



Consorzio per il coordinamento delle
ricerche inerenti al sistema lagunare di Venezia
Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia
Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/10**

**ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE
BOCCHIE LAGUNARI**

Contratto CVN-CORILA n. 11373 spo/sim

Documento **MACROATTIVITÀ: ARIA
RAPPORTO FINALE**

Versione **1.0**

Emissione **1 Luglio 2015**

Redazione

Dott. Daniele Contini
(CNR-ISAC)

Redazione e Verifica

Dott. Franco Belosi
(CNR-ISAC)

Approvazione

Ing. Pierpaolo Campostrini

Indice

INTRODUZIONE.....	4
1. INDICATORI MONITORATI E METODOLOGIA DI MISURA.....	6
1.1 Determinazione dei metalli nel PM ₁₀	6
1.2 Idrocarburi Policicli Aromatici (IPA).....	7
2. DEFINIZIONE DELLE SOGLIE	9
2.1 Determinazione dei metalli nel PM ₁₀	9
2.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	9
3. RISULTATI MONITORAGGIO METALLI.....	11
3.1 Monitoraggio dei metalli nel PM ₁₀	11
3.1.1 Campagna di misura a Punta Sabbioni	11
3.1.2 Campagne di misura a Malamocco.....	20
3.1.3 Campagne di misura a Chioggia.....	29
3.1.4 Commenti e considerazioni conclusive	37
4. RISULTATI MONITORAGGIO IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	47
4.1 Introduzione.....	47
4.2 Risultati del monitoraggio.....	47
4.3 Superamenti di soglia	49
4.4 Conclusioni.....	51
5. CONCLUSIONI	52
5.1 Introduzione.....	52
5.2 Sintesi attività di monitoraggio	52
BIBLIOGRAFIA.....	53
ALLEGATO: AGGIORNAMENTO SOGLIE	54
A.1 Metalli nel PM ₁₀	54
A.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici	54

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Al presente documento ed alle attività di monitoraggio/elaborazione dati hanno collaborato:

Dr. Franco Belosi (ISAC-Bologna)

Dott.ssa Daniela Cesari (ISAC-Lecce)

Dott. Daniele Contini (ISAC-Lecce)

Dott.ssa Elena Barbaro (UNIVE, Venezia)

Prof. Andrea Gambaro (UNIVE, Venezia)

Dott.ssa Elisa Morabito (IDPA-CNR, Venezia)

Dott.ssa Roberta Zangrando (IDPA-CNR, Venezia)

Dott. Marco Roman (IDPA-CNR, Venezia)

Dott. Marco Vecchiato (UNIVE, Venezia)

Dott.ssa Caterina Dabalà (CORILA, Venezia)

INTRODUZIONE

Il presente documento descrive le attività ed i risultati relativi al decimo anno di monitoraggio (maggio 2014 - aprile 2015) degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari relativamente alla matrice aria [Studio B.6.72 B/10, Disciplinare Tecnico, 2014].

Il monitoraggio dei cantieri per la realizzazione degli interventi alle bocche lagunari per la regolazione dei flussi di marea (MOSE) fa riferimento al Disciplinare Tecnico (DT) che a sua volta è basato sulle valutazioni espresse nel documento relativo allo Studio di Impatto Ambientale (SIA) del Progetto di Massima degli Interventi alle Bocche Lagunari per la Regolazione dei Flussi di Marea (Sezione D, Quadro di Riferimento Ambientale, Vol. 2, 1997. N. Elaborato 95.T706-REL-T067.4 Consorzio Venezia Nuova) aggiornato alla luce delle normative nazionali ed internazionali intervenute successivamente alla sua stesura.

La normativa di riferimento, per quanto riguarda la matrice aria, è il Decreto Legislativo 155/2010 che rappresenta un testo unico sulla qualità dell'aria ed ha abrogato le norme precedentemente in vigore.

Le principali novità introdotte dal Decreto Legislativo 155/2010, ai fini della presente attività di monitoraggio, riguardano l'introduzione di valori obiettivo per il contenuto di Arsenico, Cadmio, Nichel e Benzo(a)pirene nel PM₁₀ da raggiungere entro il 31/12/2012. Per quanto riguarda i valori limite del PM₁₀, del Monossido di Carbonio e del Biossido di Azoto il Decreto non introduce differenze rispetto a quanto in vigore dalla normativa precedente. Infine per gli Ossidi di Azoto il Decreto stabilisce un livello critico per la protezione della vegetazione. In questo caso le stazioni di misurazione devono essere localizzate ad oltre 20 km dalle aree urbane e ad oltre 5 km da altre zone edificate, impianti industriali, autostrade o strade principali con conteggi di traffico superiori a 50.000 veicoli al giorno e l'area di rappresentatività delle stazioni di misurazione deve essere pari ad almeno 1.000 km². Il Mercurio non è stato considerato nelle attività di monitoraggio in quanto non rappresentativo di emissioni da attività di cantiere.

Gli obiettivi del monitoraggio sono stati individuati sulla base delle pressioni ambientali definite nel SIA e dei cambiamenti legislativi successivamente intervenuti, in particolare quelli riferiti alla protezione della salute della popolazione.

Gli indicatori scelti per valutare lo stato della matrice aria sono stati: le concentrazioni dei metalli nel PM₁₀ e le concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) in fase aerosol e gassosa. A questo proposito si sottolinea che rispetto a quanto previsto dal citato Decreto Legislativo 155/2010 si è ritenuto opportuno proseguire l'attuale schema di monitoraggio (determinazione del Benzo(a)pirene sul particolato totale, in sostituzione del contenuto di Benzo(a)pirene nel PM₁₀ come previsto dal citato Decreto) in quanto ciò permette di proseguire il confronto con la serie storica relativa ai precedenti anni di misura (confronto che sarebbe compromesso passando al PM₁₀). Tale confronto, nell'ottica del monitoraggio di un'attività di cantiere, rappresenta un aspetto importante per determinare l'eventuale impatto ambientale delle attività cantieristiche in funzione dello stato di avanzamento dei lavori. In secondo luogo la normativa prevede comunque l'obiettivo qualità (1 ng/m³) espresso come media annuale, su base giornaliera, e quindi non confrontabile direttamente con le misure svolte a Punta Sabbioni e a Malamocco che prevedono una minore frequenza di campionamento.

Rispetto al precedente anno di attività [Studio B.6.72 B/9, Disciplinare Tecnico, 2013] le variazioni apportate allo schema di monitoraggio sono le seguenti:

- sono terminate le misure di concentrazione di gas CO, NO_x e NO₂ ;
- sono terminate le campagne di misura degli IPA a Punta Sabbioni e sono state ridotte a 2 le campagne di misura a Malamocco;

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

- sono state ridotte a 6 le campagne di misura dei metalli: due a Punta Sabbioni, due a Malamocco e due a Chioggia.

Tali variazioni sono state motivate sia dalla diminuzione di attività cantieristiche, presso la bocca di Punta Sabbioni, aventi un potenziale impatto ambientale sulla matrice aria sia dai risultati delle simulazioni modellistiche.

Nel corso del decimo anno di monitoraggio sono proseguite le attività di modellistica mirate a stimare la ricaduta al suolo e le concentrazioni, nelle aree limitrofe ai cantieri alle tre bocche, dei principali inquinanti monitorati (particolato ed ossidi di azoto).

1. INDICATORI MONITORATI E METODOLOGIA DI MISURA

Di seguito verrà fornita una descrizione sintetica della metodologia di monitoraggio per ciascun indicatore individuato.

Si ricorda che il monitoraggio è iniziato con una prima fase (Fase A o *ante operam*) che si è svolta nell'inverno 2004-2005, con lo scopo di mettere a punto le metodologie nelle diverse attività previste dal DT e di ottenere una prima stima della variabilità degli indicatori indagati [Studio B.6.72/B1, Rapporto di Variabilità, 2005].

1.1 Determinazione dei metalli nel PM₁₀

Nel decimo anno di monitoraggio sono state effettuate 6 campagne di misura relative alla composizione elementare nel PM₁₀, ciascuna della durata superiore o uguale a 10 gg, in tutte e tre le bocche di porto secondo il seguente schema: Punta Sabbioni (2 campagne), Malamocco (2 campagne) e Chioggia (2 campagne). La Figura 1.1 riporta la collocazione delle stazioni di misura, mentre la Tabella 1.1 le relative coordinate Gauss Boaga.



Fig. 1.1- Stazioni di misura dei metalli nel PM₁₀.

Tab. 1.1 - Coordinate Gauss Boaga delle stazioni per la misura dei metalli nel PM₁₀

Codice	Località e note stazione	Lat.	Long.
METAL2	Bocca di Malamocco - S. Maria del Mare. Strumento posizionato presso la casa di cura a Santa Maria del Mare	2309886.58	5023556.59
METAL3	Bocca di Chioggia - Sottomarina. Strumento posizionato nell'area di cantiere, dietro il prefabbricato a sinistra dell'entrata	2307851.24	5012036.27
METAL4	Bocca di Lido - Punta Sabbioni. Strumento posizionato all'interno del Circolo SO.CI.VE.	2318346.76	5035066.54

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Le analisi per le determinazioni analitiche sono state effettuate presso l'Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali (IDPA) del CNR di Venezia. La metodologia analitica seguita prevede che i campioni di PM₁₀, raccolti su filtri in fibra di quarzo (Sartorius), pesati per tre volte prima e dopo il campionamento, siano sottoposti ad un trattamento di mineralizzazione mediante digestione acida per riscaldamento tramite forno a microonde (Milestone, ETHOS 1) e disgregati con una miscela costituita da 6 ml di HNO₃, 3 ml di H₂O₂ e 3 ml di HF (ultrapuro, Romil). Il programma di riscaldamento utilizzato è costituito dai seguenti stadi:

- 1) rampa di temperatura da 0 a 100 °C della durata di 20 min;
- 2) 5 min a 100 °C;
- 3) rampa di temperatura da 100 °C a 120°C della durata di 5 min;
- 4) 5 min a 120 °C;
- 5) rampa di temperatura da 120 °C a 140°C della durata di 5 min;
- 6) 5 min a 140°C;
- 7) rampa di temperatura da 140 °C a 160°C della durata di 5 min;
- 8) 5 min a 160 °C;
- 9) rampa di temperatura da 160°C a 180°C della durata di 5 min;
- 10) 10 min a 180 °C.
- 11) 20 minuti di ventilazione per il raffreddamento.

I campioni ottenuti dalla digestione acida vengono diluiti a 30 ml con acqua Milli-Q in contenitori di polietilene precedentemente decontaminati. Le concentrazioni degli elementi in tracce sono determinate mediante spettrometria di massa con sorgente al plasma accoppiato induttivamente ed analizzatore a quadrupolo (ICP-QMS) (spettrometro Agilent 7500). Gli elementi analizzati sono stati i seguenti: As, Ni, Cd, Pb, V, Cr, Co, Mo, Sb, Zn, Cu, Fe, Tl.

1.2 Idrocarburi Policicli Aromatici (IPA)

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), sia associati alle particelle di polvere (aerosol) che presenti in fase gassosa, sono ritenuti ad elevata azione cancerogena e rappresentativi dei processi di combustione che comprendono, fra gli altri, le emissioni dovute a veicoli ad alimentazione diesel quali quelli presenti nell'area cantieri (scavatrici, benne, mezzi marittimi, etc.).

I campionamenti sono stati effettuati con un campionatore ad alto volume (Tisch Environment) con l'aspirazione dell'aria (portata 0.4 m³/min) attraverso un filtro in fibra di quarzo (QFF), per la raccolta degli IPA presenti sulle particelle di polvere, e attraverso un materiale adsorbente, posto a valle del filtro e costituito da un cilindro in schiuma di poliuretano (PUF), per il campionamento della frazione di IPA presente in fase vapore.

Nel decimo anno di monitoraggio sono state effettuate 2 campagne di misura a Malamocco (stazione IPA2, Figura 1.2). In Tabella 1.2 le relative coordinate.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI



Fig. 1.2 - Postazioni di misura per gli IPA.

Tab. 1.2 - Coordinate Gauss Boaga dei punti di misura degli IPA in aria

Codice	Località e note stazione	Lat.	Long.
IPA2	Bocca di Malamocco - S.Maria del Mare. Strumento posizionato all'interno del cantiere di Malamocco, presso la pesa	2310358.88	5023371.50

Le analisi chimiche sono state effettuate dal Laboratorio Centro Studi Microinquinanti Organici di Voltabarozzo del MAV. Gli IPA determinati sia nella fase vapore (puff) che aerosospesa (aerosol) sono i seguenti: Naftalene, Acenaftilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indenopirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h)perilene.

2. DEFINIZIONE DELLE SOGLIE

Per quanto riguarda le soglie di riferimento, elaborate dopo nove anni di monitoraggio, si fa riferimento a quanto riportato nell'Allegato "Aggiornamento Soglie" del Rapporto Finale relativo al nono anno di monitoraggio [Studio B. 6.72 B/9, Rapporto Finale, Luglio 2014].

2.1 Determinazione dei metalli nel PM₁₀

Per quanto riguarda le soglie relative ai metalli, anche se il Decreto Legislativo 155 stabilisce che i valori obiettivo per i metalli nel PM₁₀ devono essere raggiunti entro il 2012, si è continuato ad utilizzare lo schema in vigore nei precedenti anni di monitoraggio. Per As, Ni, Cd i valori obiettivo, media annuale delle medie giornaliere, sono riportati in Tabella 2.1, mentre per il Pb il valore limite è 500 ng/m³.

Tab. 2.1- Valori obiettivo dei metalli nel PM₁₀ previsti dal Decreto Legislativo 155.

Elemento	Valore obiettivo (ng/m ³)
As	6
Cd	5
Ni	20

2.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Il Decreto Legislativo n. 155 del 13/08/2010 prevede il monitoraggio del Benzo(a)pirene nella frazione PM₁₀. Come già riportato nella Introduzione del presente documento, si è ritenuto opportuno proseguire l'attuale schema di monitoraggio, che prevede la determinazione del Benzo(a)pirene sul particolato totale, in quanto ciò permette di proseguire il confronto con la serie storica relativa ai precedenti anni di misura. In secondo luogo la normativa prevede l'obiettivo qualità di 1 ng/m³ espresso come media annuale, su base giornaliera, e quindi non confrontabile direttamente con le misure svolte a Punta Sabbioni e a Malamocco che sono a carattere discontinuo. Infine, poiché il PM₁₀ è una frazione del particolato totale, il rispetto (qualitativo) del valore obiettivo sul particolato totale garantisce anche il suo rispetto nella frazione PM₁₀.

Le concentrazioni di Benzo(a)pirene mostrano un forte andamento stagionale legato alla tipologia di sorgenti (ad esempio il riscaldamento domestico), alle condizioni meteorologiche e alla presenza di radiazione solare (degradazione fotolitica). Pertanto si è individuato un valore, di concentrazione di Benzo(a)pirene, indicativo della variabilità stagionale di tale inquinante nella laguna di Venezia. Si è utilizzato come valore indicativo la media di Benzo(a)pirene del mese nel quale sono stati effettuati i campionamenti, ottenuta dalla serie storica delle misure ARPAV svolte presso la stazione di Bissuola, incrementata di una deviazione standard (Tabella 2.2).

In caso di superamento del valore obiettivo di 1 ng/m³ le medie delle concentrazioni di Benzo(a)pirene, ottenute nelle campagne di misura svolte presso le bocche di Malamocco e di Punta Sabbioni, verranno confrontate con il valore indicativo di variabilità stagionale di tale inquinante (in base al periodo di svolgimento delle campagne di monitoraggio).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Tab. 2.2 - Valori indicativi della variabilità stagionale del Benzo(a)pirene nella Laguna di Venezia. Unità di misura: ng/m³

Mese	Media	Dev.Stand.	Valore indicativo
Gennaio	4.4	1.4	5.8
Febbraio	2.4	0.6	3.0
Marzo	0.8	0.3	1.1
Aprile	0.2	0.1	0.3
Maggio	0.1	0.0	0.1
Giugno	0.1	0.0	0.1
Luglio	0.1	0.0	0.1
Agosto	0.1	0.0	0.1
Settembre	0.1	0.0	0.1
Ottobre	0.6	0.2	0.8
Novembre	2.4	0.8	3.2
Dicembre	3.9	0.8	4.7

La soglia di allarme, secondo il Rapporto di Variabilità [Studio B.6.72 B/1, 2005], è identificata come la concentrazione di Benzo(a)pirene >8.6 ng/m³.

3. RISULTATI MONITORAGGIO METALLI

3.1 Monitoraggio dei metalli nel PM₁₀

Si riportano i risultati delle analisi del contenuto di metalli nel PM₁₀ relativi al decimo anno di monitoraggio. Si fa presente che in alcuni casi il livello di concentrazione non era quantificabile in maniera affidabile. In questi casi è stata riportata la dicitura u.d.l. nelle tabelle e tali giorni non sono inclusi nelle medie. Le campagne di misura svolte sono riportate in Tabella 3.1.

Tabella 3.1 - Descrizione delle campagne di misura di concentrazione dei metalli nel PM₁₀ effettuate nel decimo anno di monitoraggio.

Sito di misura	Numero di campagne	Periodo di campionamento	Numero di dati disponibili
Punta Sabbioni	2	26/09/2014 - 09/10/2014 17/03/2015 - 29/03/2015	27
Malamocco	2	26/09/2014 - 09/10/2014 17/02/2015 - 02/03/2015	28
Chioggia	2	11/10/2014 - 24/10/2014 04/03/2015 - 15/03/2015	26

Gli elementi analizzati sono stati: Vanadio (V), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Cobalto (Co), Nichel (Ni), Rame (Cu), Zinco (Zn), Arsenico (As), Molibdeno (Mo), Cadmio (Cd), Antimonio (Sb), Tallio (Tl) e Piombo (Pb).

I dati meteorologici di riferimento utilizzati per tutti i siti di misura sono quelli della stazione di MalamoccoLaguna forniti da MAV-CVN.

3.1.1 Campagna di misura a Punta Sabbioni

I dati meteorologici relativi ai periodi di misura sono riportati nella Tabella 3.2. Nelle Figure 3.1 e 3.2 si riportano le correlazioni fra le direzioni prevalenti del vento e fra le concentrazioni dei metalli, in termini di concentrazione assoluta e di concentrazione relativa, e il PM₁₀.

Le concentrazioni dei metalli nel PM₁₀ rilevate a Punta Sabbioni sono riportate in Tabella 3.3, mentre i risultati in termini di composizione (concentrazioni relative) sono riportati in Tabella 3.4 con evidenziati in rosso i giorni festivi. Nelle Tabelle sono inoltre riportati i valori medi, minimi e massimi espressi rispettivamente in termini di concentrazione ed in termini relativi.

Nella Tabella 3.5 si riportano i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni assolute confrontando l'intero periodo di misura con le concentrazioni ottenute scorrendo i giorni feriali e quelli festivi. Nella Tabella 3.6 la stessa analisi è riportata per le concentrazioni relative.

Si osserva che le concentrazioni medie nei periodi festivi sono comparabili (considerando la deviazione standard) con quelle dei periodi feriali sia in termini assoluti che in termini relativi.

Nelle direzioni in cui il sito di misura risulta sottovento rispetto al cantiere (settore fra 180° e 360° gradi) vi è solo un unico dato e pertanto non è possibile effettuare un confronto statisticamente significativo con le altre direzioni del vento.

Nella Tabella 3.7 è riportata la matrice dei coefficienti di correlazione fra i diversi metalli rilevati.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Tab. 3.2 - Riassunto dei dati meteorologici giornalieri nel sito di misura di Punta Sabbioni. In rosso i giorni festivi . Con (*) sono contrassegnate le direzioni del vento che risultano variabili.

