Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

REGIONE DEL VENETO

Campagna di Monitoraggio di PM_{10} e metalli a Murano - Venezia

Periodo di attuazione:
28 febbraio – 1 maggio 2013
1 settembre – 4 novembre 2013

RELAZIONE TECNICA

Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

REGIONE DEL VENETO

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di Venezia

dr. R. Biancotto (direttore)

Servizio Stato dell'Ambiente

dr.ssa L. Vianello (dirigente responsabile)

Ufficio Informativo Ambientale

dr.ssa C. Zemello (elaborazioni)

Ufficio Reti di Monitoraggio

dr. E. Tarabotti (tecnico responsabile)

p.i. A. Buscato (raccolta dati)

dr. L. Coraluppi (raccolta dati)

Si ringrazia per il supporto fornito:

Servizio Laboratori Provinciale di Padova

Servizio Meteorologico di Teolo

NOTA: La presente Relazione tecnica può essere riprodotta solo integralmente. L'utilizzo parziale richiede l'approvazione scritta del Dipartimento ARPAV Provinciale di Venezia e la citazione della fonte stessa.

Relazione tecnica n. 11ATM13_REV1 (Codici SISCA: VE_000801_13 e VE_003311_13).	**Data 16/02/2015**
Il Tecnico Ufficio Informativo Ambientale	Il Dirigente Servizio Stato dell'Ambiente

*Modifiche **REV1**: Tabella 9 pag. 16, commento pag. 17 e Grafico 5 pagg. 22 e 23*

INDICE

1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna pag. 4
2. Caratterizzazione del sito e tempistiche di realizzazione pag. 4
3. Contestualizzazione meteo climatica dell'area pag. 7
4. Inquinanti monitorati e normativa di riferimento pag. 10
5. Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi pag. 11
6. Efficienza di campionamento pag. 12
7. Analisi dei dati rilevati pag. 12
8. Confronto con indagini precedenti pag. 15
9. Conclusioni pag. 17
ALLEGATO pag. 18

1 Introduzione e obiettivi specifici della campagna

Il monitoraggio pianificato permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria presso l'isola di Murano a Venezia ed approfondisce e completa i risultati di altre indagini svolte negli anni precedenti presso la stessa isola, quali:

- indagine conoscitiva di misura svolta nel 2009 e 2010 presso la Stazione Sperimentale del Vetro di Murano;
- campagna di monitoraggio svolta da settembre a dicembre 2011 nei pressi della scuola elementare Ugo Foscolo di Murano.

L'indagine conoscitiva di misura svolta nel 2009 e 2010 da ARPAV, riguardante la qualità dell'aria, era stata effettuata a seguito dell'emissione dell'Autorizzazione di Carattere Generale per attività di Produzione del Vetro Artistico, emanata dalla Provincia di Venezia con decreto dirigenziale n. 2009/442 del 15/05/2009, per valutare la presenza in aria di alcuni inquinanti nell'area dell'isola di Murano e per confrontare i dati analitici ottenuti, in particolare metalli, con quelli prodotti in un precedente monitoraggio svolto da questo Dipartimento Provinciale, effettuato nell'anno 2003 presso la Stazione Sperimentale del Vetro di Murano, utilizzando lo stesso sito di monitoraggio (vedi Relazione tecnica 28/ATM/09). Detta postazione di misura, presso la Stazione Sperimentale del Vetro di Murano, non era posta al suolo, bensì sopra una terrazza a circa 13 metri, in vicinanza di alcuni punti di emissione d'impianti per la lavorazione del vetro artistico.
Nell'anno 2011 ARPAV ha ritenuto utile effettuare una campagna di monitoraggio, secondo la normativa vigente, su un sito sensibile quale una scuola elementare, anche su indicazione dell'ULSS n. 12. Detto sito risulta inserito in un contesto residenziale con caratteristiche di fondo urbano, contiguo ad un'area industriale-artigianale famosa nel mondo per la produzione di vetro artistico. Il punto di campionamento, posto a circa 2 m dal suolo, è tale che il livello di inquinamento risulta influenzato sia dalle emissioni delle specifiche fonti di pressione più prossime, sia dal contributo integrato di tutte le fonti circostanti e/o poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti.
La campagna di monitoraggio in questione è stata realizzata nei mesi di marzo-aprile e settembre-ottobre 2013 e si è svolta presso la scuola elementare Ugo Foscolo, stesso sito della campagna di monitoraggio del 2011. Sono stati effettuati campionamenti sequenziali, con la conseguente determinazione gravimetrica del particolato inalabile PM_{10}. I filtri in nitrato di cellulosa sono stati poi analizzati per la determinazione di alcuni metalli presenti nella frazione PM_{10}, tra cui arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni) e piombo (Pb).
In parallelo sono stati determinati i metalli anche presso la stazione fissa della Rete Regionale ARPAV della Qualità dell'Aria di Sacca Fisola (classificata come sito di fondo urbano – insulare), ad integrazione dei parametri già in monitoraggio, tra cui il PM_{10}.
Al fine di ottenere un'analisi più circostanziata, per i dati di PM_{10} il confronto è stato esteso anche ai dati rilevati dalle stazioni di riferimento della Rete ARPAV Regionale di Mestre - Parco Bissuola (sito di fondo urbano) e di Mestre - via Tagliamento (sito di traffico urbano).

