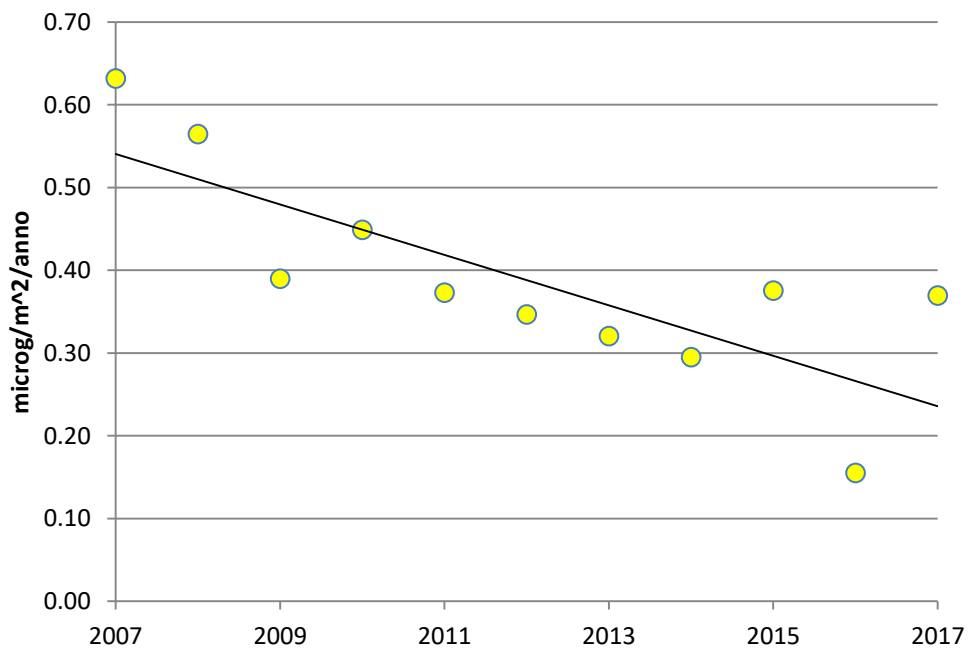


Figura 17. Antimonio: flussi medi e linea di tendenza in laguna di Venezia



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Piombo

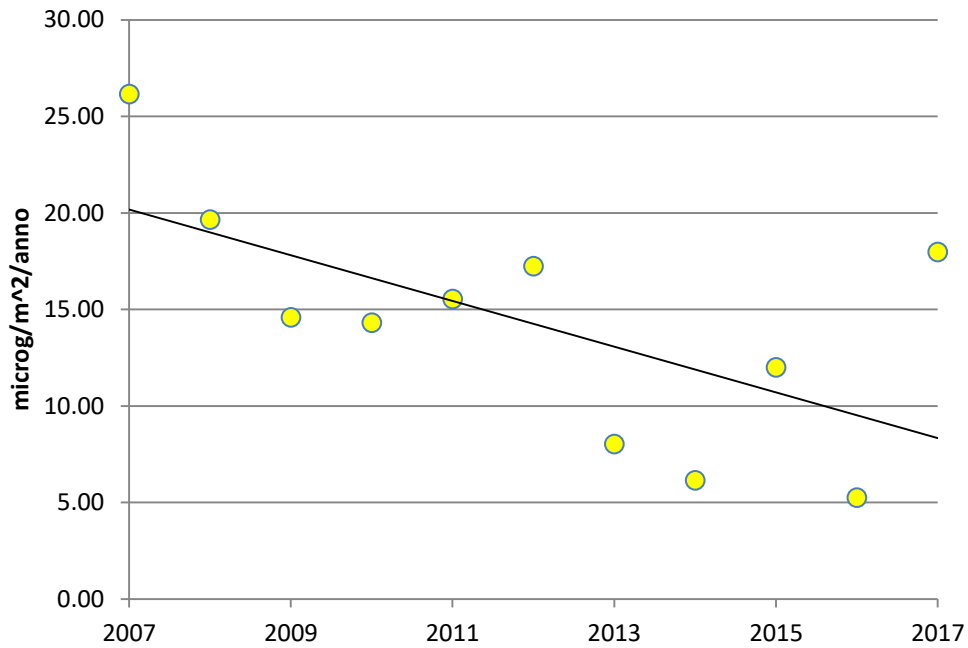


Figura 18. Piombo: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia

Nichel

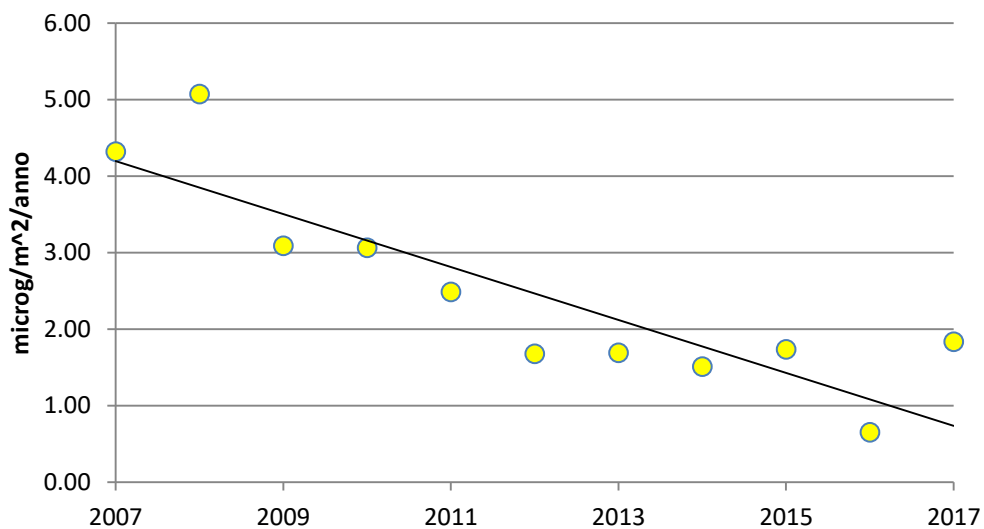


Figura 19. Nichel: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Vanadio

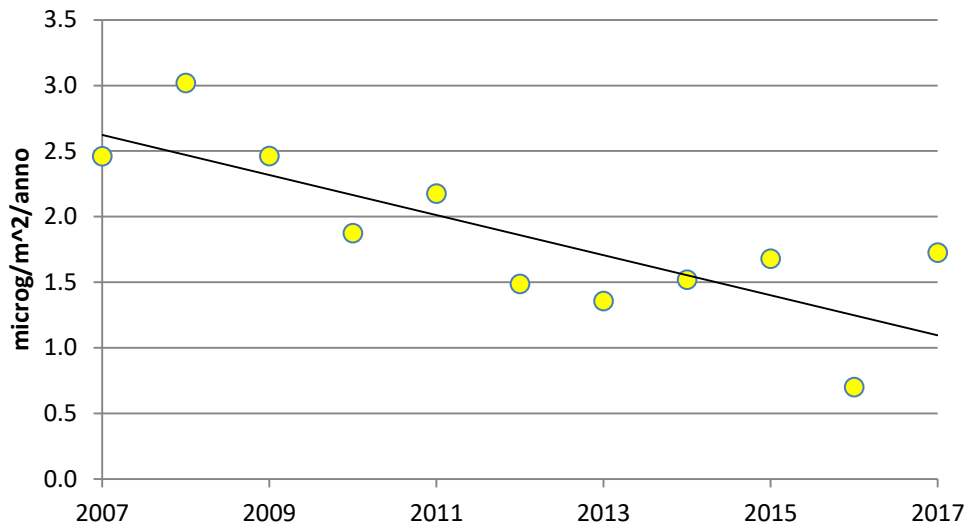


Figura 20. Vanadio: flussi mediani e linea di tendenza in laguna di Venezia

Deposizioni di microinquinanti organici persistenti in laguna di Venezia

L'attività di raccolta delle deposizioni di microinquinanti organici è quella che ha subito maggiori perdite di campioni a causa della contaminazione da guano. In alcune stazioni come L2, L8 e L9 tutti i campioni raccolti sono stati scartati, in altre (L1, L3 e L5) sono disponibili solo i dati di un ciclo. Inoltre a causa delle, oramai croniche, difficoltà in cui versa il laboratorio CSMO di Voltabarozzo il quinto ciclo di misura è stato annullato. Tutto questo comporta che le rappresentazioni grafiche siano scarsamente rappresentative in particolar per le stazioni L1, L3, L5.

Il programma di monitoraggio dei microinquinanti organici del provveditorato prevede l'analisi di 78 molecole: 7 diossine e 10 furani (PCDD-PCDF); 35 Policlorobifenili (PCB); 18 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA); 7 Polibromodifenil etero (PBDE); Esaclorobenzene. Tutte questi composti



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

sono: tossici; persistenti; subiscono processi di bioaccumulo e di trasporto atmosferico anche a lungo raggio e sono pericolose sia per l'uomo che per l'ambiente (Van der Gon et al. 2007).

I flussi medi giornalieri di deposizione dei diversi microinquinanti organici sono stati calcolati come media dei flussi nelle diverse campagne di monitoraggio. Come per i microinquinanti inorganici, per le determinazioni analitiche inferiori al limite di rilevabilità del metodo è stato posto un valore pari al limite stesso. In tabella 5 sono riportati i flussi medi giornalieri del 2017.