Data	Direzione prevalente (°)	Precipitazioni (mmH ₂ O)	Velocità del vento (m/s)	PM ₁₀ (µg/m ³)
26/09/2014	22.5	0	3.64	12.2
27/09/2014	135	0	2.37	26.9
28/09/2014	22.5	0	3.1	29.8
29/09/2014	135	0	3.04	15.7
30/09/2014	112.5	0	2.36	18.3
01/10/2014	315	9.6	3.08	28.6
02/10/2014	0	0	4.12	13.6
03/10/2014	0	0	3.56	17.4
04/10/2014	22.5	0	3.97	15.9
05/10/2014	22.5	0	4.27	25.7
06/10/2014	22.5	0	3.92	34.7
07/10/2014	90	0	2.43	38.5
08/10/2014	22.5	0.8	4.36	32.1
09/10/2014	135	0.4	2.48	36.7
17/03/2015	45	0.1	6.84	29.2
18/03/2015	(*)	0	2.43	37.8
19/03/2015	135	0	2.14	15.1
20/03/2015	90	0	2.79	29.8
21/03/2015	67.5	0	2.96	23.3
22/03/2015	22.5	6.5	5.85	18.0
23/03/2015	22.5	0	3.36	38.9
24/03/2015	45	0	2.97	44.6
25/03/2015	45	30.8	9.67	18.9
26/03/2015	(*)	10.8	3.64	18.8
27/03/2015	0	6.4	5.03	19.3
28/03/2015	135	0	3.12	19.3
29/03/2015	112.5	0	3.33	19.5

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

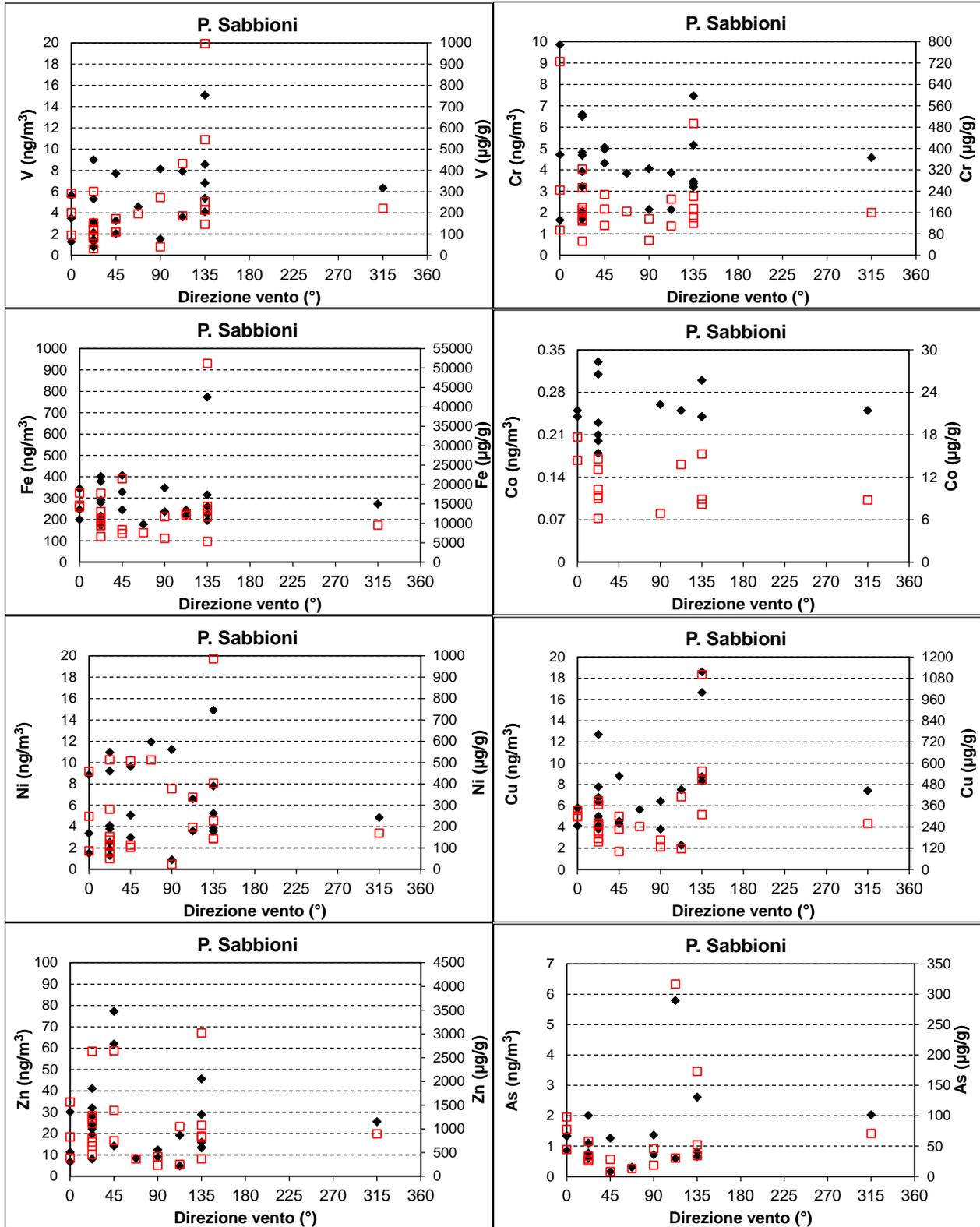


Fig. 3.1 – Correlazione fra le concentrazioni (esprese in termini assoluti e relativi) di metalli nel PM10 e le direzioni prevalenti del vento. Dall'alto in basso si analizzano: V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As. In rosso le concentrazioni relative. Sito di misura di Punta Sabbioni.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

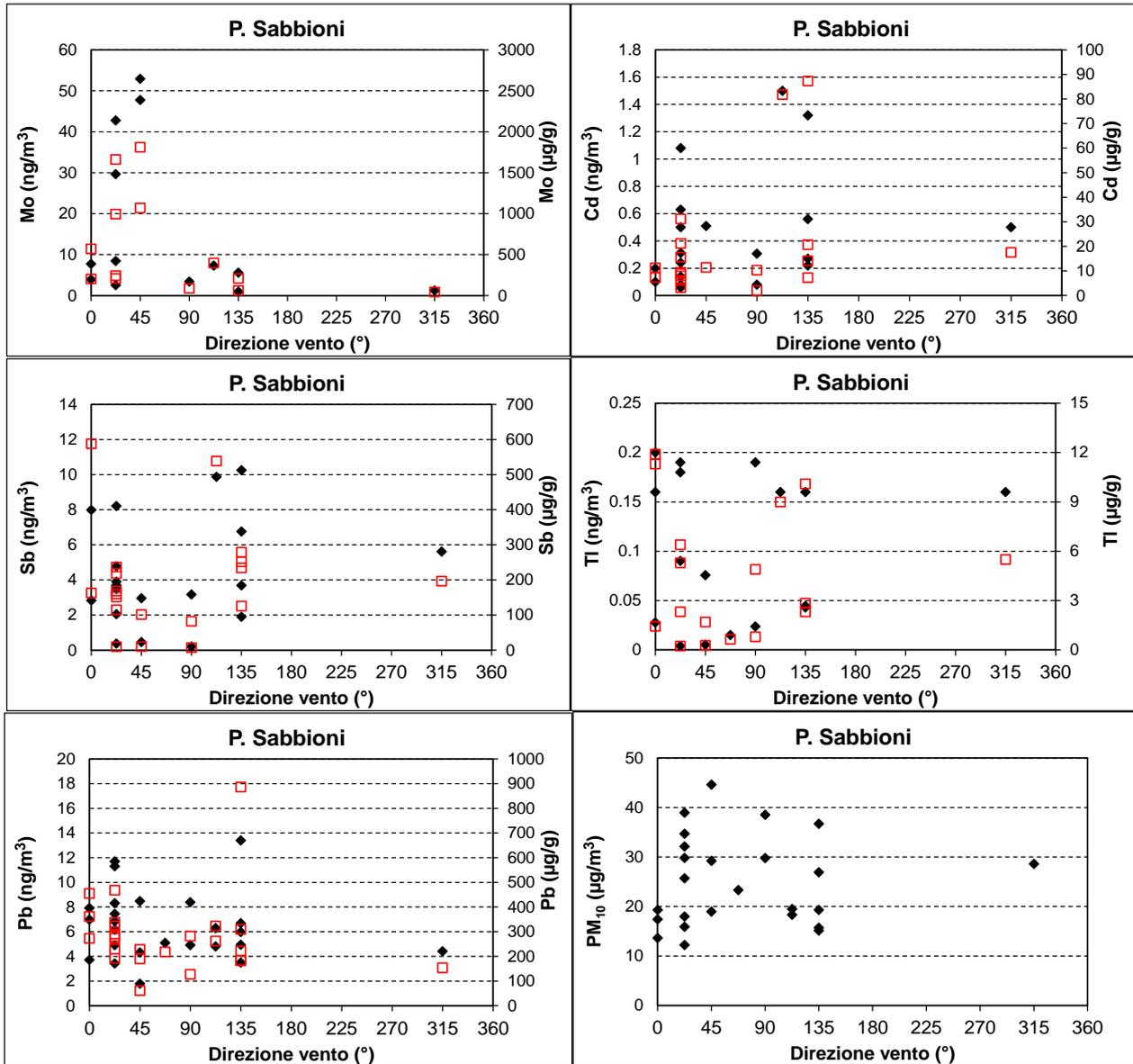


Fig. 3.2 Correlazione fra le concentrazioni (esprese in termini assoluti e relativi) di metalli nel PM₁₀ e le direzioni prevalenti del vento. Dall'alto in basso si analizzano: Mo, Cd, Sb, Tl, Pb e PM₁₀. In rosso le concentrazioni relative. Sito di misura di Punta Sabbioni.

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 3.3 - Concentrazioni assolute (ng/m³) dei metalli nel PM₁₀ a Punta Sabbioni. In rosso i giorni festivi. u.d.l. indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità.

Data di misura	V (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Co (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Mo (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Tl (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
26/09/2014	1.50	3.92	215.51	0.18	1.87	4.73	32.05	u.d.l.	2.57	0.08	2.04	u.d.l.	3.42	12.2
27/09/2014	6.82	3.20	314.53	0.24	3.87	8.33	28.90	u.d.l.	5.63	0.56	6.75	u.d.l.	4.94	26.9
28/09/2014	8.99	4.81	279.34	0.31	4.09	7.78	24.19	0.77	29.68	0.63	4.77	0.19	6.84	29.8
29/09/2014	8.57	3.46	225.39	0.24	3.56	8.74	13.35	0.82	0.97	0.22	3.68	0.16	3.49	15.7
30/09/2014	7.92	3.86	219.31	0.25	3.59	7.53	19.20	5.80	7.32	1.50	9.87	0.16	4.80	18.3
01/10/2014	6.35	4.57	272.07	0.25	4.85	7.42	25.57	2.03	1.28	0.50	5.61	0.16	4.40	28.6
02/10/2014	1.29	9.86	199.69	0.24	3.37	4.13	11.29	1.33	7.77	0.10	7.98	0.16	3.71	16.3
03/10/2014	3.50	1.65	246.10	0.25	1.50	5.82	6.73	1.35	u.d.l.	0.20	2.83	0.20	7.91	17.4
04/10/2014	1.31	2.04	207.16	0.21	1.87	4.13	19.63	u.d.l.	u.d.l.	0.14	3.47	u.d.l.	7.45	15.9
05/10/2014	0.81	6.50	289.91	0.23	1.29	6.36	28.69	u.d.l.	42.78	0.24	3.89	u.d.l.	8.31	25.7
06/10/2014	5.31	4.68	378.43	0.33	3.78	12.71	22.08	2.01	8.46	1.08	8.21	0.18	11.70	34.7
07/10/2014	1.55	2.14	235.84	0.26	0.89	6.44	8.99	0.72	3.42	0.08	3.16	0.19	4.91	38.5
08/10/2014	3.02	1.68	211.61	0.20	2.53	5.01	41.07	u.d.l.	u.d.l.	0.50	3.69	u.d.l.	6.15	32.1
09/10/2014	5.37	5.16	195.40	0.30	5.23	18.61	13.60	u.d.l.	u.d.l.	0.27	10.25	u.d.l.	6.69	36.7
17/03/2015	3.26	5.06	244.25	u.d.l.	2.99	8.79	77.27	u.d.l.	52.95	u.d.l.	2.95	u.d.l.	1.79	29.2
18/03/2015	9.25	6.44	954.74	0.02	12.95	7.45	27.97	1.14	u.d.l.	0.07	0.41	0.04	9.73	37.8
19/03/2015	15.07	7.46	773.47	u.d.l.	14.90	16.65	45.65	2.62	u.d.l.	1.32	1.89	0.04	13.40	15.1
20/03/2015	8.12	4.04	348.07	u.d.l.	11.23	3.80	12.39	1.37	u.d.l.	0.31	0.19	0.02	8.38	29.8
21/03/2015	4.58	3.83	177.03	u.d.l.	11.94	5.66	8.48	0.31	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.01	5.09	23.3
22/03/2015	2.16	3.21	171.99	u.d.l.	9.21	3.80	8.13	0.61	u.d.l.	0.06	u.d.l.	0.004	4.91	18.0
23/03/2015	3.12	6.59	400.66	u.d.l.	10.95	6.80	28.09	1.11	u.d.l.	0.31	0.37	0.09	11.31	38.9
24/03/2015	7.71	4.95	328.28	u.d.l.	5.07	4.54	62.00	1.26	47.77	0.51	0.45	0.08	8.47	44.6
25/03/2015	2.07	4.31	406.55	u.d.l.	9.62	4.30	14.22	0.16	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.01	4.32	18.9
26/03/2015	3.24	4.99	240.44	u.d.l.	2.93	8.72	76.57	0.03	52.38	u.d.l.	2.92	u.d.l.	1.77	18.8
27/03/2015	5.63	4.71	344.00	u.d.l.	8.85	5.75	30.15	0.86	3.94	u.d.l.	u.d.l.	0.03	6.98	19.3
28/03/2015	4.11	3.37	260.02	u.d.l.	7.79	u.d.l.	15.88	0.66	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.04	5.97	19.3
29/03/2015	3.63	2.13	243.88	u.d.l.	6.59	2.29	4.88	0.59	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	6.30	19.5
Media	4.97	4.39	310.51	0.23	5.83	7.17	26.19	1.28	19.07	0.43	4.07	0.10	6.41	24.1
Min	0.81	1.65	171.99	u.d.l.	0.89	u.d.l.	4.88	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	1.77	10.3
Max	15.07	9.86	954.74	0.33	14.90	18.61	77.27	5.80	52.95	1.50	10.25	0.20	13.40	44.6

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Tab. 3.4 - Concentrazioni relative ($\mu\text{g/g}$) dei metalli nel PM₁₀ a Punta Sabbioni. In rosso i giorni festivi. u.d.l. indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità.

Data di misura	V ($\mu\text{g/g}$)	Cr ($\mu\text{g/g}$)	Fe ($\mu\text{g/g}$)	Co ($\mu\text{g/g}$)	Ni ($\mu\text{g/g}$)	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Zn ($\mu\text{g/g}$)	As ($\mu\text{g/g}$)	Mo ($\mu\text{g/g}$)	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Sb ($\mu\text{g/g}$)	Tl ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)
26/09/2014	123.6	322.7	17720.7	14.6	153.5	388.5	2635.6	u.d.l.	211.5	6.2	167.6	u.d.l.	281.0
27/09/2014	253.9	119.2	11708.9	8.9	144.1	310.0	1075.7	u.d.l.	209.8	20.7	251.5	u.d.l.	184.0
28/09/2014	301.7	161.2	9371.7	10.3	137.1	261.0	811.4	25.9	995.6	21.2	159.9	6.4	229.4
29/09/2014	545.2	220.4	14340.9	15.3	226.6	555.8	849.7	52.4	61.9	14.2	233.9	10.1	222.1
30/09/2014	432.1	210.8	11972.2	13.8	196.1	411.1	1048.1	316.8	399.6	81.8	538.6	9.0	262.0
01/10/2014	222.3	160.0	9526.2	8.8	169.7	260.0	895.4	71.0	44.7	17.6	196.4	5.5	153.9
02/10/2014	95.1	725.9	14699.5	17.7	248.4	303.7	830.8	97.9	571.9	7.3	587.5	11.9	272.9
03/10/2014	201.3	94.7	14154.8	14.4	86.3	334.9	387.1	77.8	u.d.l.	11.3	162.6	11.3	455.2
04/10/2014	82.1	128.3	13017.4	13.1	117.3	259.7	1233.5	u.d.l.	u.d.l.	9.0	217.9	u.d.l.	467.9
05/10/2014	31.3	252.7	11269.2	9.0	50.0	247.2	1115.1	u.d.l.	1662.8	9.5	151.1	u.d.l.	323.1
06/10/2014	152.9	135.0	10907.5	9.4	108.8	366.2	636.5	58.0	243.8	31.2	236.7	5.3	337.3
07/10/2014	40.3	55.7	6121.1	6.9	23.1	167.0	233.3	18.6	88.7	2.0	81.9	4.9	127.3
08/10/2014	93.9	52.4	6586.9	6.2	78.8	156.1	1278.3	u.d.l.	u.d.l.	15.6	114.8	u.d.l.	191.5
09/10/2014	146.2	140.6	5318.6	8.2	142.3	506.6	370.1	u.d.l.	u.d.l.	7.3	279.0	u.d.l.	182.2
17/03/2015	111.7	173.1	8359.7	u.d.l.	102.2	301.0	2644.8	u.d.l.	1812.1	u.d.l.	100.9	u.d.l.	61.2
18/03/2015	244.9	170.7	25287.8	0.6	343.0	197.3	740.8	30.3	u.d.l.	1.8	10.9	1.1	257.6
19/03/2015	996.7	493.3	51161.3	u.d.l.	985.5	1101.1	3019.5	173.0	u.d.l.	87.3	125.3	2.8	886.5
20/03/2015	273.0	135.9	11696.6	u.d.l.	377.4	127.8	416.3	45.9	u.d.l.	10.3	6.5	0.8	281.6
21/03/2015	196.5	164.4	7592.4	u.d.l.	512.2	242.7	363.6	13.1	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.6	218.1
22/03/2015	120.0	178.5	9570.8	u.d.l.	512.6	211.7	452.7	33.8	u.d.l.	3.2	u.d.l.	0.2	273.5
23/03/2015	80.3	169.4	10292.1	u.d.l.	281.4	174.6	721.5	28.4	u.d.l.	8.0	9.6	2.3	290.5
24/03/2015	172.9	111.1	7363.8	u.d.l.	113.7	101.9	1390.7	28.3	1071.5	11.4	10.2	1.7	190.0
25/03/2015	109.2	227.6	21456.6	u.d.l.	507.8	227.1	750.3	8.2	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.3	228.0
26/03/2015	172.4	265.7	12804.2	u.d.l.	156.1	464.6	4077.4	1.6	2789.2	u.d.l.	155.6	u.d.l.	94.1
27/03/2015	291.7	243.9	17825.2	u.d.l.	458.6	297.9	1562.4	44.5	204.2	u.d.l.	u.d.l.	1.4	361.7
28/03/2015	212.8	174.6	13475.6	u.d.l.	403.6	u.d.l.	823.0	34.3	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	2.3	309.2
29/03/2015	186.2	109.6	12521.6	u.d.l.	338.3	117.6	250.8	30.4	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	323.2
Media	218.2	199.9	13560.1	10.5	258.3	311.3	1133.9	59.5	740.5	18.9	180.9	4.3	276.5
Min	31.3	52.4	5318.6	u.d.l.	23.1	u.d.l.	233.3	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	61.2
Max	996.7	725.9	51161.3	17.7	985.5	1101.1	4077.4	316.8	2789.2	87.3	587.5	11.9	886.5

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 3.5 – Confronto fra le concentrazioni assolute medie, massime e minime scorporando i giorni feriali da quelli festivi. Sito di misura di Punta Sabbioni. Con u.d.l. si indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità.

TUTTI I DATI	V (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Co (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Mo (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Tl (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Media	4.97	4.39	310.51	0.23	5.83	7.17	26.19	1.28	19.07	0.43	4.07	0.10	6.41	25.1
Min	0.81	1.65	171.99	u.d.l.	0.89	u.d.l.	4.88	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	1.77	12.2
Max	15.07	9.86	954.74	0.33	14.90	18.61	77.27	5.80	52.95	1.50	10.25	0.20	13.40	44.6
FERIALI	V (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Co (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Mo (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Tl (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Media	5.16	4.43	321.68	0.23	5.92	7.55	27.87	1.39	16.20	0.46	4.04	0.10	6.38	25.5
Min	1.29	1.65	177.03	u.d.l.	0.89	u.d.l.	6.73	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	1.77	12.2
Max	15.07	9.86	954.74	0.33	14.90	18.61	77.27	5.80	52.95	1.50	10.25	0.20	13.40	44.6
FESTIVI	V (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Co (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Mo (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Tl (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Media	3.90	4.16	246.28	0.27	5.30	5.06	16.47	0.66	36.23	0.31	4.33	0.10	6.59	23.2
Min	0.81	2.13	171.99	u.d.l.	1.29	2.29	4.88	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	4.91	18.0
Max	8.99	6.50	289.91	0.31	9.21	7.78	28.69	0.77	42.78	0.63	4.77	0.19	8.31	29.8

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Tab. 3.6 - Confronto fra le concentrazioni relative medie, massime e minime scorporando i giorni feriali da quelli festivi. Sito di misura di Punta Sabbioni. Con u.d.l. si indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità.

TUTTI I DATI	V (µg/g)	Cr (µg/g)	Fe (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	As (µg/g)	Mo (µg/g)	Cd (µg/g)	Sb (µg/g)	Tl (µg/g)	Pb (µg/g)
Media	218.2	199.9	13560.1	10.5	258.3	311.3	1133.9	59.5	740.5	18.9	180.9	4.3	276.5
Min	31.3	52.4	5318.6	u.d.l.	23.1	u.d.l.	233.3	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	61.2
Max	996.7	725.9	51161.3	17.7	985.5	1101.1	4077.4	316.8	2789.2	87.3	587.5	11.9	886.5
FERIALI	V (µg/g)	Cr (µg/g)	Fe (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	As (µg/g)	Mo (µg/g)	Cd (µg/g)	Sb (µg/g)	Tl (µg/g)	Pb (µg/g)
Media	228.3	204.1	14060.4	10.6	258.1	329.8	1216.7	64.7	642.4	20.2	183.5	4.5	274.6
Min	40.3	52.4	5318.6	u.d.l.	23.1	u.d.l.	233.3	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	61.2
Max	996.7	725.9	51161.3	17.7	985.5	1101.1	4077.4	316.8	2789.2	87.3	587.5	11.9	886.5
FESTIVI	V (µg/g)	Cr (µg/g)	Fe (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	As (µg/g)	Mo (µg/g)	Cd (µg/g)	Sb (µg/g)	Tl (µg/g)	Pb (µg/g)
Media	159.8	175.5	10683.3	9.7	259.5	209.4	657.5	30.0	1329.2	11.3	155.5	3.3	287.3
Min	31.3	109.6	9371.7	u.d.l.	50.0	117.6	250.8	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	229.4
Max	301.7	252.7	12521.6	10.3	512.6	261.0	1115.1	33.8	1662.8	21.2	159.9	6.4	323.2

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 3.7 - Coefficienti di correlazione fra gli elementi rilevati nel PM10. Evidenziate in grassetto le correlazioni maggiori o uguali a 0.7. Sono stati considerati solo gli elementi che hanno almeno 2/3 dei campioni quantificati (al di sopra della soglia di rilevabilità).

	V	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Sb	Tl	Pb	PM ₁₀
V	1.00	0.22	0.60	0.50	0.50	0.14	0.43	0.60	-0.08	-0.07	0.45	0.13
Cr		1.00	0.42	0.31	0.31	0.25	0.12	0.11	0.05	-0.10	0.23	0.05
Fe			1.00	0.63	0.29	0.17	0.10	0.21	-0.41	-0.31	0.62	0.22
Ni				1.00	0.12	-0.11	-0.09	0.18	-0.39	-0.85	0.46	0.05
Cu					1.00	0.21	0.35	0.47	0.41	0.21	0.31	0.19
Zn						1.00	0.005	0.34	-0.33	-0.15	-0.11	0.20
As							1.00	0.81	0.56	0.32	0.22	-0.06
Cd								1.00	0.36	0.11	0.37	-0.03
Sb									1.00	0.67	-0.24	-0.15
Tl										1.00	-0.12	0.10
Pb											1.00	0.35
PM ₁₀												1.00

3.1.2 Campagne di misura a Malamocco

I dati meteorologici relativi ai diversi giorni di misura sono riportati nella Tabella 3.8. Nelle Figure 3.3 e 3.4 si riportano le correlazioni fra le direzioni prevalenti del vento e fra le concentrazioni dei metalli, in termini di concentrazione assoluta e di concentrazione relativa, e il PM₁₀.

Le concentrazioni dei metalli nel PM₁₀ rilevate a Malamocco sono riportate in Tabella 3.9, mentre i risultati in termini di composizione (concentrazioni relative) sono riportati in Tabella 3.10 con evidenziati in rosso i giorni festivi. Nelle Tabelle sono inoltre riportati i valori medi, minimi e massimi espressi rispettivamente in termini di concentrazione ed in termini relativi.

Nella Tabella 3.11 si riportano i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni assolute confrontando l'intero periodo di misura con le concentrazioni ottenute scorpendo i giorni feriali e quelli festivi. Nella Tabella 3.12 la stessa analisi è riportata per le concentrazioni relative. Le concentrazioni medie risultano confrontabili tra i giorni feriali e festivi per tutti gli elementi (considerando la deviazione standard).

Il sito di misura risulta sottovento al cantiere nell'intervallo di direzioni fra 320° e 120°. Quasi tutti i dati disponibili sono in tali direzioni per cui non è possibile fare un confronto statisticamente significativo con le altre direzioni del vento.

Nella Tabella 3.13 è riportata la matrice dei coefficienti di correlazione fra i diversi metalli rilevati.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 3.8 - Riassunto dei dati meteorologici giornalieri durante le campagne di misura a Malamocco. In rosso i giorni festivi . Con (*) sono contrassegnate le direzioni del vento che risultano variabili.

Data	Direzione prevalente (°)	Precipitazioni (mmH ₂ O)	Velocità del vento (m/s)	PM ₁₀ (µg/m ³)
26/09/2014	22.5	0	3.64	10.3
27/09/2014	135	0	2.37	19.4
28/09/2014	22.5	0	3.1	24.6
29/09/2014	135	0	3.04	14.1
30/09/2014	112.5	0	2.36	12.1
01/10/2014	315	9.6	3.08	18.6
02/10/2014	0	0	4.12	15
03/10/2014	0	0	3.56	17.2
04/10/2014	22.5	0	3.97	18.4
05/10/2014	22.5	0	4.27	24.6
06/10/2014	22.5	0	3.92	31.5
07/10/2014	90	0	2.43	39.3
08/10/2014	22.5	0.8	4.36	29.2
09/10/2014	135	0.4	2.48	42.7
17/02/2015	45	0	6.47	42.8
18/02/2015	22.5	0	4.65	31.6
19/02/2015	135	0	2.79	53.2
20/02/2015	(*)	0	2.47	78.0
21/02/2015	45	0	4.33	48.2
22/02/2015	22.5	9.1	7.56	17.2
23/02/2015	135	0	2.81	52.1
24/02/2015	45	0	4.46	7.5
25/02/2015	337.5	0.5	5.41	11.1
26/02/2015	0	0	2.98	16.8
27/02/2015	45	0	3.16	21.6
28/02/2015	0	0	2.72	22.8
01/03/2015	(*)	0	3.10	37.2
02/03/2015	22.5	0	2.51	47.7

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

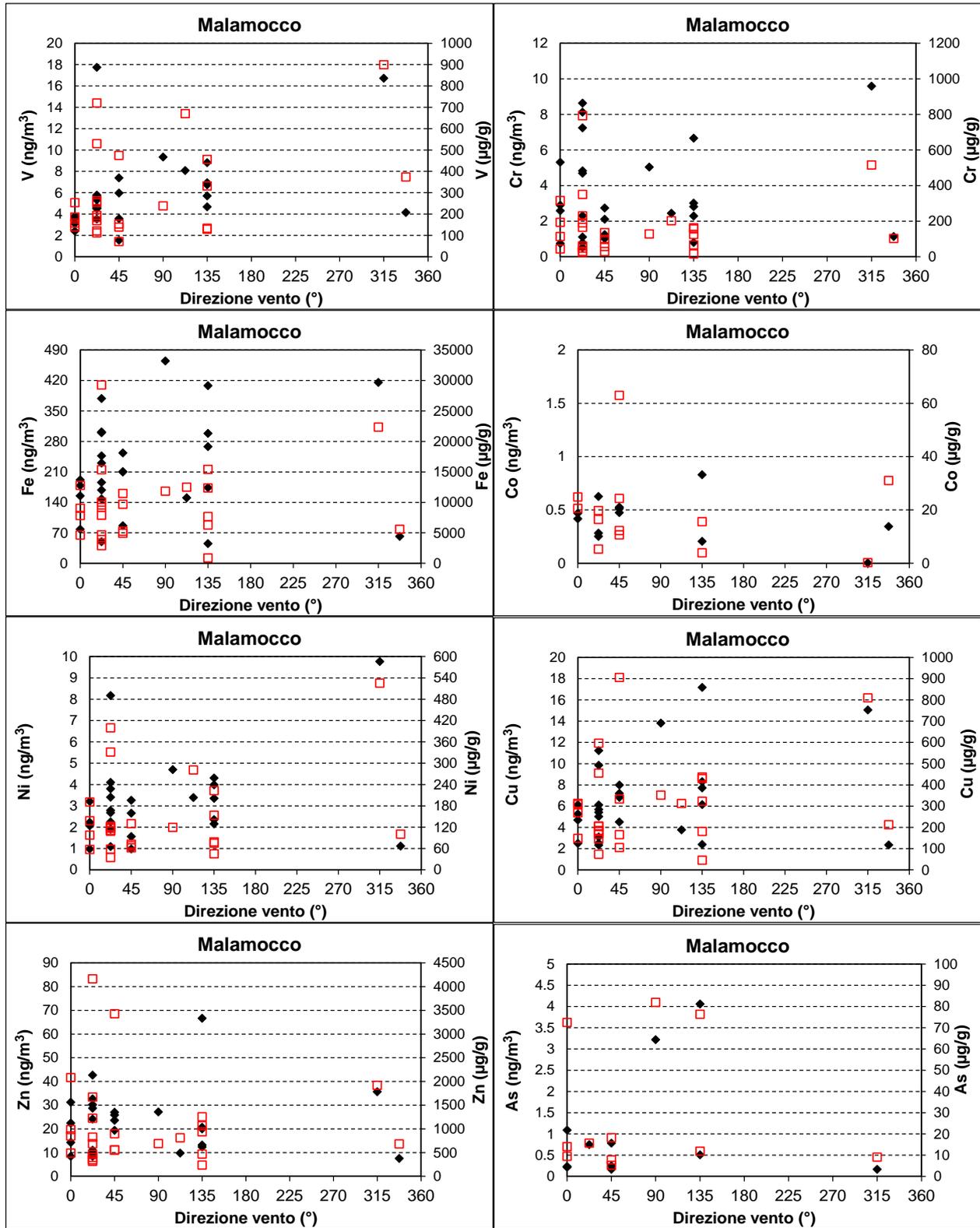


Fig. 3.3 - Correlazione fra le concentrazioni (esprese in termini assoluti e relativi) di metalli nel PM_{10} e le direzioni prevalenti del vento. Dall'alto in basso si analizzano: V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As. In rosso le concentrazioni relative. Sito di misura di Malamocco.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

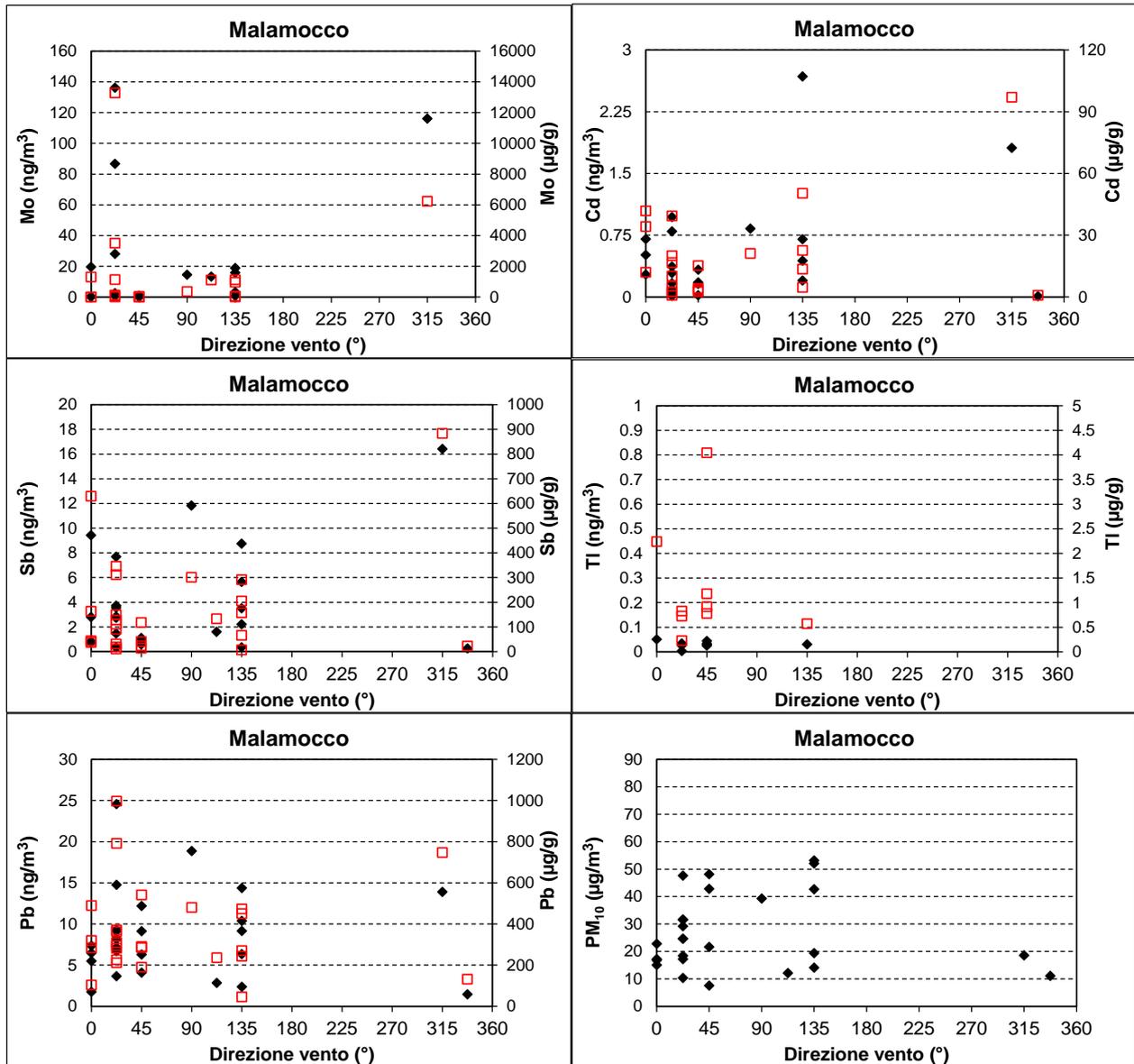


Fig. 3.4 - Correlazione fra le concentrazioni (esprese in termini assoluti e relativi) di metalli nel PM₁₀ e le direzioni prevalenti del vento. Dall'alto in basso si analizzano: Mo, Cd, Sb, Tl, Pb e PM₁₀. In rosso le concentrazioni relative. Sito di misura di Malamocco.

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Tab. 3.9- Concentrazioni assolute dei metalli (ng/m³) nel PM₁₀ a Malamocco. In rosso i giorni festivi. Con u.d.l. si indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità.

Data di misura	V (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Co (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Mo (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Tl (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
26/09/2014	5.43	8.13	300.09	u.d.l.	4.10	6.12	42.70	u.d.l.	136.25	0.01	3.55	u.d.l.	8.12	10.3
27/09/2014	8.82	3.02	298.48	u.d.l.	4.31	8.32	20.68	u.d.l.	18.94	0.44	5.64	u.d.l.	9.15	19.4
28/09/2014	17.75	8.64	378.70	u.d.l.	8.17	11.24	30.20	u.d.l.	86.76	0.97	7.68	u.d.l.	24.55	24.6
29/09/2014	4.67	2.29	174.13	u.d.l.	2.16	6.15	13.19	u.d.l.	15.86	u.d.l.	2.21	u.d.l.	6.33	14.1
30/09/2014	8.08	2.44	150.69	u.d.l.	3.39	3.77	9.79	u.d.l.	13.42	u.d.l.	1.60	u.d.l.	2.84	12.1
01/10/2014	16.72	9.59	415.54	0.003	9.77	15.06	35.68	0.17	116.12	1.81	16.42	u.d.l.	13.88	18.6
02/10/2014	3.80	2.90	191.81	u.d.l.	2.07	4.70	31.22	1.09	19.70	0.51	9.43	u.d.l.	7.34	15
03/10/2014	2.40	0.75	155.14	u.d.l.	0.98	5.28	8.38	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	2.80	u.d.l.	5.48	17.2
04/10/2014	4.66	1.11	168.50	u.d.l.	2.25	3.11	8.43	u.d.l.	2.56	0.37	2.76	u.d.l.	6.68	18.4
05/10/2014	4.54	4.70	247.06	u.d.l.	2.68	5.03	9.76	u.d.l.	28.19	0.06	2.74	u.d.l.	9.14	24.6
06/10/2014	5.32	7.25	301.92	u.d.l.	3.80	5.69	9.90	u.d.l.	u.d.l.	0.08	2.84	u.d.l.	9.28	31.5
07/10/2014	9.35	5.04	464.80	u.d.l.	4.70	13.82	27.11	3.22	14.55	0.83	11.83	u.d.l.	18.85	39.3
08/10/2014	5.67	4.83	230.40	u.d.l.	3.41	5.43	24.15	u.d.l.	u.d.l.	0.29	3.72	u.d.l.	8.25	29.2
09/10/2014	5.70	2.82	268.06	u.d.l.	3.35	7.72	19.97	0.51	u.d.l.	0.20	8.75	u.d.l.	10.37	42.7
17/02/2015	5.97	1.24	210.77	0.52	2.66	4.52	23.59	0.78	0.90	0.18	0.58	0.03	12.18	42.8
18/02/2015	3.53	0.79	147.86	0.63	1.09	2.33	11.00	u.d.l.	u.d.l.	0.17	0.33	0.03	7.14	31.6
19/02/2015	6.93	6.67	408.08	0.83	3.99	17.18	66.66	4.06	3.28	2.68	3.51	0.03	14.36	53.2
20/02/2015	7.30	7.04	426.57	1.03	4.43	16.29	78.47	1.28	2.03	0.87	2.40	0.07	19.14	78.0
21/02/2015	7.39	2.75	253.80	0.51	3.26	7.99	27.01	0.25	0.10	0.16	1.11	0.04	9.13	48.2
22/02/2015	4.51	0.52	49.60	0.28	1.91	2.52	28.72	u.d.l.	1.26	u.d.l.	0.33	0.004	3.64	17.2
23/02/2015	6.74	0.80	45.42	0.20	2.35	2.39	12.35	u.d.l.	0.84	0.70	0.34	u.d.l.	2.35	52.1
24/02/2015	3.58	1.02	86.42	0.47	0.98	6.83	25.84	u.d.l.	u.d.l.	0.02	0.89	0.03	4.07	7.5
25/02/2015	4.15	1.14	62.12	0.34	1.11	2.36	7.55	u.d.l.	u.d.l.	0.01	0.25	u.d.l.	1.45	11.1
26/02/2015	3.12	5.31	78.18	0.42	3.21	2.50	14.27	0.24	0.40	0.70	0.74	u.d.l.	1.74	16.8
27/02/2015	1.54	2.11	209.75	0.52	1.56	7.21	19.36	0.17	0.95	0.33	0.88	0.03	6.28	21.6
28/02/2015	3.60	2.59	178.83	0.47	2.23	6.13	22.44	0.22	0.13	0.27	0.84	0.05	6.47	22.8
01/03/2015	2.59	2.83	198.24	0.46	1.55	7.04	35.55	0.60	1.42	0.15	1.33	0.08	11.93	37.2
02/03/2015	5.78	2.31	185.71	0.25	2.78	9.85	32.62	0.75	0.77	0.80	1.47	0.03	14.75	47.7
Media	6.06	3.59	224.52	0.46	3.15	7.02	24.88	1.03	22.12	0.53	3.46	0.04	9.10	28.74
Min	1.54	0.52	45.42	u.d.l.	0.98	2.33	7.55	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.25	u.d.l.	1.45	7.54
Max	17.75	9.59	464.80	1.03	9.77	17.18	78.47	4.06	136.25	2.68	16.42	0.08	24.55	78.04

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 3.10- Concentrazioni relative dei metalli ($\mu\text{g/g}$) nel PM₁₀ a Malamocco. In rosso i giorni festivi. Con u.d.l. si indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità.