Tabella 5- Tassi medi di deposizione del 2017 nelle stazioni della rete SAMANET. Le unità di misura sono: pgWHO-TE/m²/giorno per PCDD/F e PCBdl; pg/m²/giorno per PBC, IPA e PBDE e ng/m²/giorno per HCB.

stazione	ΣPCDD/F			ΣPCBdl			ΣPCB		
	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16
	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st
L1	0.02*	0.70	0.92	0.003*	0.28	0.21	541.9*	1739.2	1283.1
L2	n.d.	0.90	1.06	n.d.	0.29	0.14	n.d.	2153.5	4681.9
L3	0.05*	0.63	0.67	0.002*	0.25	0.30	796.9*	1123.2	2511.3
L4	0.02	0.59	0.75	0.003	0.22	0.09	608.9	792.4	534.7
L5	n.d.	0.89	0.85	0.463*	0.43	0.57	3783.6*	3610.0	5349.1
L6	0.02	0.61	0.69	0.024	0.28	0.26	2067.1	1890.0	4735.6
L7	0.05	0.59	0.68	0.082	0.23	0.11	1104.2	859.5	916.1
L8	n.d.	0.51	0.74	n.d.	0.36	0.75	n.d.	2162.2	7553.8
L9	n.d.	0.81	2.16	n.d.	0.31	0.34	n.d.	963.4	1116.9
L10	0.01	0.91	1.38	0.176	0.32	0.42	1764.7	2235.8	6414.1

* in asterisco le stazioni dove sono disponibili le determinazioni analitiche di un solo ciclo di misura



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

stazione	HCB			ΣIPA			ΣPBDE		
	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16	2017	2007-16	2007-16
	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st	media	media	Dev.st
L1	0.029*	0.17	0.25	64.8*	285.6	376.3	315.8*	529.7	456.3
L2	n.d.	0.12	0.11	n.d.	217.7	216.3	n.d.	553.4	397.3
L3	0.025*	0.11	0.13	33.7*	225.5	319.9	371.3*	424.2	536.0
L4	0.028	0.12	0.12	37.4	262.4	202.5	338.8	503.7	350.3
L5	0.658*	0.33	0.41	39.0*	514.8	553.7	602.3*	740.3	496.3
L6	0.046	0.12	0.14	26.7	313.7	396.2	478.9	413.7	294.0
L7	0.017	0.11	0.18	26.0	275.9	379.1	320.9	412.1	253.2
L8	n.d.	0.10	0.11	n.d.	228.1	369.2	n.d.	347.6	146.7
L9	n.d.	0.13	0.14	n.d.	282.2	322.9	n.d.	414.8	292.3
L10	0.036	0.09	0.09	22.4	238.6	234.1	393.0	455.0	358.9

* in asterisco le stazioni dove sono disponibili le determinazioni analitiche di un solo ciclo di misura

Diossine e Furani (PCDD – PCDF)

Le diossine ed i furani sono idrocarburi aromatici clorurati particolarmente stabili e persistenti nell'ambiente. In totale esistono 75 congeneri di diossine e 135 di furani, di questi solo 7 diossine e 10 furani hanno particolare interesse dal punto di vista tossicologico. Al fine di poterli valutare al meglio è stato adottato il concetto dei fattori di tossicità equivalente (TEF) che permette di esprimere con un solo numero il loro potenziale tossicologico complessivo (Van Den Berg e al., 1998).

I flussi di diossine e furani rilevati in laguna nel 2017 sono molto bassi con valori sempre inferiori a 0.1 pgWHO-TE/m²/giorno (fig.21), paragonabili a quelli stimati nelle aree rurali in Finlandia (Korhonen *et al*, 2016).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

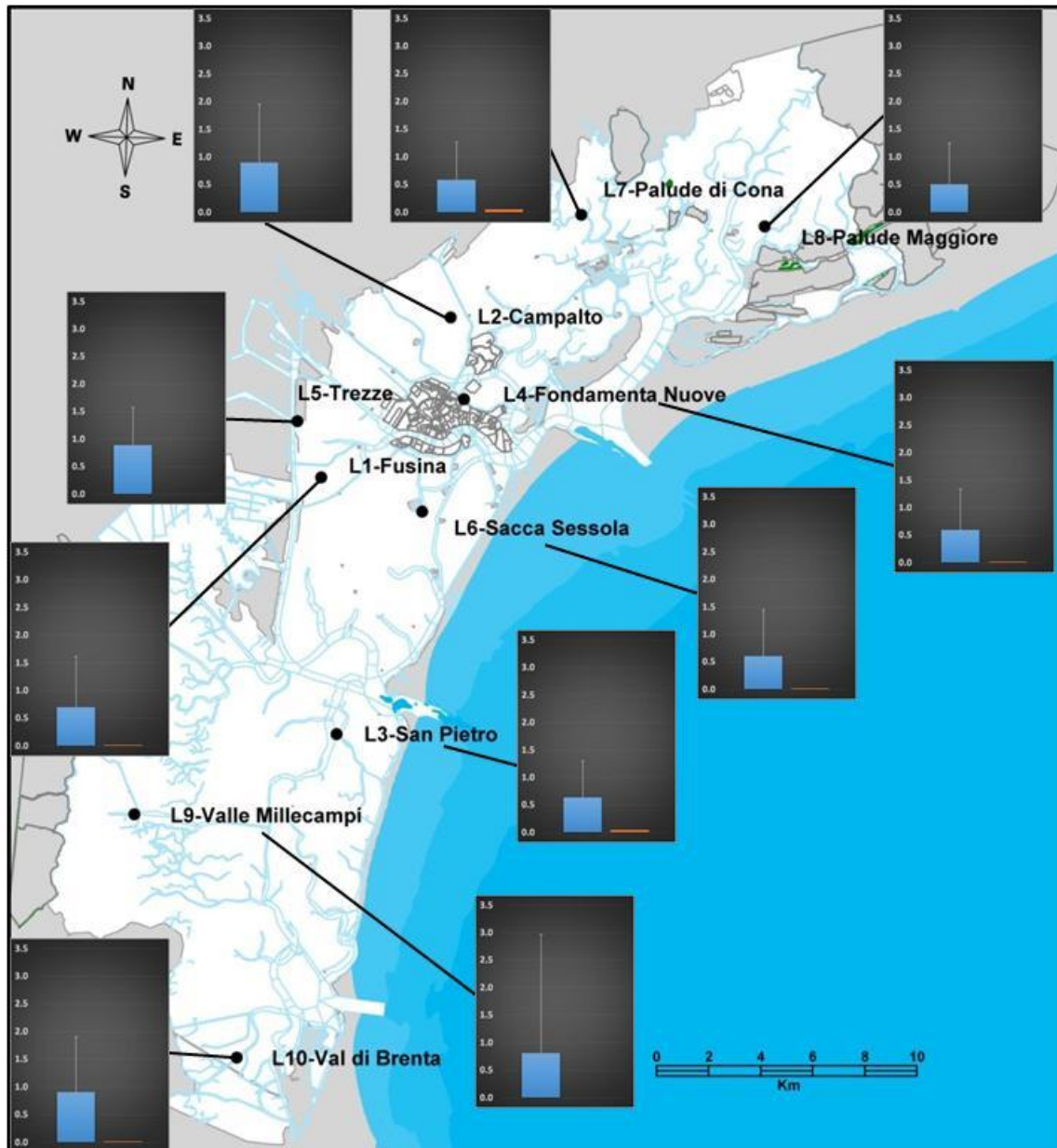


Figura 21. Flussi medi giornalieri in pgWHO-TE/m²/giorno di deposizione di PCDD-PCDF nelle diverse stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna arancione media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Policlorobifenili (PCB)

I possibili congeneri di policlorobifenile sono 209 questo programma di monitoraggio ne prevede la determinazione di 35 così suddivisi:

- 12 PCB-dioxin like previsti dal WHO;
- 23 PCB-no dioxin like proposti dall'Istituto Superiore di Sanità (28, 52, 95, 101, 99, 110, 151, 149, 146, 153, 138, 187, 183, 177, 180, 170, 128, 155, 188, 208, 205, 206, 209).