Data di misura	V ($\mu\text{g/g}$)	Cr ($\mu\text{g/g}$)	Fe ($\mu\text{g/g}$)	Co ($\mu\text{g/g}$)	Ni ($\mu\text{g/g}$)	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Zn ($\mu\text{g/g}$)	As ($\mu\text{g/g}$)	Mo ($\mu\text{g/g}$)	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Sb ($\mu\text{g/g}$)	Tl ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)
26/09/2014	529.9	792.9	29269.9	u.d.l.	399.6	596.5	4164.4	u.d.l.	13289.3	0.8	345.8	u.d.l.	791.6
27/09/2014	455.9	156.3	15424.5	u.d.l.	222.9	429.9	1068.5	u.d.l.	978.8	22.6	291.4	u.d.l.	472.6
28/09/2014	720.1	350.5	15368.1	u.d.l.	331.6	456.1	1225.6	u.d.l.	3520.9	39.4	311.7	u.d.l.	996.3
29/09/2014	331.9	163.1	12378.5	u.d.l.	153.4	437.3	937.7	u.d.l.	1127.2	u.d.l.	157.0	u.d.l.	450.2
30/09/2014	670.6	202.5	12504.9	u.d.l.	281.0	312.6	812.8	u.d.l.	1113.7	u.d.l.	132.9	u.d.l.	235.9
01/10/2014	899.5	515.6	22351.5	0.2	525.4	810.1	1919.2	9.1	6245.9	97.1	883.4	u.d.l.	746.8
02/10/2014	253.8	193.4	12795.7	u.d.l.	138.1	313.6	2082.7	72.5	1314.5	34.2	629.4	u.d.l.	489.3
03/10/2014	139.8	43.5	9041.2	u.d.l.	57.2	307.9	488.4	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	163.5	u.d.l.	319.2
04/10/2014	253.1	60.2	9156.1	u.d.l.	122.5	169.0	458.0	u.d.l.	139.1	20.0	149.9	u.d.l.	363.2
05/10/2014	184.3	190.8	10031	u.d.l.	108.7	204.3	396.3	u.d.l.	1144.6	2.5	111.4	u.d.l.	371.2
06/10/2014	168.8	230.0	9577.1	u.d.l.	120.4	180.6	314.1	u.d.l.	u.d.l.	2.5	90.2	u.d.l.	294.2
07/10/2014	238.2	128.4	11834.7	u.d.l.	119.7	351.9	690.3	82.0	370.4	21.1	301.2	u.d.l.	480.0
08/10/2014	194.0	165.4	7885.2	u.d.l.	116.8	185.9	826.4	u.d.l.	u.d.l.	10.1	127.5	u.d.l.	282.3
09/10/2014	133.5	66.1	6281.1	u.d.l.	78.6	180.9	467.9	11.9	u.d.l.	4.6	205.0	u.d.l.	243.0
17/02/2015	139.3	29.1	4920.3	12.2	62.0	105.5	550.7	18.3	21.0	4.1	13.6	0.8	284.4
18/02/2015	111.5	24.9	4671.9	19.8	34.5	73.6	347.5	u.d.l.	u.d.l.	5.2	10.4	0.8	225.5
19/02/2015	130.4	125.4	7675.2	15.6	75.0	323.1	1253.7	76.4	61.7	50.4	66.1	0.6	270.1
20/02/2015	93.6	90.2	5465.8	13.1	56.8	208.7	1005.5	16.3	26.0	11.2	30.8	1.0	245.2
21/02/2015	153.4	57.0	5270.1	10.7	67.7	165.9	560.8	5.3	2.2	3.3	23.1	0.9	189.5
22/02/2015	262.2	30.2	2885.5	16.4	110.8	146.4	1670.8	u.d.l.	73.5	u.d.l.	19.0	0.2	211.6
23/02/2015	129.4	15.4	872.2	3.9	45.2	45.9	237.1	u.d.l.	16.1	13.5	6.6	u.d.l.	45.1
24/02/2015	474.8	135.7	11466.4	63.0	130.0	906.2	3428.1	u.d.l.	u.d.l.	2.5	117.9	4.0	540.4
25/02/2015	374.1	102.7	5604.3	31.0	100.2	212.6	681.2	u.d.l.	u.d.l.	0.8	23.0	u.d.l.	131.0
26/02/2015	185.3	315.8	4649.6	24.8	190.7	148.5	849.0	14.0	23.5	41.9	43.8	u.d.l.	103.3
27/02/2015	71.2	97.7	9708.3	24.3	72.2	333.9	895.9	7.8	43.8	15.3	40.7	1.2	290.6
28/02/2015	157.8	113.5	7840.4	20.6	97.6	268.8	984.0	9.5	5.6	11.9	36.8	2.2	283.6
01/03/2015	69.7	75.9	5327.7	12.2	41.7	189.1	955.4	16.1	38.3	4.1	35.7	2.3	320.7
02/03/2015	121.2	48.5	3896.7	5.3	58.4	206.7	684.6	15.7	16.2	16.7	30.8	0.7	309.4
Media	273.1	161.5	9434.1	18.2	140.0	295.4	1069.9	27.3	1408.2	18.2	157.1	1.3	356.7
Min	69.7	15.4	872.2	u.d.l.	34.5	45.9	237.1	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	6.6	u.d.l.	45.1
Max	899.5	792.9	29269.9	63.0	525.4	906.2	4164.4	82.0	13289.3	97.1	883.4	4.0	996.3

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 3.11 - Confronto fra le concentrazioni assolute medie, massime e minime scorporando i giorni feriali da quelli festivi. Sito di misura di Malamocco. Con u.d.l. si indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità.

TUTTI I DATI	V (ng/m³)	Cr (ng/m³)	Fe (ng/m³)	Co (ng/m³)	Ni (ng/m³)	Cu (ng/m³)	Zn (ng/m³)	As (ng/m³)	Mo (ng/m³)	Cd (ng/m³)	Sb (ng/m³)	Tl (ng/m³)	Pb (ng/m³)	PM₁₀ (µg/m³)
Media	6.06	3.59	224.52	0.46	3.15	7.02	24.88	1.03	22.12	0.53	3.46	0.04	9.10	28.74
Min	1.54	0.52	45.42	u.d.l.	0.98	2.33	7.55	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.25	u.d.l.	1.45	7.54
Max	17.75	9.59	464.80	1.03	9.77	17.18	78.47	4.06	136.25	2.68	16.42	0.08	24.55	78.04
FERIALI	V (ng/m³)	Cr (ng/m³)	Fe (ng/m³)	Co (ng/m³)	Ni (ng/m³)	Cu (ng/m³)	Zn (ng/m³)	As (ng/m³)	Mo (ng/m³)	Cd (ng/m³)	Sb (ng/m³)	Tl (ng/m³)	Pb (ng/m³)	PM₁₀ (µg/m³)
Media	5.84	3.50	225.54	0.48	3.08	7.11	24.68	1.06	20.40	0.54	3.54	0.04	8.57	29.22
Min	1.54	0.75	45.42	u.d.l.	0.98	2.33	7.55	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.25	u.d.l.	1.45	7.54
Max	16.72	9.59	464.80	1.03	9.77	17.18	78.47	4.06	136.25	2.68	16.42	0.07	19.14	78.04
FESTIVI	V (ng/m³)	Cr (ng/m³)	Fe (ng/m³)	Co (ng/m³)	Ni (ng/m³)	Cu (ng/m³)	Zn (ng/m³)	As (ng/m³)	Mo (ng/m³)	Cd (ng/m³)	Sb (ng/m³)	Tl (ng/m³)	Pb (ng/m³)	PM₁₀ (µg/m³)
Media	7.35	4.17	218.40	0.37	3.58	6.46	26.06	0.60	29.41	0.39	3.02	0.04	12.32	25.90
Min	2.59	0.52	49.60	u.d.l.	1.55	2.52	9.76	u.d.l.	1.26	u.d.l.	0.33	u.d.l.	3.64	17.19
Max	17.75	8.64	378.70	0.46	8.17	11.24	35.55	0.60	86.76	0.97	7.68	0.08	24.55	37.21

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Tab. 3.12 - Confronto fra le concentrazioni relative medie, massime e minime scorporando i giorni feriali da quelli festivi. Sito di misura di Malamocco. Con u.d.l. si indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità.

TUTTI I DATI	V (µg/g)	Cr (µg/g)	Fe (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	As (µg/g)	Mo (µg/g)	Cd (µg/g)	Sb (µg/g)	Tl (µg/g)	Pb (µg/g)
Media	273.1	161.5	9434.1	18.2	140.0	295.4	1069.9	27.3	1408.2	18.2	157.1	1.3	356.7
Min	69.7	15.4	872.2	u.d.l.	34.5	45.9	237.1	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	6.6	u.d.l.	45.1
Max	899.5	792.9	29269.9	63.0	525.4	906.2	4164.4	82.0	13289.3	97.1	883.4	4.0	996.3
FERIALI	V (µg/g)	Cr (µg/g)	Fe (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	As (µg/g)	Mo (µg/g)	Cd (µg/g)	Sb (µg/g)	Tl (µg/g)	Pb (µg/g)
Media	267.1	161.4	9605.9	18.8	138.6	303.2	1071.2	28.2	1458.5	18.6	163.4	1.4	336.9
Min	71.2	15.4	872.2	u.d.l.	34.5	45.9	237.1	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	6.6	u.d.l.	45.1
Max	899.5	792.9	29269.9	63.0	525.4	906.2	4164.4	82.0	13289.3	97.1	883.4	4.0	791.6
FESTIVI	V (µg/g)	Cr (µg/g)	Fe (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	As (µg/g)	Mo (µg/g)	Cd (µg/g)	Sb (µg/g)	Tl (µg/g)	Pb (µg/g)
Media	309.1	161.9	8403.1	14.3	148.2	249.0	1062.0	16.1	1194.3	15.3	119.5	1.2	475.0
Min	69.7	30.2	2885.5	u.d.l.	41.7	146.4	396.3	u.d.l.	38.3	u.d.l.	19.0	u.d.l.	211.6
Max	720.1	350.5	15368.1	16.4	331.6	456.1	1670.8	16.1	3520.9	39.4	311.7	2.3	996.3

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 3.13 - Coefficienti di correlazione fra gli elementi rilevati nel PM10 a Malamocco. Sono evidenziati in grassetto i coefficienti maggiori o uguali a 0.7. Sono stati considerati solo gli elementi che hanno almeno 2/3 dei campioni quantificati (al di sopra della soglia di rilevabilità).

	V	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Cd	Sb	Pb	PM ₁₀
V	1.00	0.63	0.61	0.93	0.56	0.26	0.59	0.52	0.66	0.64	0.12
Cr		1.00	0.77	0.83	0.64	0.51	0.74	0.49	0.56	0.61	0.15
Fe			1.00	0.73	0.86	0.59	0.43	0.53	0.66	0.84	0.41
Ni				1.00	0.64	0.36	0.71	0.57	0.73	0.65	0.13
Cu					1.00	0.77	0.24	0.73	0.55	0.79	0.51
Zn						1.00	0.15	0.58	0.20	0.59	0.57
Mo							1.00	0.12	0.58	0.29	-0.38
Cd								1.00	0.43	0.45	0.33
Sb									1.00	0.51	-0.05
Pb										1.00	0.53
PM ₁₀											1.00

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

3.1.3 Campagne di misura a Chioggia

I dati meteorologici relativi ai giorni di campionamento nel sito di Chioggia sono riportati nella Tabella 3.14. Nelle Figure 3.5 e 3.6 si riportano le correlazioni fra le direzioni prevalenti del vento e fra le concentrazioni dei metalli, in termini di concentrazione assoluta e di concentrazione relativa, e il PM₁₀.

Le concentrazioni dei metalli nel PM₁₀ rilevate a Chioggia sono riportate in Tabella 3.15 mentre i risultati in termini di composizione (concentrazioni relative) sono riportati in Tabella 3.16 con evidenziati in rosso i giorni festivi. Nelle Tabelle sono inoltre riportati i valori medi, minimi e massimi espressi rispettivamente in termini di concentrazione ed in termini relativi.

Nella Tabella 3.17 si riportano i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni assolute confrontando l'intero periodo di misura con le concentrazioni ottenute scorpendo i giorni feriali e quelli festivi. Nella Tabella 3.18 la stessa analisi è riportata per le concentrazioni relative. Le concentrazioni medie risultano confrontabili tra i giorni feriali e festivi per tutti gli elementi (considerando la deviazione standard).

Non si osservano picchi di concentrazione significativi nel settore sottovento al cantiere, 350° - 70°.

Nella Tabella 3.19 è riportata la matrice dei coefficienti di correlazione fra i diversi metalli rilevati.

Tab. 3.14 - Riassunto dei dati meteorologici giornalieri durante le campagne di misura a Chioggia. In rosso i giorni festivi. Con (*) sono contrassegnate le direzioni del vento che risultano variabili.

Data	Direzione prevalente (°)	Precipitazioni (mmH ₂ O)	Velocità del vento (m/s)	PM ₁₀ (µg/m ³)
11/10/2014	90	2.9	3.53	66.2
12/10/2014	45	0	2.72	17.5
13/10/2014	135	10.1	5.38	23.7
14/10/2014	23	0	2.75	7.9
15/10/2014	0	0	3.21	19.7
16/10/2014	225	0	3.46	33.9
17/10/2014	(*)	0.4	2.62	26.7
18/10/2014	0	0	2.77	21.0
19/10/2014	135	0	2.55	23.8
20/10/2014	203	0	2.37	33.3
21/10/2014	225	0	3.00	49.4
22/10/2014	293	3.1	6.44	23.6
23/10/2014	293	0	5.78	21.3
24/10/2014	(*)	0	4.61	34.9
04/03/2015	67.5	0.1	4.47	18.7
05/03/2015	67.5	0.1	8.92	28.6
06/03/2015	45	0	5.47	26.1
07/03/2015	67.5	0	3.59	24.9
08/03/2015	45	0	7.11	32.6
09/03/2015	67.5	0	3.70	23.0
10/03/2015	0	0	2.72	39.5
11/03/2015	90	0	2.86	59.5
12/03/2015	180	0	3.16	21.8
13/03/2015	135	0	3.37	28.9
14/03/2015	(*)	0	2.94	23.1
15/03/2015	45	0	4.75	22.3

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

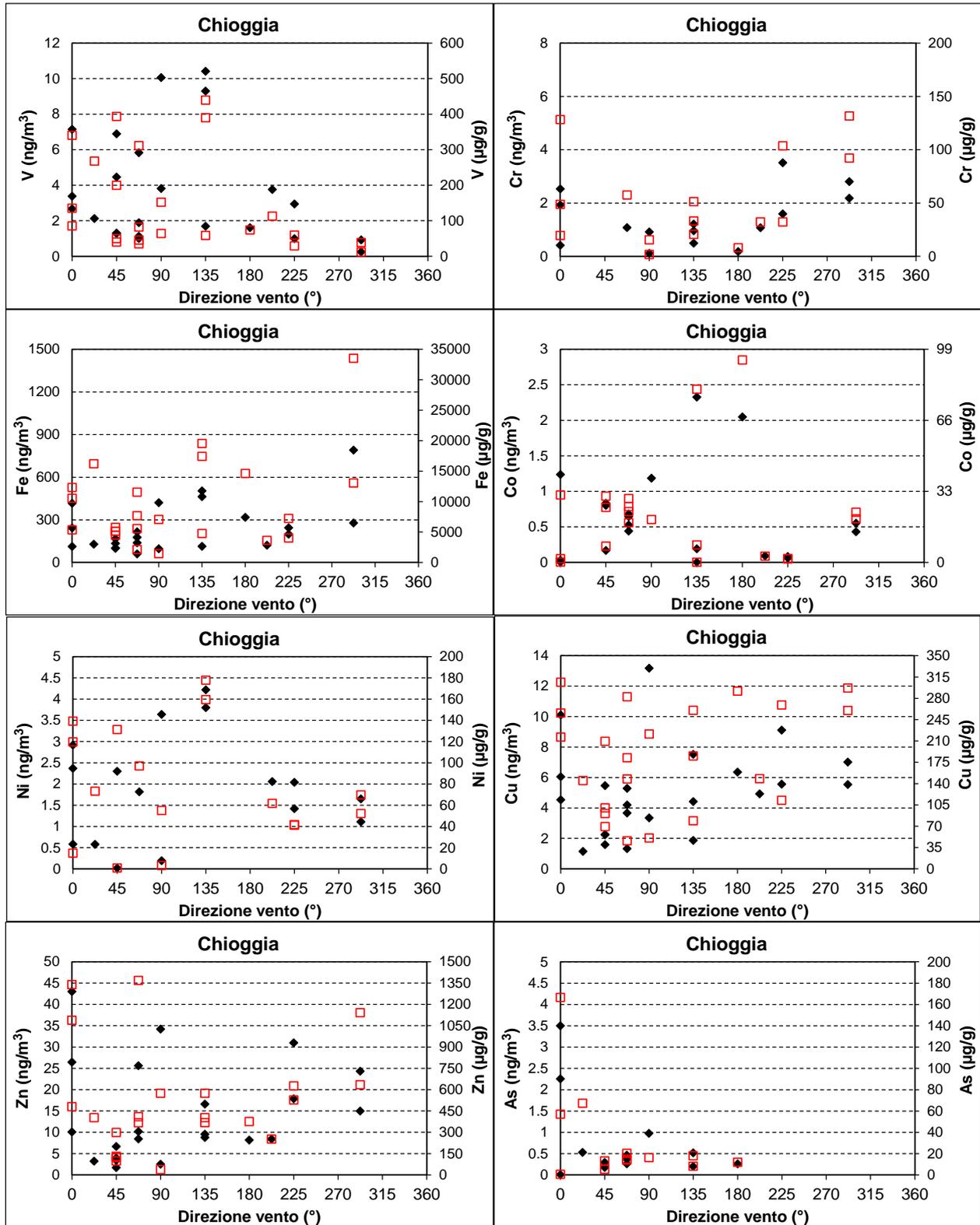


Fig. 3.5 - Correlazione fra le concentrazioni (esprese in termini assoluti e relativi) di metalli nel PM_{10} e le direzioni prevalenti del vento. Dall'alto in basso si analizzano: V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As. In rosso le concentrazioni relative. Sito di misura di Chioggia.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

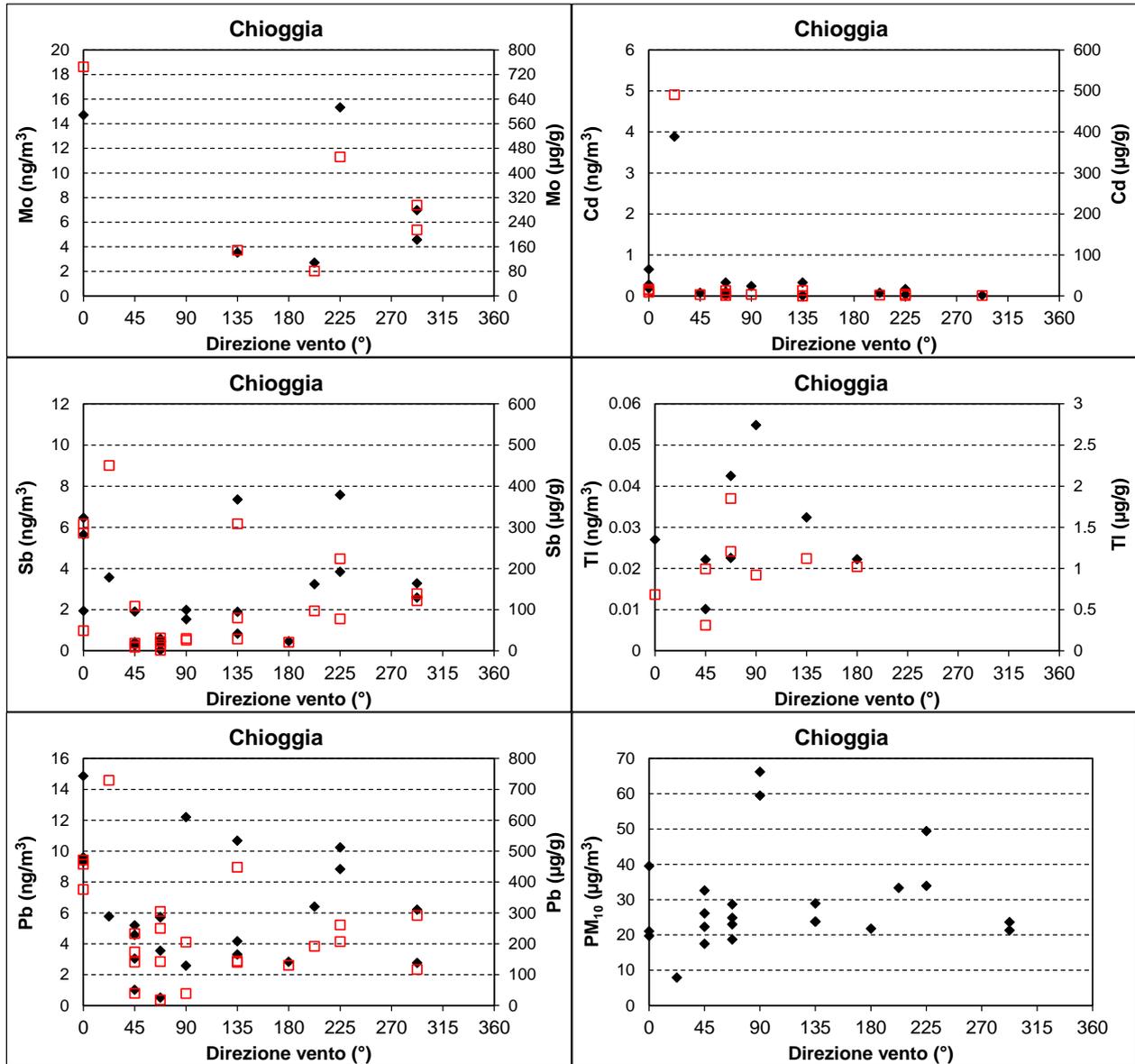


Fig. 3.6 - Correlazione fra le concentrazioni (esprese in termini assoluti e relativi) di metalli nel PM₁₀ e le direzioni prevalenti del vento. Dall'alto in basso si analizzano: Mo, Cd, Sb, Tl, Pb e PM₁₀. In rosso le concentrazioni relative. Sito di misura di Chioggia.

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 3.15 - Concentrazioni assolute dei metalli (ng/m³) nel PM₁₀ (μg/m³) a Chioggia. In rosso i giorni festivi. u.d.l. indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità.

Data di misura	V (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Co (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Mo (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Tl (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)
11/10/2014	10.06	0.11	96.54	u.d.l.	3.64	3.35	2.47	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	1.99	u.d.l.	2.58	66.2
12/10/2014	6.89	u.d.l.	101.46	u.d.l.	2.30	1.59	1.70	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	1.91	u.d.l.	3.04	17.5
13/10/2014	10.41	1.21	463.16	0.19	4.22	1.87	9.54	u.d.l.	3.53	0.02	1.90	u.d.l.	3.31	23.7
14/10/2014	2.12	u.d.l.	128.51	u.d.l.	0.58	1.15	3.19	0.53	u.d.l.	3.89	3.57	u.d.l.	5.78	7.9
15/10/2014	2.67	2.53	243.20	0.03	2.37	6.05	26.44	0.01	14.72	0.28	5.65	u.d.l.	9.32	19.7
16/10/2014	0.99	3.51	244.66	0.06	1.42	9.11	17.86	u.d.l.	15.33	0.17	7.58	u.d.l.	8.84	33.9
17/10/2014	1.97	3.65	281.45	0.10	1.84	8.25	18.78	0.68	4.66	0.49	9.62	u.d.l.	11.75	26.7
18/10/2014	7.14	0.41	112.14	0.003	2.92	4.54	10.06	3.50	u.d.l.	0.19	6.47	u.d.l.	9.60	21.0
19/10/2014	9.29	0.49	113.57	0.001	3.80	4.42	8.75	0.20	u.d.l.	0.33	7.36	u.d.l.	10.68	23.8
20/10/2014	3.76	1.07	121.59	0.09	2.06	4.93	8.38	u.d.l.	2.72	0.08	3.24	u.d.l.	6.41	33.3
21/10/2014	2.94	1.59	199.10	0.08	2.04	5.56	30.96	u.d.l.	u.d.l.	0.04	3.84	u.d.l.	10.24	49.4
22/10/2014	0.91	2.18	791.66	0.55	1.65	7.01	14.97	u.d.l.	6.98	u.d.l.	3.28	u.d.l.	2.76	23.6
23/10/2014	0.24	2.8	278.33	0.43	1.11	5.54	24.32	u.d.l.	4.58	0.02	2.59	u.d.l.	6.21	21.3
24/10/2014	2.55	6.92	1204.78	0.72	3.66	4.81	14.44	u.d.l.	6.73	0.02	2.89	u.d.l.	4.22	34.9
04/03/2015	5.82	1.08	215.88	0.44	1.82	5.29	25.61	0.26	u.d.l.	0.11	0.59	0.02	5.70	18.7
05/03/2015	1.00	u.d.l.	60.50	0.53	u.d.l.	1.32	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.04	u.d.l.	0.52	28.6
06/03/2015	1.29	u.d.l.	134.12	0.80	u.d.l.	5.46	3.40	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.27	u.d.l.	1.03	26.1
07/03/2015	1.13	u.d.l.	138.35	0.64	u.d.l.	3.67	10.17	0.37	u.d.l.	0.33	0.56	u.d.l.	3.54	24.9
08/03/2015	1.30	u.d.l.	166.79	0.83	u.d.l.	2.26	3.96	0.18	u.d.l.	u.d.l.	0.29	0.01	4.58	32.6
09/03/2015	1.89	u.d.l.	176.76	0.68	u.d.l.	4.19	8.41	0.47	u.d.l.	0.02	0.34	0.04	5.75	23.0
10/03/2015	3.38	1.92	416.44	1.24	0.59	10.11	43.00	2.26	u.d.l.	0.65	1.95	0.03	14.87	39.5
11/03/2015	3.81	0.91	421.41	1.18	0.19	13.18	34.17	0.98	u.d.l.	0.24	1.53	0.05	12.21	59.5
12/03/2015	1.61	0.18	318.35	2.05	u.d.l.	6.36	8.17	0.26	u.d.l.	u.d.l.	0.46	0.02	2.83	21.8
13/03/2015	1.69	0.96	503.60	2.32	u.d.l.	7.52	16.60	0.52	u.d.l.	0.01	0.84	0.03	4.17	28.9
14/03/2015	5.24	u.d.l.	400.56	0.90	0.38	4.54	32.35	1.62	u.d.l.	0.84	1.02	0.05	5.99	23.1
15/03/2015	4.45	u.d.l.	100.52	0.17	0.02	2.23	6.64	0.30	u.d.l.	0.08	0.42	0.02	5.20	22.3
Media	3.64	1.85	285.90	0.61	1.93	5.17	15.37	0.81	7.41	0.41	2.70	0.03	6.20	28.9
Min	0.24	u.d.l.	60.50	u.d.l.	u.d.l.	1.15	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.04	u.d.l.	0.52	7.9
Max	10.41	6.92	1204.78	2.32	4.22	13.18	43.00	3.50	15.33	3.89	9.62	0.05	14.87	66.2

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 3.16 - Concentrazioni relative ($\mu\text{g/g}$) dei metalli nel PM_{10} a Chioggia. In rosso i giorni festivi. Con u.d.l. si indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità.

Data di misura	V ($\mu\text{g/g}$)	Cr ($\mu\text{g/g}$)	Fe ($\mu\text{g/g}$)	Co ($\mu\text{g/g}$)	Ni ($\mu\text{g/g}$)	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Zn ($\mu\text{g/g}$)	As ($\mu\text{g/g}$)	Mo ($\mu\text{g/g}$)	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Sb ($\mu\text{g/g}$)	Tl ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)
11/10/2014	152.1	1.7	1459.2	u.d.l.	55.1	50.6	37.4	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	30.0	u.d.l.	39.0
12/10/2014	393.3	u.d.l.	5790.9	u.d.l.	131.4	90.8	97.1	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	108.8	u.d.l.	173.7
13/10/2014	439.5	51.3	19548.6	8.1	177.9	79.0	402.8	u.d.l.	148.9	0.8	80.1	u.d.l.	139.8
14/10/2014	267.9	u.d.l.	16210.9	u.d.l.	73.3	144.8	402.7	67.4	u.d.l.	491.0	450.4	u.d.l.	729.6
15/10/2014	135.2	128.3	12314.4	1.7	119.8	306.4	1339.0	0.7	745.4	14.0	286.0	u.d.l.	471.8
16/10/2014	29.1	103.6	7223.7	1.7	41.8	269.0	527.5	u.d.l.	452.7	4.9	223.7	u.d.l.	261.0
17/10/2014	73.8	136.7	10537.9	3.9	69.0	309.0	703.0	25.5	174.6	18.3	360.1	u.d.l.	439.8
18/10/2014	340.4	19.5	5344.5	0.1	139.3	216.5	479.3	166.7	u.d.l.	9.2	308.4	u.d.l.	457.5
19/10/2014	389.7	20.6	4763.8	0.03	159.6	185.4	367.0	8.2	u.d.l.	13.8	308.9	u.d.l.	447.8
20/10/2014	112.8	32.2	3646.4	2.8	61.8	148.0	251.2	u.d.l.	81.4	2.3	97.2	u.d.l.	192.2
21/10/2014	59.5	32.2	4026.6	1.6	41.3	112.5	626.2	u.d.l.	u.d.l.	0.9	77.6	u.d.l.	207.0
22/10/2014	38.5	92.2	33519.8	23.3	69.8	296.8	633.9	u.d.l.	295.5	u.d.l.	139.1	u.d.l.	117.0
23/10/2014	11.5	131.6	13068.9	20.2	52.3	260.2	1141.8	u.d.l.	215.2	1.1	121.8	u.d.l.	291.8
24/10/2014	73.1	198.4	34557.2	20.7	105.1	137.9	414.3	u.d.l.	193.0	0.6	82.8	u.d.l.	121.1
04/03/2015	311.1	57.5	11538.1	23.5	97.1	282.5	1368.8	14.0	u.d.l.	5.8	31.5	1.2	304.9
05/03/2015	34.8	u.d.l.	2112.4	18.4	u.d.l.	46.2	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	1.5	u.d.l.	18.0
06/03/2015	49.3	u.d.l.	5141.8	30.7	u.d.l.	209.5	130.4	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	10.4	u.d.l.	39.3
07/03/2015	45.3	u.d.l.	5566.6	25.9	u.d.l.	147.5	409.2	14.9	u.d.l.	13.3	22.6	u.d.l.	142.6
08/03/2015	39.8	u.d.l.	5119.7	25.5	u.d.l.	69.4	121.4	5.4	u.d.l.	u.d.l.	8.9	0.3	140.5
09/03/2015	82.1	u.d.l.	7694.4	29.6	u.d.l.	182.6	366.0	20.3	u.d.l.	0.9	14.7	1.8	250.1
10/03/2015	85.4	48.7	10537.5	31.3	14.8	255.8	1088.0	57.1	u.d.l.	16.5	49.2	0.7	376.2
11/03/2015	64.1	15.4	7084.3	19.9	3.3	221.5	574.5	16.4	u.d.l.	4.0	25.8	0.9	205.3
12/03/2015	73.8	8.1	14616.5	94.0	u.d.l.	291.9	375.1	12.0	u.d.l.	u.d.l.	21.2	1.0	130.2
13/03/2015	58.3	33.1	17422.0	80.4	u.d.l.	260.3	574.4	18.0	u.d.l.	0.4	28.9	1.1	144.2
14/03/2015	226.6	u.d.l.	17308.9	39.0	16.4	196.2	1398.1	69.9	u.d.l.	36.4	44.0	2.0	258.8
15/03/2015	199.6	u.d.l.	4504.7	7.5	0.9	100.1	297.6	13.3	u.d.l.	3.5	18.9	1.0	232.9
Media	145.6	65.4	10794.6	22.2	75.3	187.3	565.1	34.0	288.3	33.6	113.6	1.1	243.5
Min	11.5	u.d.l.	1459.2	u.d.l.	u.d.l.	46.2	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	1.5	u.d.l.	18.0
Max	439.5	198.4	34557.2	94.0	177.9	309.0	1398.1	166.7	745.4	491.0	450.4	2.0	729.6

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Tab. 3.17 - Confronto fra le concentrazioni assolute medie, massime e minime scorporando i giorni feriali da quelli festivi. Sito di misura di Chioggia. Con u.d.l. si indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità.

TUTTI DATI	V (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Co (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Mo (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Tl (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Media	3.64	1.85	285.90	0.61	1.93	5.17	15.37	0.81	7.41	0.41	2.70	0.03	6.20	28.9
Min	0.24	u.d.l.	60.50	u.d.l.	u.d.l.	1.15	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.04	u.d.l.	0.52	7.9
Max	10.41	6.92	1204.78	2.32	4.22	13.18	43.00	3.50	15.33	3.89	9.62	0.05	14.87	66.2
FERIALI	V (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Co (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Mo (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Tl (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Media	3.30	1.94	315.96	0.65	1.91	5.63	17.30	0.95	7.41	0.44	2.74	0.04	6.26	29.8
Min	0.24	u.d.l.	60.50	u.d.l.	u.d.l.	1.15	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.04	u.d.l.	0.52	7.9
Max	10.41	6.92	1204.78	2.32	4.22	13.18	43.00	3.50	15.33	3.89	9.62	0.05	14.87	66.2
FESTIVI	V (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Fe (ng/m ³)	Co (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Mo (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Tl (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Media	5.48	0.49	120.58	0.33	2.04	2.63	5.26	0.22	u.d.l.	0.20	2.50	0.02	5.87	24.05
Min	1.30	u.d.l.	100.52	u.d.l.	u.d.l.	1.59	1.70	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	0.29	u.d.l.	3.04	17.50
Max	9.29	0.49	166.79	0.83	3.80	4.42	8.75	0.30	u.d.l.	0.33	7.36	0.02	10.68	32.58

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Tab. 3.18 - Confronto fra le concentrazioni relative medie, massime e minime scorporando i giorni feriali da quelli festivi. Sito di misura di Chioggia. Con u.d.l. si indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità.

TUTTI DATI	V (µg/g)	Cr (µg/g)	Fe (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	As (µg/g)	Mo (µg/g)	Cd (µg/g)	Sb (µg/g)	Tl (µg/g)	Pb (µg/g)
Media	145.6	65.4	10794.6	22.2	75.3	187.3	565.1	34.0	288.3	33.6	113.6	1.1	243.5
Min	11.5	u.d.l.	1459.2	u.d.l.	u.d.l.	46.2	37.4	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	1.5	u.d.l.	18.0
Max	439.5	198.4	34557.2	94.0	177.9	309.0	1398.1	166.7	745.4	491.0	450.4	2.0	729.6
FERIALI	V (µg/g)	Cr (µg/g)	Fe (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	As (µg/g)	Mo (µg/g)	Cd (µg/g)	Sb (µg/g)	Tl (µg/g)	Pb (µg/g)
Media	125.7	68.2	11840.0	23.8	71.1	201.1	630.6	40.2	288.3	36.5	113.9	1.3	242.6
Min	11.5	u.d.l.	1459.2	u.d.l.	u.d.l.	46.2	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	1.5	u.d.l.	18.0
Max	439.5	198.4	34557.2	94.0	177.9	309.0	1398.1	166.7	745.4	491.0	450.4	2.0	729.6
FESTIVI	V (µg/g)	Cr (µg/g)	Fe (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	As (µg/g)	Mo (µg/g)	Cd (µg/g)	Sb (µg/g)	Tl (µg/g)	Pb (µg/g)
Media	255.6	20.6	5044.8	11.0	97.3	111.4	220.8	8.9	u.d.l.	8.6	111.4	0.7	248.7
Min	39.8	u.d.l.	4504.7	u.d.l.	u.d.l.	69.4	97.1	u.d.l.	u.d.l.	u.d.l.	8.9	u.d.l.	140.5
Max	393.3	20.6	5790.9	25.5	159.6	185.4	367.0	13.3	u.d.l.	13.8	308.9	1.0	447.8

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 3.19 - Coefficienti di correlazione fra gli elementi rilevati nel PM10 a Chioggia. In grassetto sono evidenziati i coefficienti maggiori o uguali a 0.7. Sono stati considerati solo gli elementi che hanno almeno 2/3 dei campioni quantificati (al di sopra della soglia di rilevabilità).

	V	Cr	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Sb	Pb	PM₁₀
V	1.00	-0.48	-0.16	-0.33	0.59	-0.27	-0.17	-0.12	0.12	0.07	0.17
Cr		1.00	0.68	-0.19	-0.02	0.10	0.18	-0.05	0.28	0.04	-0.11
Fe			1.00	0.29	0.14	0.33	0.29	-0.18	-0.004	-0.02	0.10
Co				1.00	-0.49	0.31	0.10	0.10	-0.56	-0.23	0.15
Ni					1.00	-0.36	-0.45	-0.33	0.28	-0.29	0.08
Cu						1.00	0.69	-0.29	0.27	0.62	0.43
Zn							1.00	-0.19	0.10	0.68	0.28
Cd								1.00	0.07	-0.004	-0.40
Sb									1.00	0.59	-0.05
Pb										1.00	0.23
PM₁₀											1.00

3.1.4 Commenti e considerazioni conclusive

Nella Tabella 3.20 si confrontano i valori medi di concentrazione osservati nei diversi siti di misura con le indicazioni normative del Decreto Legislativo n. 155/2010 recante i valori obiettivo (per Ni, As e Cd) ed il valore limite (per il Pb) per le concentrazioni di metalli nel PM₁₀. Nella Tabella sono anche riportati, per confronto, gli intervalli di concentrazione, relativi ad aree di fondo ed urbane, indicati del WHO [WHO – Air Quality Guiderlines for Europe 2000]. Le concentrazioni medie di tutti gli elementi sono entro i limiti normativi seppure questa informazione è indicativa in quanto tali medie non sono annuali ma sono invece riferite a periodi di misura limitati.

Nella Tabella 3.21 si riporta un confronto fra i valori osservati nei diversi siti di misura e quelli forniti da ARPA Veneto per alcuni siti della rete di monitoraggio di Venezia. I risultati mostrano che le concentrazioni dei metalli rilevate nel PM₁₀ nei diversi siti di monitoraggio sono confrontabili a quelle rilevate dalla rete di monitoraggio.