I PCB dioxin-like hanno comportamenti simili a quelli delle diossine ed è stato possibile definire un approccio basato sul concetto di tossicità equivalente. Per gli altri PCB ciò non è fattibile a causa delle eterogeneità mostrata nei meccanismi di bioaccumulo, di persistenza in ambiente e di tossicità (La Rocca et al., 2006). Quest'ultimi, definiti PCB no dioxin-like, comprendono la maggioranza dei congeneri che si ritrovano generalmente nelle catene alimentari.

Come per le diossine i flussi di PCBdl stimati nel 2017 sono molto bassi e non eccedono gli 0.2 pgWHO-TE/m²/giorno (fig.22).

I flussi di PCB no dioxin like hanno una distribuzione confrontabile con quella rilevata negli anni precedenti (fig.23).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

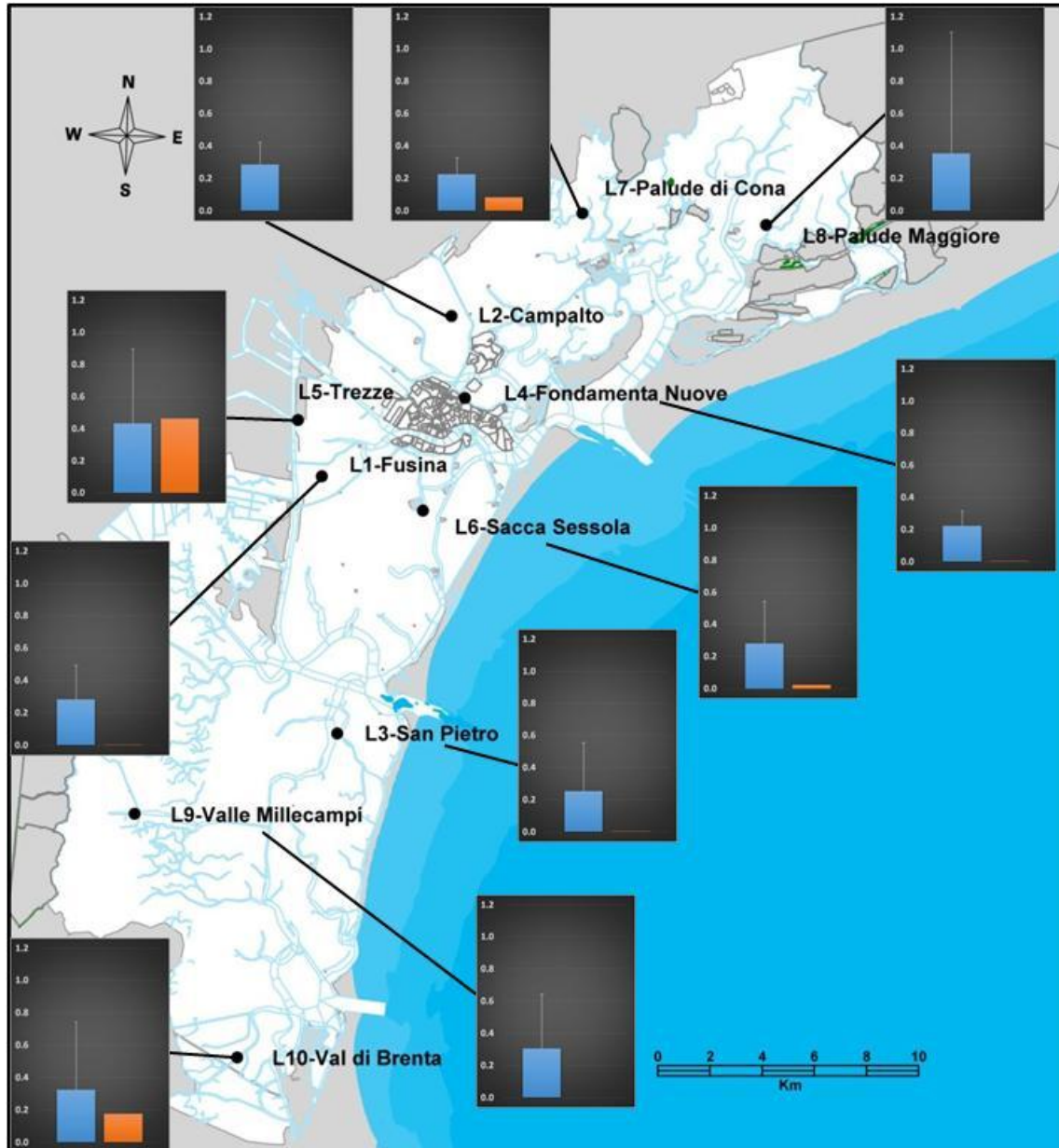


Figura 22. Flussi medi giornalieri in pgWHO-TE/m²/giorno di deposizione di PCB-DL nelle diverse stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna arancione media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