È stata inoltre fatta un'analisi statistica sui metalli, rilevati nel particolato atmosferico, volta a determinare l'Enrichment Factor (EF), ossia il fattore di arricchimento crostale di ogni metallo rispetto alla sua naturale concentrazione media presente nella crosta terrestre superficiale. In particolare i valori di EF sono stati determinati mediante la formula:

$$EF(X) = ([X]_{air}/[Ref]_{air}) / ([X]_{source}/[Ref]_{source})$$

dove "X" è il metallo di interesse (espresso come concentrazione media in massa dei singoli valori) e "Ref" è il metallo di riferimento rispetto al quale si calcola l'Enrichment Factor. I calcoli sono fatti con il supporto di tabelle nelle quali si riportano le abbondanze medie dei vari elementi che costituiscono la crosta continentale [Wedepohl, 1995]. Nel caso in esame, è stato scelto come metallo di riferimento il Ferro a cui è assegnato un valore unitario di EF. Il metallo di riferimento è generalmente l'Alluminio, tuttavia anche il Fe è spesso utilizzato nella letteratura scientifica [Cesari *et al.*, 2012; Dordevic *et al.*, 2005; Samara & Voutsas 2005, Manoli *et al.*, 2002]. La scelta di utilizzare come riferimento il Ferro è anche supportata dal fatto che negli studi di EF questo elemento ha un valore molto basso di arricchimento generalmente prossimo all'unità [Han *et al.*, 2005; Güllü *et al.*, 2005; Senaratne e Shooter, 2004; Kim *et al.*, 2003]. Le indicazioni ottenibili dall'analisi di EF sono indicative a causa di ampie variazioni della composizione della crosta terrestre superficiale. In particolare, valori di EF inferiori a 10 indicano che il metallo in questione ha un'origine prevalentemente crostale e viene quindi definito "elemento non arricchito"; al contrario, valori maggiori di 20-30 sono indicativi di metalli di origine antropica e sono definiti "elementi arricchiti". Valori compresi tra le due soglie indicano invece un'origine mista dell'elemento in questione. Nella Figura 3.7 si riportano i valori di EF ottenuti nei diversi siti di misura. Sono stati esclusi i dati relativi ai metalli che contenevano valori inferiori alla soglia di rilevazione (per oltre 1/3 dei prelievi). I risultati indicano che tutti i metalli, ad esclusione di Cr e V per tutti e tre i siti, Co e Ni per Chioggia e Tl per Sabbioni, sono significativamente arricchiti. Cr, V, Co, Ni e Tl sono caratterizzati da un arricchimento più basso associabile alla presenza anche di un contributo di origine crostale.

Nelle Figure 3.8-3.13 si riporta un confronto fra le concentrazioni medie assolute e relative rilevate nei diversi siti di monitoraggio. Il confronto viene effettuato solo sui giorni feriali (domeniche e festivi esclusi). Si osservano ampie variabilità di concentrazione sia al variare dei siti di misura sia al variare dell'anno di monitoraggio. Si osserva un aumento di Mo a Punta Sabbioni ed a Malamocco. Tale aumento è dovuto principalmente a concentrazioni di Mo relativamente elevate durante la prima campagna di misura a Punta Sabbioni e Malamocco osservati anche in periodi festivi.

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 3.20 – Tabella dei valori limite, valori obiettivo e soglie di valutazione superiori ed inferiori secondo il DL.vo n. 155 del 13 Agosto 2010 recante i valori obiettivo (per Ni, As e Cd) ed il valore limite (per Pb) per le concentrazioni di metalli nel PM₁₀. Nella tabella sono incluse le indicazioni del WHO per le aree di background e le aree urbane ed i valori riscontrati nelle diverse campagne di misura. Le indicazioni normative sono riferite a medie annuali. I superamenti delle soglie di valutazione superiore ed inferiore vanno determinati sulla base delle concentrazioni del quinquennio precedente. Si considera superata una soglia se, nel quinquennio precedente, è stata superata per almeno tre anni non consecutivi.

Elemento	Chioggia	Malamocco	Punta Sabbioni	WHO	Indicazioni Normative		
					Valore Limite/Valore obiettivo	Soglia di valutazione inferiore	Soglia di valutazione superiore
Nichel	1.9 (u.d.l. - 4.2)	3.2 (1.0 - 9.8)	5.8 (0.9 - 14.9)	1 (B)/9-60 (U)	20	10	14
Arsenico	0.8 (u.d.l. - 3.5)	1.0 (u.d.l. - 4.1)	1.3 (u.d.l. - 5.8)	1-3 (B)/20-30 (U)	6	2.4	3.6
Cadmio	0.4 (u.d.l. - 3.9)	0.5 (u.d.l. - 2.7)	0.4 (u.d.l. - 1.5)	0.1 (B)/1-10 (U)	5	2	3
Piombo	6.2 (0.5 - 14.9)	9.1 (1.5 - 24.6)	6.4 (1.8 - 13.4)	0.6 (B)/ 5-500 (U)	500	250	350

* B background; U Urbano

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 3.21 - Confronto fra le concentrazioni medie dei metalli nei tre siti di misura e quelle rilevate in alcuni siti della rete di monitoraggio di Venezia e resi disponibili da Arpa Veneto. Le concentrazioni riportate sono in ng/m³. B: Sito di Background Urbano. T: Sito di Traffico.

Elemento	Chioggia	Malamocco	Punta Sabbioni	Arpa Veneto (Relazioni Qualità dell'aria 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014)		
				A. Da Mestre (B)	Bissuola (B)	Via Circonvallazione (T)
Nichel	1.9 (u.d.l. - 4.2)	3.2 (1.0 - 9.8)	5.8 (0.9 - 14.9)	5.5 (2005)	5.4 (2006), 6.9 (2007) 7.2 (2008), 3.9 (2009) 3.8 (2010), 3.2 (2011) 3.2 (2012), 4.6 (2013) 2.9 (2014)	7.1 (2006) 8.7 (2007) 8.3 (2008)
Arsenico	0.8 (u.d.l. - 3.5)	1.0 (u.d.l. - 4.1)	1.3 (u.d.l. - 5.8)	2.9 (2005)	4.5 (2006), 3.4 (2007) 3.0 (2008), 2.3 (2009) 1.8 (2010), 2.2 (2011) 2.1 (2012), 2.9 (2013) 2.1 (2014)	4.3 (2006) 3.5 (2007) 2.7 (2008)
Cadmio	0.4 (u.d.l. - 3.9)	0.5 (u.d.l. - 2.7)	0.4 (u.d.l. - 1.5)	3.7 (2005)	4.1 (2006), 3.5 (2007) 2.8 (2008), 1.9 (2009) 1.6 (2010), 1.7 (2011) 1.4 (2012), 1.3 (2013) 1.8 (2014)	4.2 (2006) 3.2 (2007) 2.4 (2008)
Piombo	6.2 (0.5 - 14.9)	9.1 (1.5 - 24.6)	6.4 (1.8 - 13.4)	20.1 (2005)	25.4 (2006), 19.0 (2007) 20.0 (2008), 13.8 (2009) 13.8 (2010) 13.4 (2011) 9.0 (2012), 9.0 (2013) 8.0 (2014)	27.8 (2006) 26.2 (2007) 20.0 (2008)

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

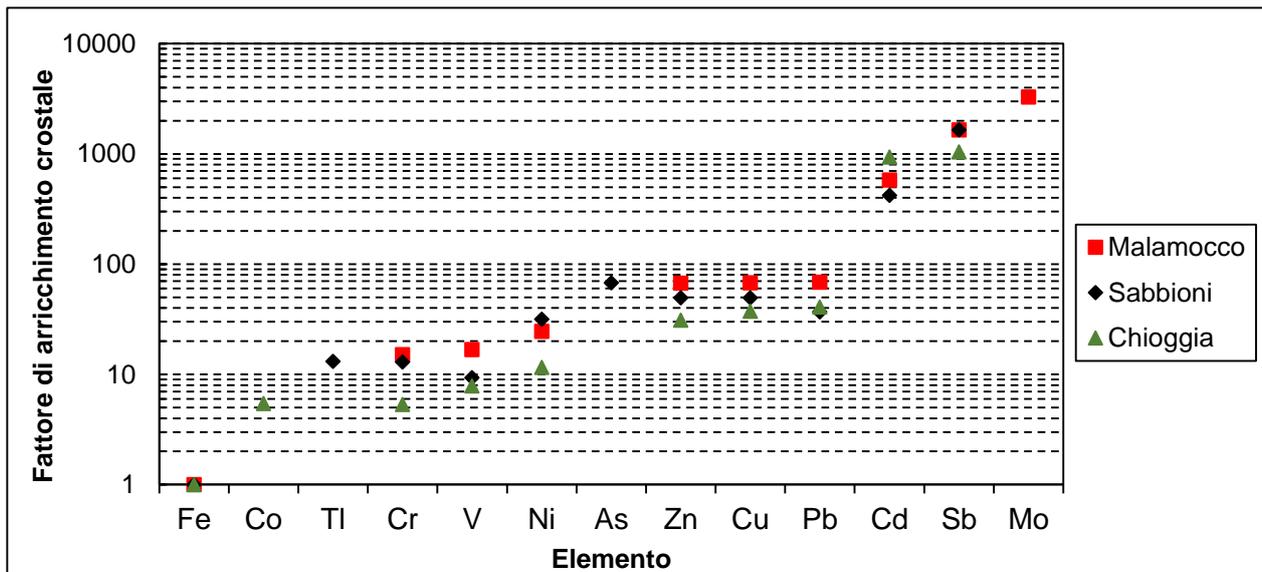


Fig. 3.7 - Valori del fattore di arricchimento crostale osservati nei tre siti di misura.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

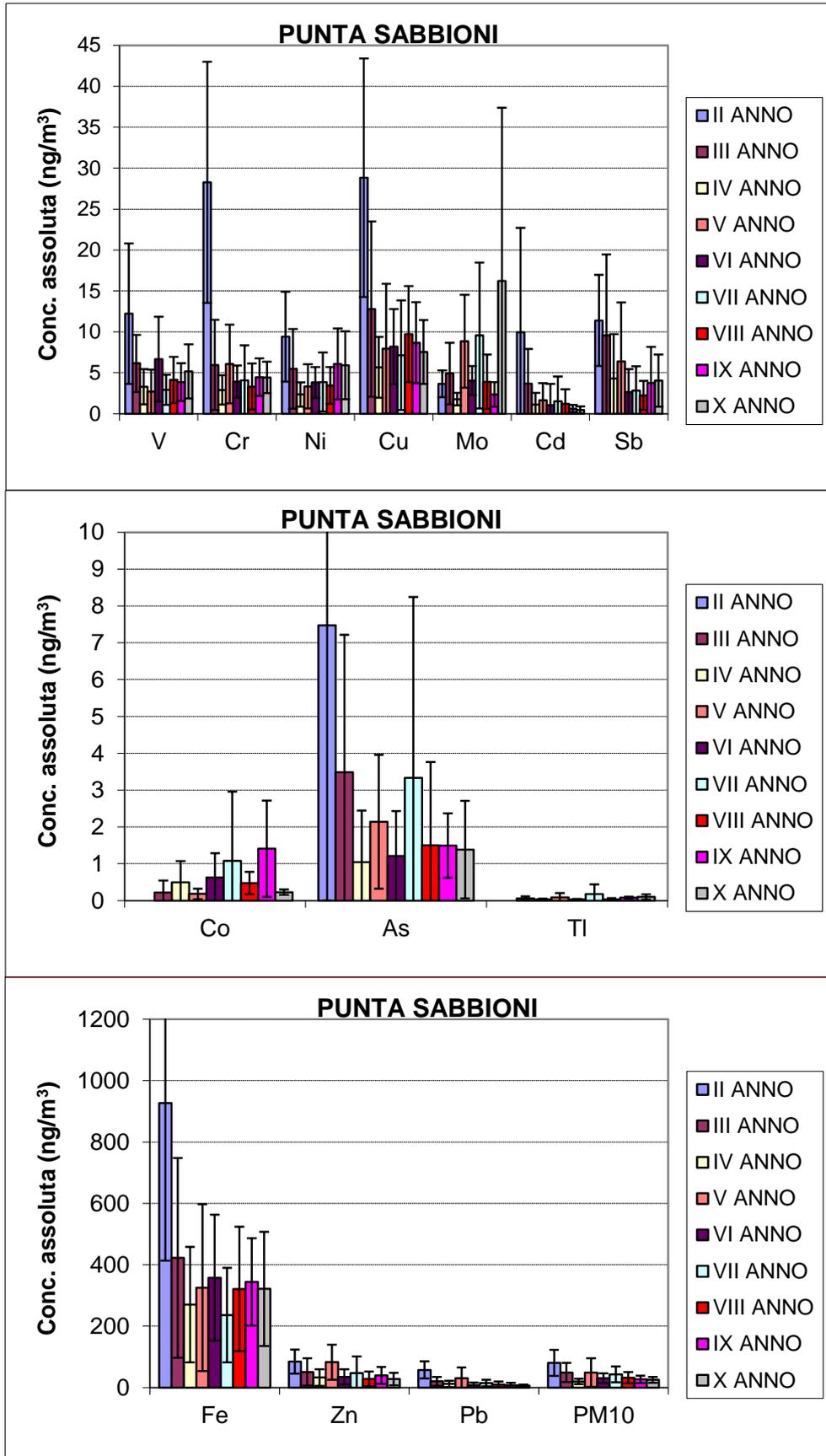


Fig. 3.8 - Andamenti delle concentrazioni medie assolute osservate a Punta Sabbioni nel corso dei diversi anni di monitoraggio. Solo giorni di campionamento feriali.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

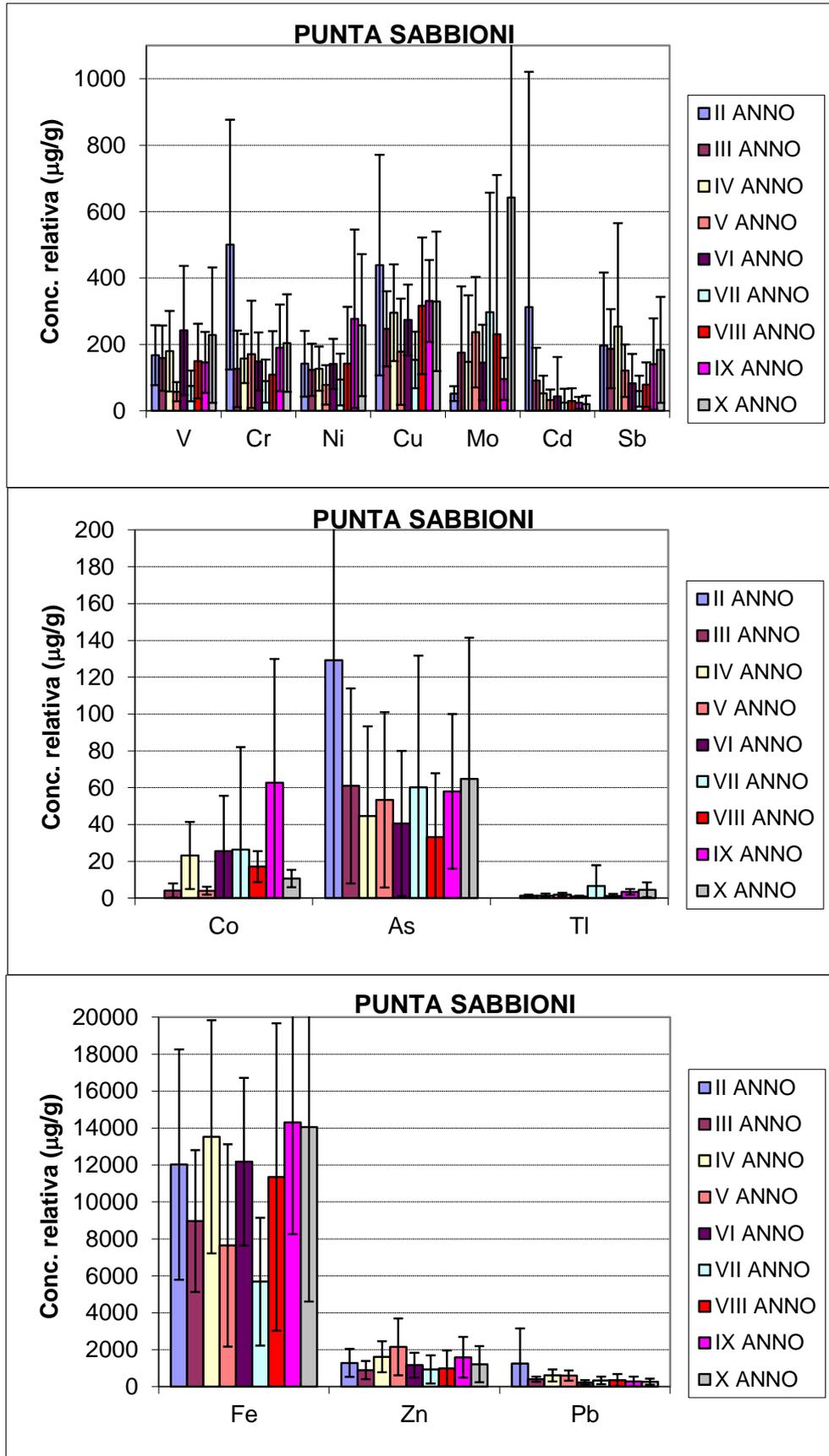


Fig. 3.9 - Andamenti delle concentrazioni medie relative osservate a Punta Sabbioni nel corso dei diversi anni di monitoraggio. Solo giorni di campionamento feriali.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

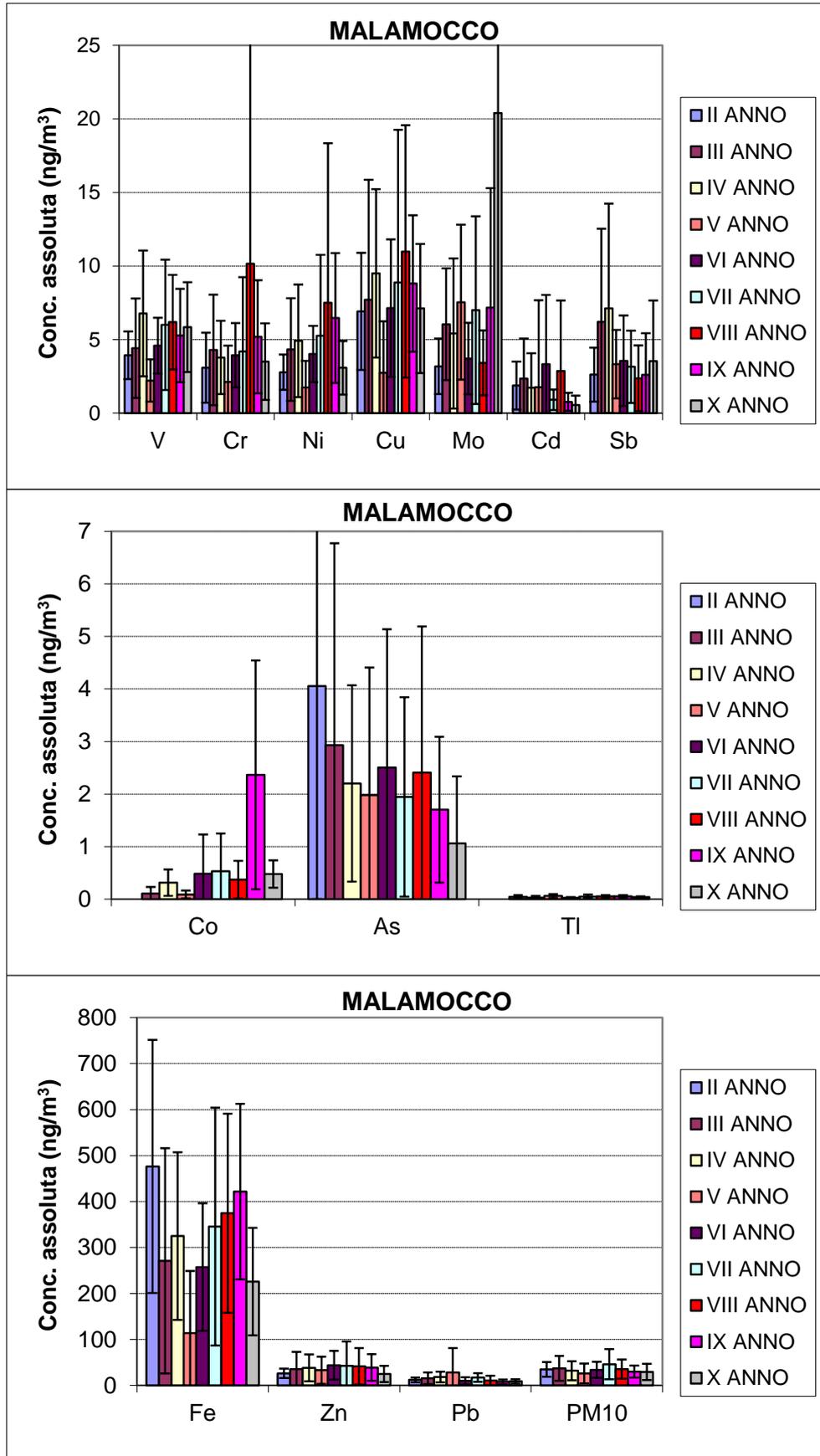


Fig. 3.10 - Andamenti delle concentrazioni medie assolute osservate a Malamocco nel corso dei diversi anni di monitoraggio. Solo giorni di campionamento feriali.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

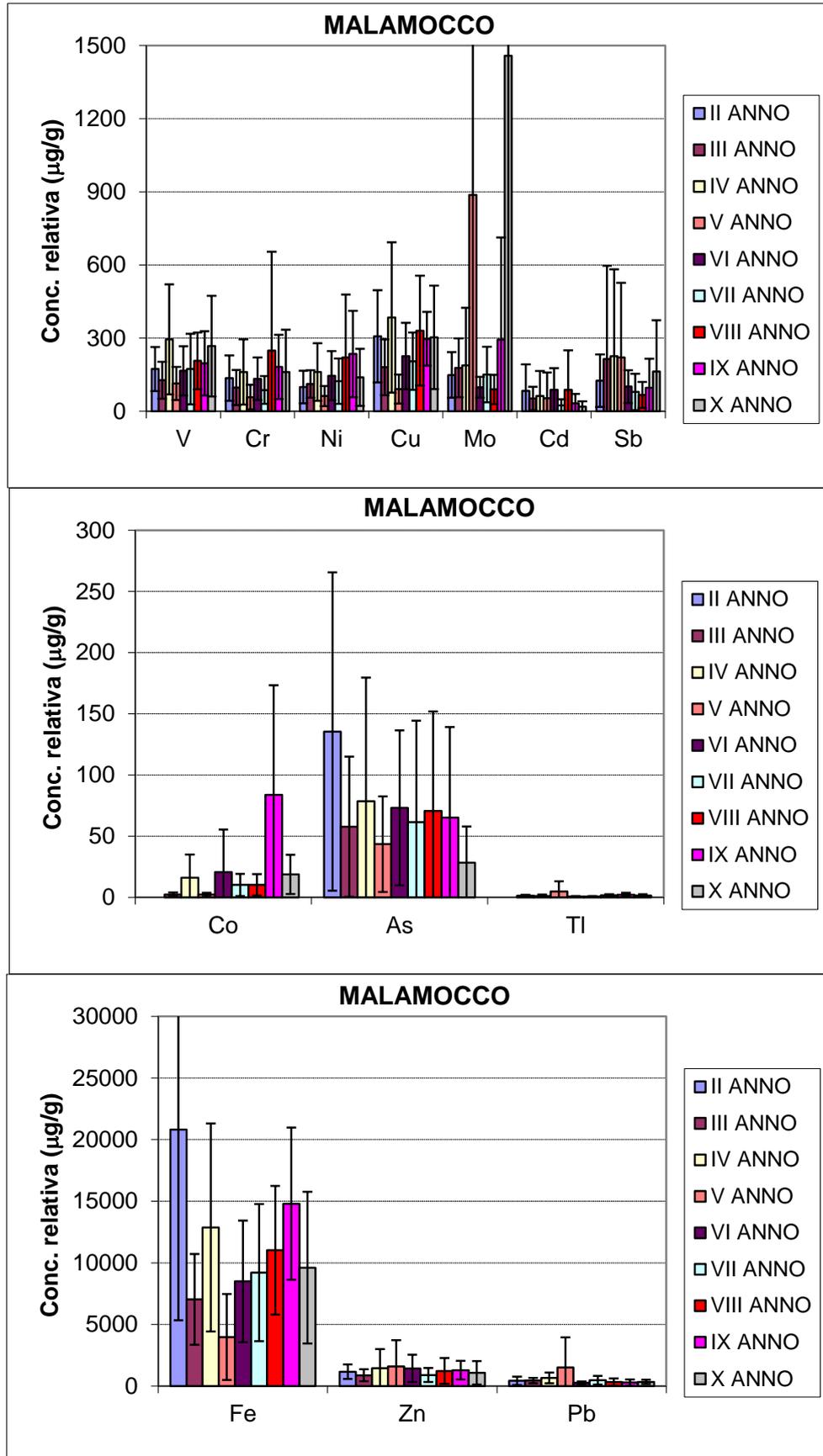


Fig. 3.11 - Andamenti delle concentrazioni medie relative osservate a Malamocco nel corso dei diversi anni di monitoraggio. Solo giorni di campionamento feriali.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

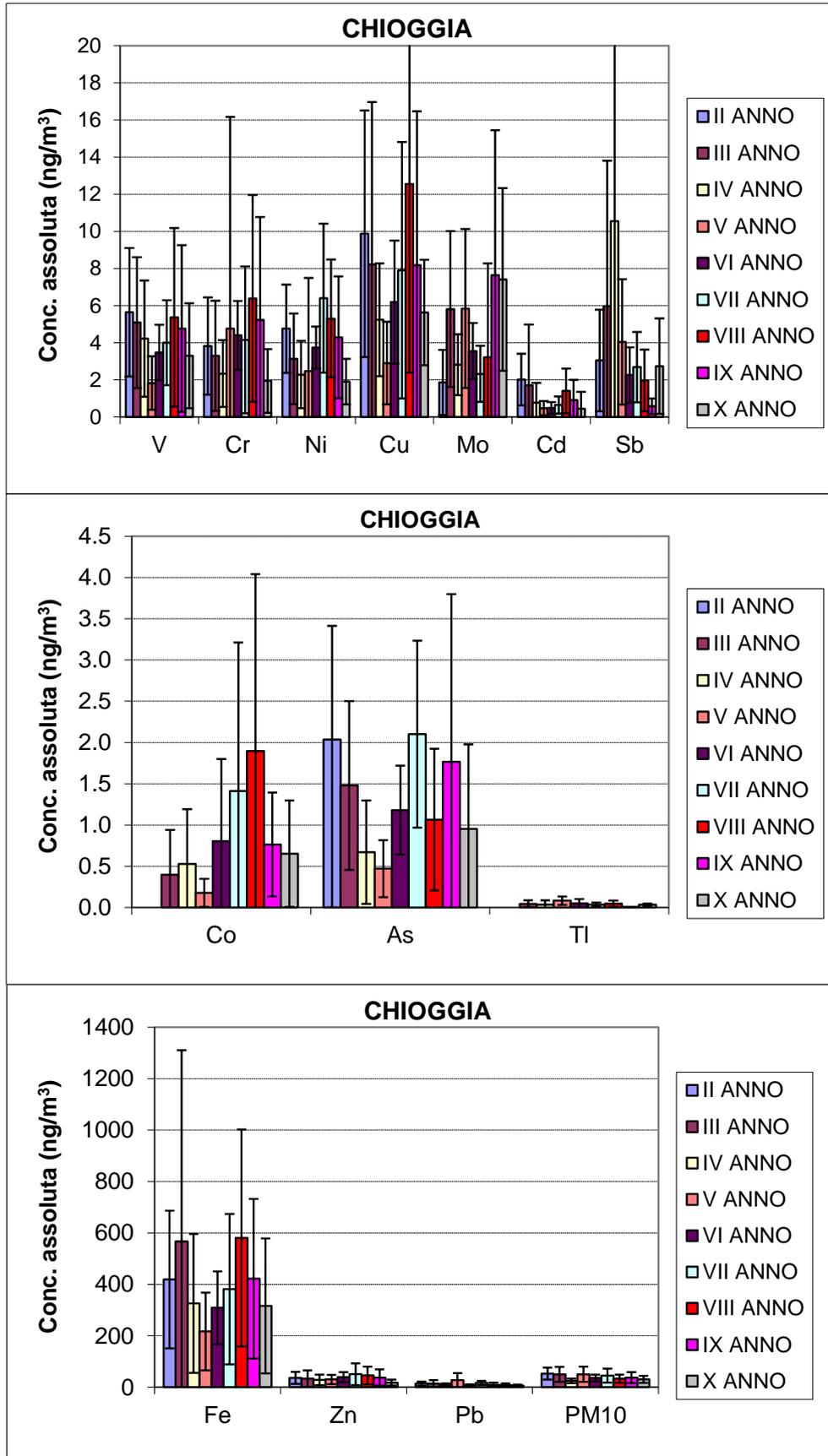


Fig. 3.12 – Andamenti delle concentrazioni medie assolute osservate a Chioggia nel corso dei diversi anni di monitoraggio. Solo giorni di campionamento feriali.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

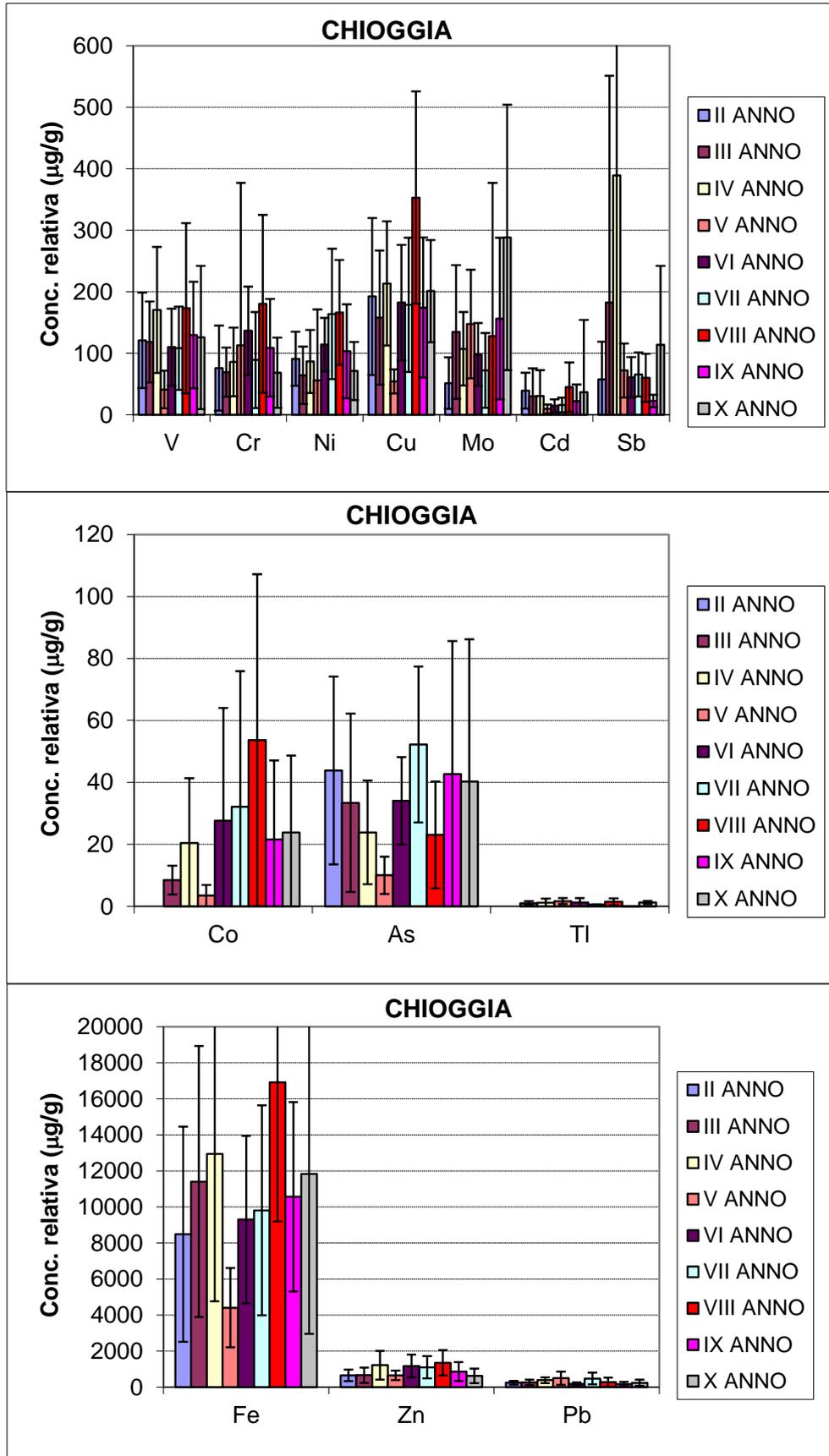


Fig. 3.13 - Andamenti delle concentrazioni medie relative a Chioggia nel corso dei diversi anni di monitoraggio. Solo giorni di campionamento feriali.

4. RISULTATI MONITORAGGIO IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

4.1 Introduzione

Si riportano i risultati dei rilevamenti di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) relativi alla prima (25/09/2014-07/10/2014) e alla seconda campagna di misura a Malamocco (16/02/2015 al 03/03/2015).

4.2 Risultati del monitoraggio

La Tabella 4.1 riporta sinteticamente i dati relativi alle due campagne di misura a Malamocco (in rosso i giorni festivi; u.d.l. indica un dato al di sotto del limite di rilevabilità e RC indica rischio cancerogeno). La Figura 4.1 riporta in forma grafica le concentrazioni misurate nelle campagne di misure per gli IPA Totali (sia in fase gassosa che aerosol) e per il Benzo(a)pirene.

Tab. 4.1 - Riepilogo dati relativi alle due campagne di misura a Malamocco. In rosso i periodi festivi. u.d.l. indica un valore al di sotto del limite di rilevabilità.

	Σ IPA Aerosol (ng/m³)	Σ IPA Vapore (ng/m³)	B(a)pirene Aerosol (ng/m³)	Σ IPA RC Aerosol (ng/m³)	Direzione Prevalente vento
1° Campagna					
Camp. 1	0.18	2.62	0.203	0.16	NNE - 3.46 m/s
Camp. 2	0.08	0.67	0.008	0.06	SE - 2.68 m/s
Camp. 3	0.07	1.06	u.d.l.	0.05	SE - 2.77 m/s
Camp. 4	0.08	1.75	0.008	0.06	ESE - 3.04 m/s
Camp. 5	0.39	2.20	0.036	0.32	N - 4.50 m/s
Camp. 6	0.30	3.88	0.032	0.24	NNE - 3.86 m/s
Camp. 7	0.38	1.48	0.035	0.30	NNE - 4.14 m/s
Camp. 8	0.65	1.45	0.068	0.56	NNW - 2.10 m/s
Media	0.27	1.89	0.030	0.22	
Dev. Stand.	0.20	1.00	0.020	0.18	
2° Campagna					
1	2.50	6.33	0.25	1.39	NE - 5.19 m/s
2	1.53	3.92	0.15	1.00	NE - 6.65 m/s
3	6.20	9.66	0.82	5.01	N - 2.71 m/s
4	1.61	4.04	0.18	1.21	NNE - 4.99 m/s
5	0.75	3.43	0.07	0.53	SE - 2.10 m/s
6	0.77	2.99	0.07	0.54	NE - 6.96 m/s
7	1.64	3.29	0.19	1.31	SW (variabile) - 2.89 m/s
8	2.26	8.09	0.27	1.92	NE - 2.37 m/s
Media	2.16	5.22	0.25	1.61	
Dev. Stand.	1.75	2.51	0.24	1.44	

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

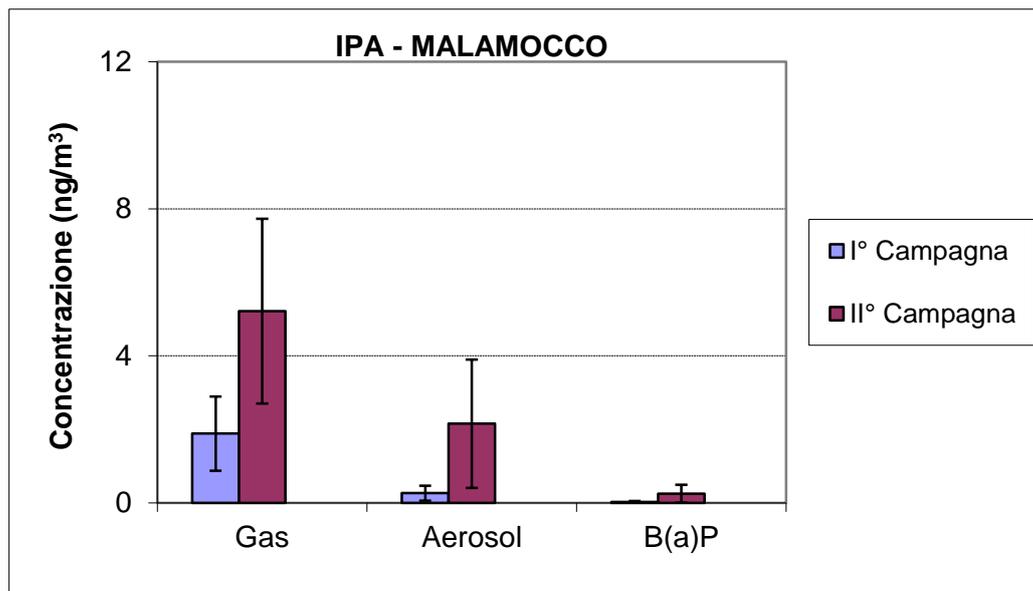


Fig. 4.1 - IPA totali (fase gassosa e aerosol) e Benzo(a)pirene a Malamocco.

La Tabella 4.2 riporta i dati riassuntivi relativi ai monitoraggi effettuati nel decimo anno di attività. Vengono riportate le concentrazioni di IPA Totali (fase gassosa ed aerosol), IPA a Rischio cancerogeno (IPA RC fase aerosol), il Fluorantene (fase aerosol) [Masclat *et al.*, 1986], la somma degli IPA ritenuti da Khalili *et al.* [1995] significativi di emissioni diesel (somma di Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene e Fenantrene nella fase aerosol) e il Benzo(a)pirene (fase aerosol).

Tab. 4.2 - Risultati campionamenti effettuati a Malamocco.

	Σ IPA Vapore (ng/m ³)	Σ IPA Aerosol (ng/m ³)	Σ IPA RC Aerosol (ng/m ³)	Fluorantene Aerosol (ng/m ³)	Σ IPA Aerosol Emiss. Diesel (ng/m ³)	Benzo(a)pirene Aerosol (ng/m ³)
1° Campagna						
Media	1.89	0.27	0.22	0.02	0.01	0.03
Dev. Stand.	1.01	0.20	0.18	0.01	0.01	0.02
2° Campagna						
Media	5.22	2.16	1.61	0.25	0.05	0.25
Dev. Stand.	2.51	1.75	1.44	0.19	0.04	0.24
10 Anno						
Media	3.34	1.21	0.92	0.13	0.03	0.15
Dev. Stand.	2.52	1.55	1.23	0.18	0.04	0.21

Nella seconda campagna di misura si è avuto un incremento nelle concentrazioni di IPA (sia in fase gassosa che aerosol). Questo può essere dovuto alle condizioni atmosferiche in quanto tali rilevamenti avvengono nel periodo invernale e le concentrazioni di IPA sono mediamente maggiori.

4.3 Superamenti di soglia

La Tabella 4.3 riporta il confronto fra le concentrazioni di Benzo(a)pirene con i rispettivi indici rappresentativi della variabilità stagionale dell'inquinante riportati in precedenza (Tab. 2.2). Nel caso in cui la campagna di misura sia avvenuta a cavallo tra due mesi, il valore viene calcolato come media dei valori delle soglie dei due mesi (indicati nella Tab. 2.2). Si ricorda che il valore obiettivo di Benzo(a)pirene è pari a 1 ng/m³ (riferito alla media annuale).