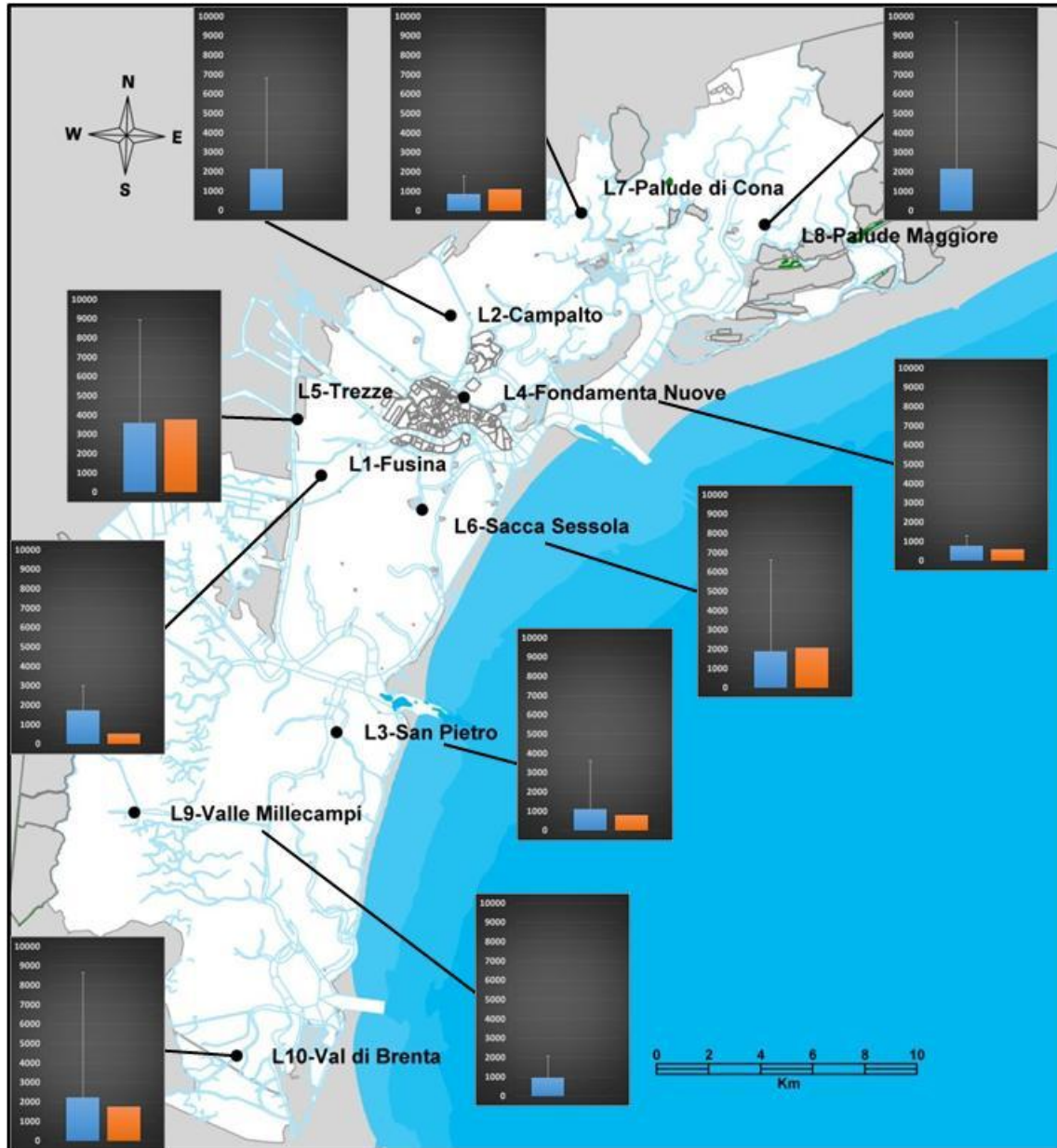


Figura 23. Tasso medio giornaliero in $\text{pg}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione della sommatoria dei PCB no dioxin like nelle diverse stazioni della rete SAMANET (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna arancione media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

La combustione incompleta di materiale organico, in particolare legno e combustibili fossili, da origine alla formazione degli idrocarburi policiclici aromatici.

Quelli oggetto di indagine sono: Naftalene; Acenaftilene; Acenaftene; Fluorene, Fenantrene; Antracene; Fluorantene; Pirene; Benzo(a)pirene; Perilene; Benzo(a)antracene; Crisene; Benzo(b)fluorantene; Benzo(k)fluorantene; Benzo(a)pirene; Indeno(1,2,3,cd)pirene; Dibenzo(a,h)antracene; Benzo(g,h,i)perilene.

Anche per gli IPA i flussi stimanti nel 2017 sono notevolmente inferiori alla media degli anni precedenti (fig.24). Questo può essere dovuto alla disomogeneità dei dataset.

Della miscela degli IPA, il benzo(a)pirene è la molecola più tossica ed è ritenuta cancerogena dall'IARC. I flussi, nel 2017, di benzo(a)pirene in laguna di Venezia sono sempre ai 3 ng/m²/d comparabili con quelli misurati in aree rurali del sud Italia (Menechini et al., 2006).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

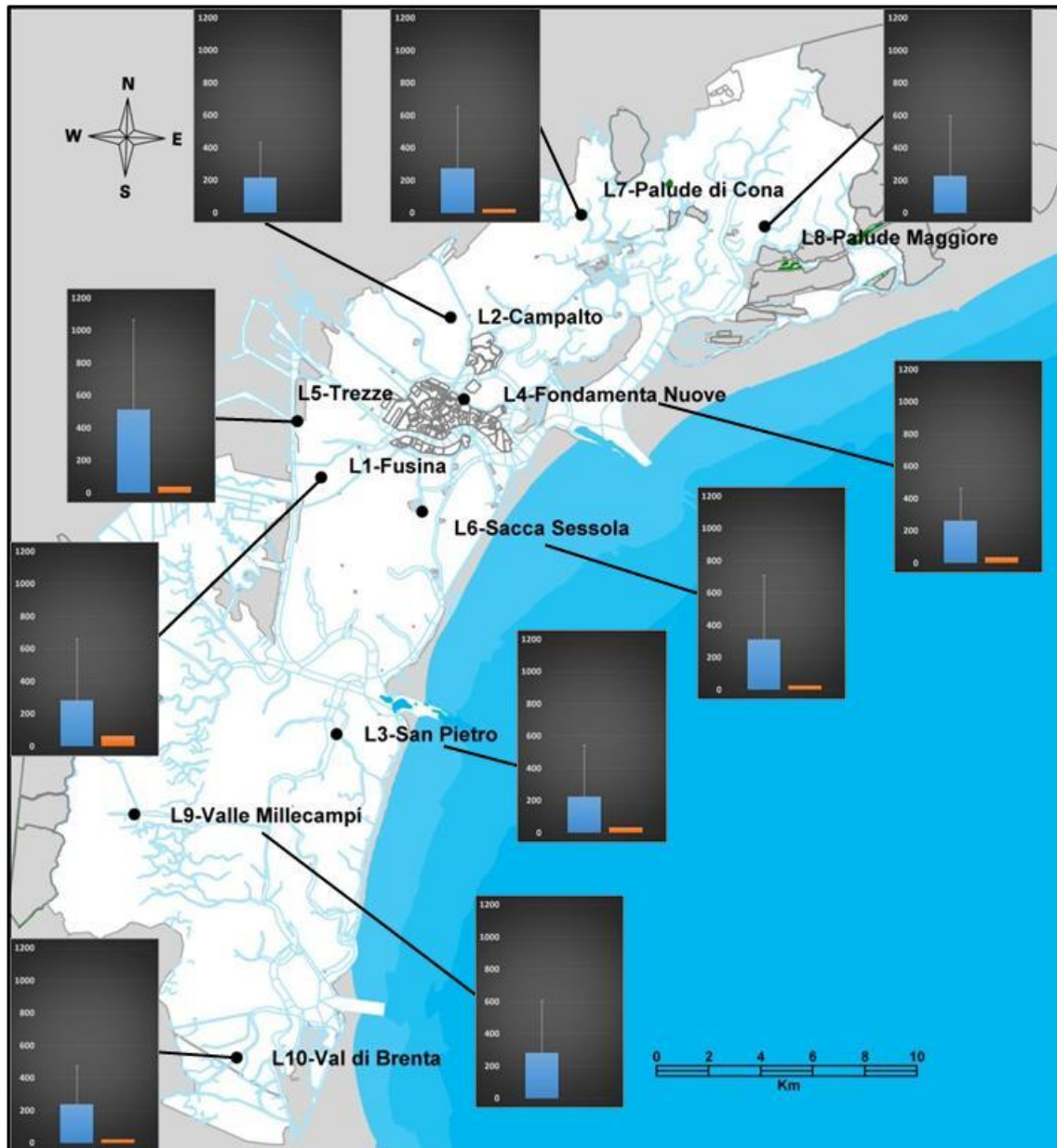


Figura 24. Tassi medi giornalieri in $\text{pg}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione degli idrocarburi policiclici aromatici (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna arancione media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Nel 2017 nella miscela degli IPA il benzo(a)pirene nella stazione L10 raggiunge anche il 10% del totale ed in generale la percentuale in tutte le stazioni è superiore a quanto rilevato negli anni precedenti.

Esaclorobenzene (HCB)

Per l'esaclorobenzene nel 2017 i flussi stimati risultano minori rispetto la media del periodo 2007-15 ad eccezione di L5 che però ha solo una determinazione. Inoltre non si evidenzia, per quanto possibile, una variabilità spaziale, anche le stazioni più vicine all'area industriale (L1, L6), generalmente sorgente principale di questa molecola, presentano flussi pari a circa 0.05 ng/m²/d confrontabili con quelli delle stazioni "rurali" (L3, L7) (fig. 25).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