Tab. 4.3 – Confronto fra concentrazioni medie di Benzo(a)pirene a Malamocco e soglie.

Sito		Media Benzo(a)pirene (ng/m ³)	Indice stagionale Benzo(a)pirene (ng/m ³)
Malamocco	1° Campagna: 25/09/14 - 07/10/14		
	Media	0.03	0.45
	Dev. Stand.	0.02	/
	2° Campagna: 16/02/15-02/03/15		
	Media	0.25	2.05
	Dev. Stand.	0.24	/

Dalla Tabella 4.3 si osserva che le concentrazioni medie di Benzo(a)pirene ottenute a Malamocco sono inferiori al limite legislativo, per tutte le campagne effettuate, ed anche al valore indicativo della variabilità stagionale ottenuto dalla serie storiche delle misure effettuate da ARPA Veneto.

Nel 2014 presso la stazione di Bissuola, stazione di fondo urbano, è stato osservato un valore medio della concentrazione di Benzo(a)pirene pari a circa 0.9 ng/m³ [Relazione Regionale della Qualità dell'Aria 2014, ARPA Veneto].

Al fine di evidenziare un eventuale andamento nelle concentrazioni di IPA, si possono confrontare, per entrambi i siti, periodi di misura congruenti da un punto di vista stagionale:

- Fase A (Febbraio 2005) e 2° Campagna di ogni anno di monitoraggio svolta prevalentemente fra Febbraio e Marzo;
- 1° Campagna di ogni anno di monitoraggio svolta prevalentemente fra Settembre e Ottobre;

in questo modo, considerando la correlazione stagionale degli IPA, la prima campagna è associata all'inizio del periodo invernale, mentre la seconda al termine del periodo invernale. La Figura 4.3 riporta l'istogramma relativo al confronto fra le seconde campagne di monitoraggio, mentre la Figura 4.2 riguarda il confronto fra le prime campagne di misura di ogni anno di monitoraggio per Malamocco. La barra degli errori riporta una deviazione standard.

A Malamocco i livelli di concentrazione del decimo di monitoraggio risultano confrontabili a quelli dell'anno precedente per la seconda campagna di misura ma leggermente più bassi durante la prima campagna di misura.

Infine, la Tabella 4.4 riporta, per il sito di Malamocco, le medie relative al decimo anno di monitoraggio considerando separatamente i giorni lavorativi e festivi. Poiché questi ultimi sono meno numerosi dei giorni lavorativi, si tratta di un confronto prevalentemente di tipo qualitativo. Si osserva che, considerando anche le deviazioni standard, i valori medi risultano confrontabili nei giorni lavorativi e nei giorni festivi a Malamocco.

La Figura 4.4, infine, riporta il confronto con i precedenti anni di monitoraggio per Malamocco.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

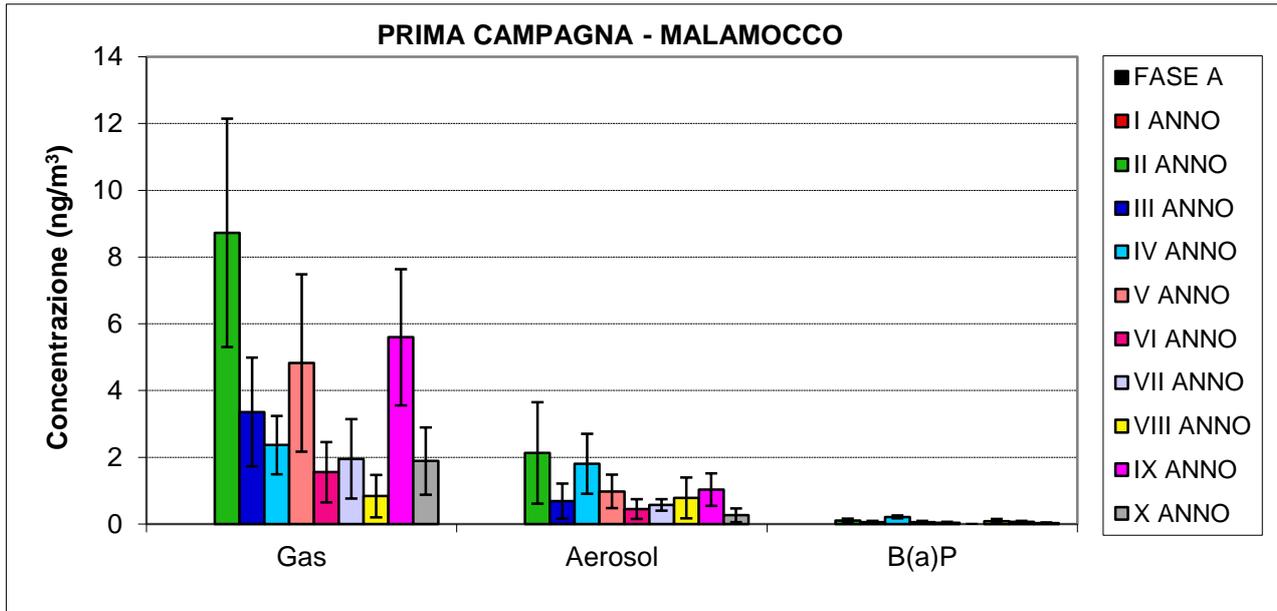


Fig. 4.2 - Confronto con i precedenti anni di monitoraggio (1° campagna) a Malamocco.

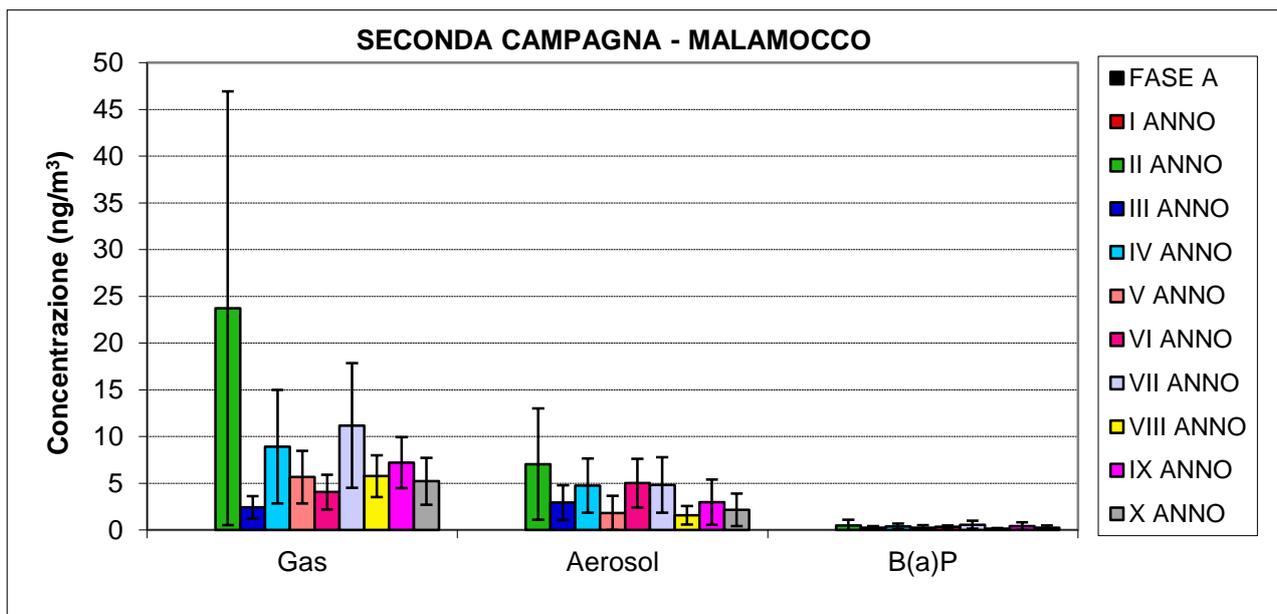


Fig. 4.3 - Confronto con i precedenti anni di monitoraggio (2° campagna) a Malamocco.

Tab. 4.4 - Medie ottenute nei giorni festivi (cantiere chiuso) e feriali nella parte aerosol - Malamocco

10° Anno	ΣIPA (ng/m³)	ΣIPA RC (ng/m³)	Benzo(a)pirene (ng/m³)
Giorni festivi			
Media	0.93	0.72	0.10
Dev. Stand.	0.82	0.63	0.10
Giorni lavorativi			
Media	1.31	0.98	0.16
Dev. Stand.	1.75	1.39	0.24

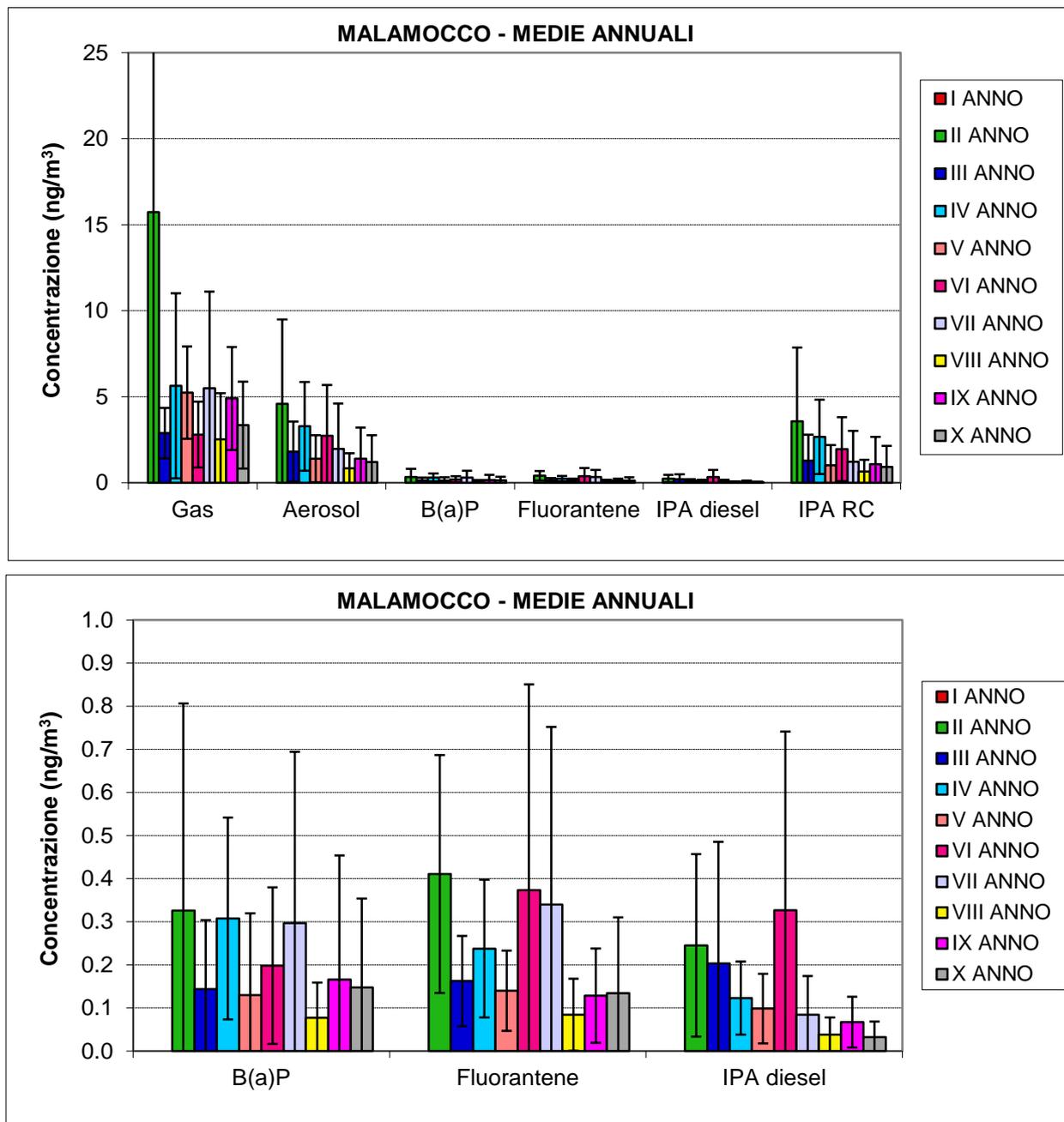


Fig. 4.4 - Andamento delle concentrazioni di IPA negli anni di monitoraggio (Malamocco). Fluorantene, IPA Diesel e Benzo(a)pirene sono riportati anche separatamente per facilitare la lettura.

4.4 Conclusioni

La concentrazione media di Benzo(a)pirene è inferiore al valore obiettivo fissato dalla normativa e all'indice di variabilità stagionale. Il confronto fra periodi di monitoraggio stagionalmente omogenei (per la correlazione stagionale degli IPA) indica una correlazione positiva fra periodi più freddi (Fase A e seconda Campagna di misure di ogni anno di monitoraggio) e maggiori concentrazioni di inquinanti. Non si osservano andamenti crescenti nella serie storica dei monitoraggi finora svolti relativamente agli IPA.

Il confronto fra giorni lavorativi e festivi, seppure in modo qualitativo, indica concentrazioni confrontabili a Malamocco (Tabella 4.4).

5. CONCLUSIONI

5.1 Introduzione

In questa parte finale del documento verranno presentate in forma sintetica le conclusioni relative al decimo anno di monitoraggio. Si precisa che il confronto con i limiti legislativi risulta nella maggior parte dei casi solo a livello tendenziale in quanto tali limiti sono basati su medie annuali, mentre le campagne di misure effettuate coprono un intervallo limitato di giorni.

La Tabella 5.1 riporta in forma schematica e riassuntiva i risultati delle attività di monitoraggio effettuate. Per ciascuna postazione sono riportati i diversi indicatori monitorati. Il giudizio sui dati acquisiti è espresso con un punto verde se le misure sono da considerarsi positive (non ci sono stati superamenti rispetto alle soglie di riferimento), con un punto giallo in caso di valutazione intermedia (superamenti saltuari o non dovuti alle attività di cantiere) e con un punto rosso in caso di criticità (superamenti direttamente attribuiti alle attività di cantiere).

Tab. 5.1 – Esposizione in forma schematica dei risultati ottenuti dalle varie attività di monitoraggio

Sito	Metalli nel PM ₁₀	IPA
Punta Sabbioni	●	*
Malamocco	●	●
Chioggia	●	*

*Non previsto da Disciplinare Tecnico.

5.2 Sintesi attività di monitoraggio

La sintesi delle attività del decimo anno di monitoraggio viene suddivisa in base agli indicatori monitorati.

Metalli: il monitoraggio dei metalli nel PM₁₀ non ha evidenziato superamenti del valore obiettivo per As, Ni e Cd e del valore limite per il Pb presso i siti di misura alle tre bocche di porto (Tab. 3.20). L'analisi dei dati, sia correlando le concentrazioni dei singoli elementi con le direzioni di provenienza del vento, sia confrontando le concentrazioni medie relative ai giorni festivi con quelle relative ai giorni lavorativi, non ha evidenziato contributi diretti dovuti alle attività di cantiere. I livelli medi di concentrazione osservati sono inferiori ai valori obiettivo per tutti i siti di misura. In Tab. 5.1 gli indicatori relativi ai metalli nel PM₁₀ sono verdi per tutte e tre le bocche.

IPA: l'attività di monitoraggio degli IPA a Malamocco (Tab. 4.3) ha messo in evidenza un valore medio di concentrazione di Benzo(a)pirene inferiore al valore obiettivo fissato dalla normativa e all'indice di variabilità stagionale. Il confronto fra periodi di monitoraggio stagionalmente omogenei (per la correlazione stagionale degli IPA) indica una correlazione positiva fra periodi più freddi (Fase A e seconda Campagna di misura di ogni anno di monitoraggio) e maggiori concentrazioni di inquinanti. Non si osservano andamenti crescenti nella serie storica dei monitoraggi finora svolti relativamente agli IPA. Il confronto fra giorni lavorativi e festivi, seppure in modo qualitativo, indica concentrazioni confrontabili (Tab. 4.4).

BIBLIOGRAFIA

- ARPAV, Relazione Regionale Qualità dell'Aria: Anno di riferimento 2014, Maggio 2015.
- Cesari D, Contini D, Genga A, Siciliano M, Elefante C, Baglivi F, Daniele L. 2012. Analysis of raw soils and their re-suspended PM10 fractions: characterisation of source profiles and enrichment factors. *APPLIED GEOCHEMISTRY*, vol. 27, p. 1238-1246, doi: 10.1016/j.apgeochem.2012.02.029.
- Decreto Legislativo 155, 13/08/2010. Supplemento Gazzetta Ufficiale n. 216 del 15 Settembre 2010 - Serie generale.
- Dordevic, D., Mihajlidi-Zelic, A., Relic, D., 2005. "Differentiation of the contribution of local resuspension from that of regional and remote sources on trace elements content in the atmospheric aerosol in the Mediterranean area", *Atm. Env.* 39, pp. 6271-6281.
- Güllü G., Dogan G., Tuncel G., 2005. "Atmospheric trace element and major ion concentrations over the eastern Mediterranean Sea: Identification of anthropogenic source regions", *Atm. Env.* 39, pp. 6376-6387.
- Han J.S., Moon K.J., Ryu S.Y., Kim Y.J., Perry K.D., 2005. "Source estimation of anthropogenic aerosols collected by a DRUM sampler during spring of 2002 at Gosan, Korea", *Atm. Env.* 39, pp. 3113-3125.
- Khalili N. R., P. A. Scheff, T. M. Holsen, "PAH Source fingerprints for coke ovens, diesel and gasoline engines, highway tunnels, and wood combustion emissions", *Atmospheric Environment* 29, pp. 533-542, 1995.
- Kim K.H., Choi G.H., Kang C.H., Lee J.H., Kim J.Y., Youn Y.H., Lee S.R., 2003. "The chemical composition of fine and coarse particles in relation with the Asian Dust events", *Atm. Env.* 37, pp. 753-765.
- Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto-Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia) - CORILA. Studio B.6.72 B/1 "Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari". Macroattività: aria. Rapporto di Variabilità, Luglio 2005. Consorzio Venezia Nuova.
- Manoli E., Voutsas D., Samara C., 2002. "Chemical characterization and source identification/apportionment of fine and coarse air particles in Thessaloniki, Greece", *Atm. Env.* 36, pp. 949-961.
- Masclat P., G. Mouvier, K. Nikolaou, "Relative decay index and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons", *Atmospheric Environment*, Vol. 20, N.3, pp.439-446, 1986.
- Samara, C., Voutsas, D., 2005. "Size distribution of airborne particulate matter and associated heavy metals in the roadside environment", *Chemosp.* 56, pp. 1197-1206.
- Senaratne I., Shooter D., 2004. "Elemental composition in source identification of brown haze in Auckland, New Zealand", *Atm. Env.* 38, pp. 3049-3059.
- Wedepohl K.H., 1995. "The composition of the continental crust", *Geoch. Et Cosmoch. Acta* 59, pp. 1217-1232.
- World Health Organization, 2000. "Air quality guidelines for Europe". 2nd ed. Copenhagen: Regional Office for Europe. WHO Regional Publications, European Series, no. 91.

ALLEGATO: AGGIORNAMENTO SOGLIE

In questa appendice si procede ad un riesame critico delle diverse soglie per i parametri monitorati (metalli nel PM₁₀, IPA e Gas).

A.1 Metalli nel PM₁₀

Nessuna modifica. Per As, Ni, Cd i limiti (valori obiettivo), riferiti alla media annuale, sono riportati in Tabella A.1, mentre per il valore limite per il Pb è 500 ng/m³ [Decreto Legislativo 155/2010].

Tab. A.1 - Valori obiettivo dei metalli nel PM₁₀ previsti dalla normativa nazionale

Elemento	Valore obiettivo (ng/m³)
As	6
Cd	5
Ni	20

A.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici

Le misure di concentrazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici non sono previste nel nuovo disciplinare tecnico [Studio B.6.72 B/11, Aprile 2015].