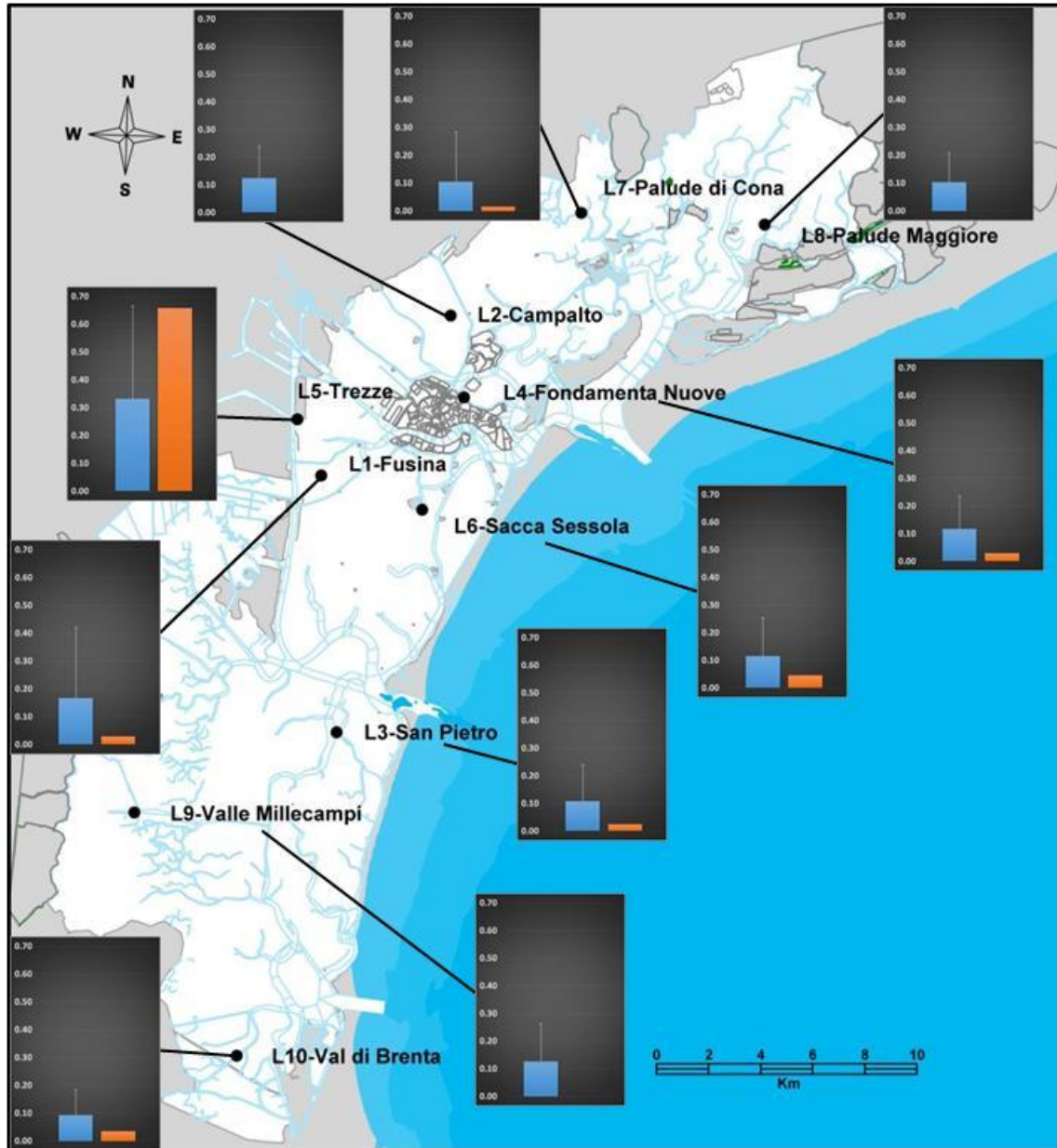


Figura 25. Tassi medio giornaliero in $\text{ng/m}^2/\text{giorno}$ di deposizione dell'Esaclorobenzene (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna arancione media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Polibromodifeniletero (PBDE)

Data la loro versatilità i polibromodifeniletero sono molecole ampiamente utilizzate nei processi produttivi di plastiche, resine e gomme. Sono molecole molto simili a diossine e PCB con le quali hanno in comune la pericolosità già in concentrazioni estremamente basse e possono anch'esse dare origine a fenomeni di bioaccumulo (Kierkegaard et al, 2007).

I congeneri analizzati, ed anche i più diffusi, sono: BDE-28; BDE-47; BDE-99; BDE-100; BDE-153; BDE-154.

I flussi misurati risultano confrontabili con i valori medi del periodo 2007-16. Anche dal punto di vista spaziale la distribuzione non evidenzia fonti specifiche di PBDE (fig.26).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

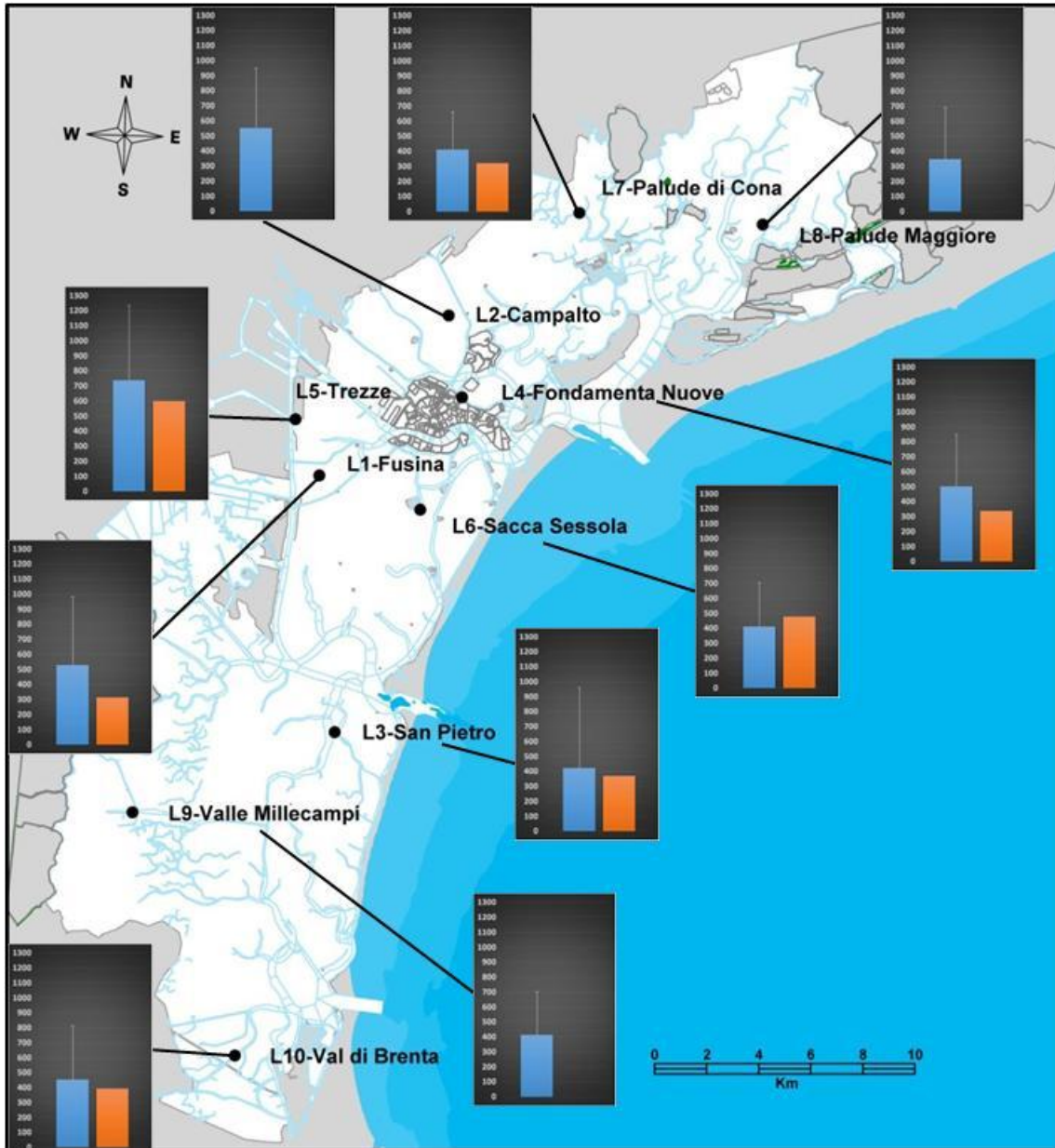


Figura 26. Tassi giornalieri in $\text{pg}/\text{m}^2/\text{giorno}$ di deposizione della sommatoria di Polibromodifenil etero (colonna azzurra media e dev.std 2007-16; colonna arancione media 2017).



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Andamenti temporali delle deposizioni di microinquinanti organici

Data la ridotta numerosità dei flussi stimati nel 2017, si ritiene che i risultati dell'analisi degli andamenti temporale, mediante modelli di regressione lineare, sia poco attendibile se non fuorviante.

Considerazioni conclusive

Per quanto possibile, data la ridotta numerosità del dataset, il programma di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche del 2017 attraverso del Provveditorato ha evidenziato:

- La distribuzione dei flussi di ricaduta dei microinquinanti inorganici è confrontabile con quella media rilevata nel periodo 2007-16.
- Dal punto di vista temporale si conferma la diminuzione dei tassi di ricaduta dei seguenti metalli: cadmio, antimonio, piombo, nichel, vanadio, indicando un miglioramento generale. Per Rame la costante diminuzione dei flussi nel tempo, benché statisticamente significativa, va confermata nel tempo.
- Riguardo i microinquinanti organici i valori dei flussi per PCDD/F, PCBdl e IPA risultano notevolmente inferiori rispetto ai valori medi, ma bisogna tener conto che nel 2017 sono stati eseguiti solo quattro cicli di misura. Da segnalare, l'aumento percentuale nella miscela degli IPA del benzo(a)pirene, che in alcune stazioni raggiunge anche il 10%. Per i PBDE invece i tassi di ricaduta sono sostanzialmente confrontabili. La distribuzione spaziale dei flussi per le diossine, PCB dioxin like e PBDE risulta sostanzialmente omogenea indicando una situazione di contaminazione diffusa. Per l'esaclorobenzene anche quest'anno la distribuzione spaziale è sostanzialmente omogenea e non si evidenzia nell'attività industriale di porto Marghera la sorgente principale di questa molecola.



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

Bibliografia

1. ARPAV (2014). Analisi dei livelli di fondo naturale per alcune sostanze presenti nelle acque sotterranee della falda superficiale dell'acquifero differenziato del bacino scolante in laguna di Venezia (bacino deposizionale del Brenta).
2. Bettiol C, Collavini F, Guerzoni S, Molinaroli E, Rossini P, Zaggia L, Zonta R (2005). Relative contribution of atmospheric and riverine inputs of metals, nutrients and POP's into the lagoon of Venice. *Hydrobiologia* 550:151-165
3. Carrera F., Cerasuolo M., Tomasin A., Canestrelli P. (1995). La nebbia a Venezia nel quarantennio 1951– 1990 Analisi comparata degli andamenti di visibilità, pressione, temperatura e vento. *Rapporti e Studi vol. 12. Lettere ed Arti Istituto Veneto di Scienze; 1995. p. 235– 71.*
4. Di Domenico A, Turrio Baldassarri L, Ziemacki D, De Felip E, Ferri F, Iacovella M (1997) Selected carcinogenic organic microcontaminants and heavy metals in Venice Lagoon. *Organohal Comp* 34:54-60.
5. Guerzoni S, Rampazzo G, Molinaroli E, Rossini P (2005). Atmospheric bulk deposition to the lagoon of Venice: Part II, source apportionment analysis near industrial district of Porto Marghera, Italy. *Environmental International* 31 (2005) 975-982.
6. Kierkegaard A, Asplund L, De Wit CA, McLachlan MS, Thomas GO, Sweetman AJ, et al. Fate of higher brominated PBDEs in lactating cows. *Environ Sci Technol* 2007;41:417–23.
7. Markku Korhonen, Matti Verta, Simo Salo, Jussi Vuorenmaa, Hannu Kiviranta, Päivi Ruokojärvi. Atmospheric Bulk Deposition of PolychlorinatedDibenzo-p-Dioxins, Dibenzofurans and Polychlorinated Biphenyls in Finland. *J. Mar. Sci. Eng.* 2016, 4, 56; doi:10.3390/jmse4030056
8. La Rocca C., Mantovani A. (2006). From environment to food: the case of PCB. *Ann. Ist. Super. Sanità.* 42 (4): 410-416
9. Marcomini A., Della Sala S., Ferrari G., Giacometti A., Guerzoni, Raccanelli S. "Preliminary Budget of Dioxins and Dioxin-like PCBs in the Lagoon of Venice." *Organohalogen Compounds* 41 (1999): 481-485.



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche
Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia
Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento della laguna di Venezia

10. Menichini E., Barbera S., Merli F., Settimo G., 2006. Atmospheric bulk deposition of carcinogenic PAHs in a rural area in Southern Italy. *Polycyclic Aromatic Compound* 26(4):253-263.
11. Rossini P^(a)., 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.
12. Rossini P^(b)., 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.
13. 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.
14. Van der Gon H.D., Van het Bolscher M., Visschedijk A., Zandveld P., (2007). Emission of persistent organic pollutants and eight candidate POPs from UNECE-Europe in 2000, 2010 and 2020 and the emission reduction resulting from the implementation of the UNECE POP protocol. *Atmospheric Environment*, 41(40), 9245-9261.
15. Wenning R, Dodge D, Peck B, Shearer K, Luksemburg W, Della Sala S (2000). Screening-level ecological risk assessment of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dienzofurans in sediments and aquatic biota from the Venice Lagoon, Italy. *Chemosphere* 40:1179-1187.