2 Caratterizzazione del sito e tempistiche di realizzazione

La campagna di monitoraggio della qualità dell'aria con campionatore rilocabile si è svolta dal 28 febbraio al 1 maggio 2013 e dal 1 settembre al 4 novembre 2013. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Venezia, presso l'isola di Murano, ed è di tipologia "background urbano", ma contigua ad un'area industriale-artigianale. Il comune di Venezia ricade nella zona IT0508 "Agglomerato Venezia", ai sensi della zonizzazione regionale approvata con DGR n. 2130/2012 e rappresentata in Figura 1. In Figura 2 è indicata l'ubicazione dei punti sottoposti a monitoraggio nelle campagne del 2013 e 2011 (scuola elementare Ugo Foscolo, presso Fondamenta Colleoni) e nell'indagine del 2009-2010 (Stazione Sperimentale del Vetro), carta tecnica regionale 1:5000.

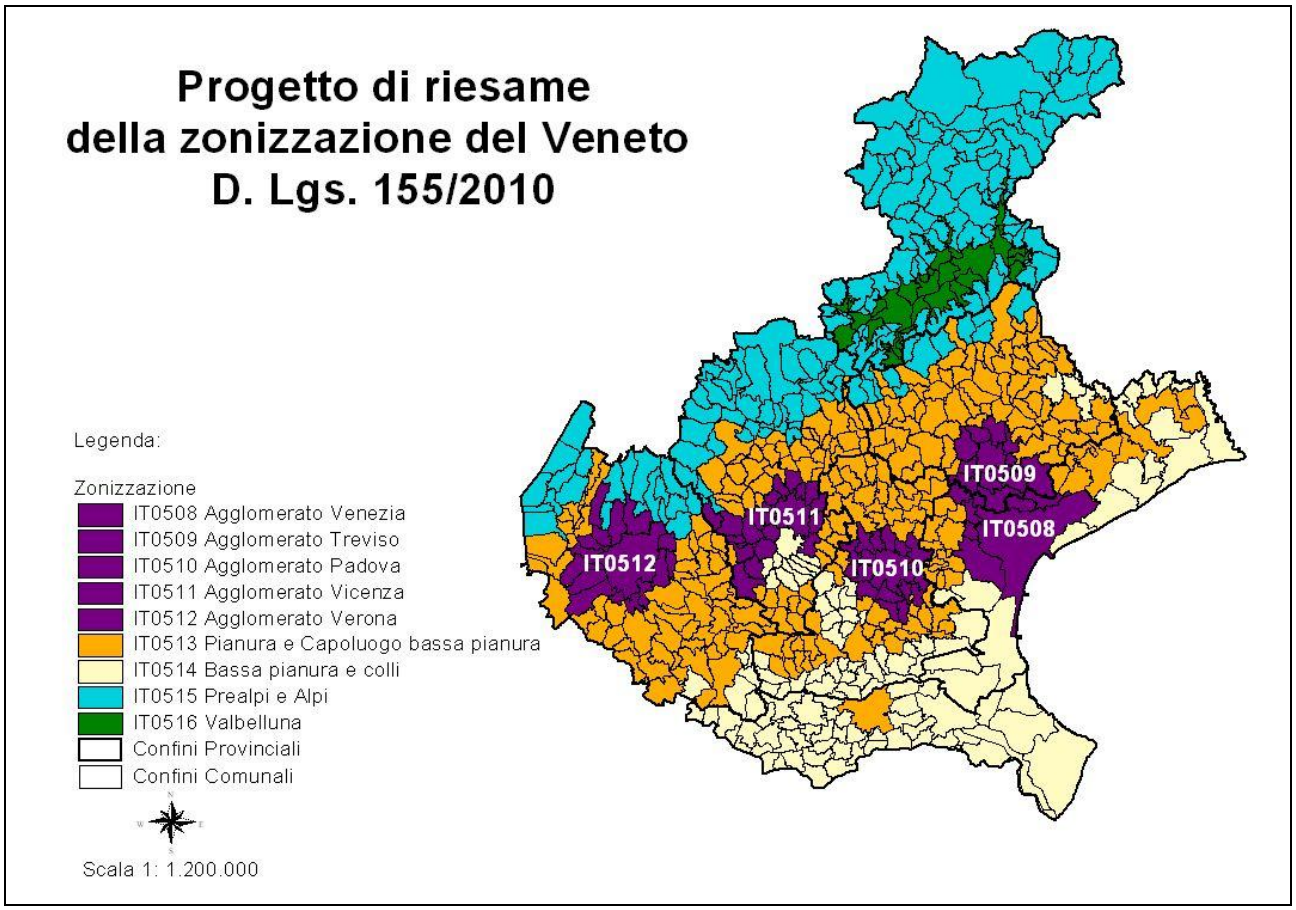


Figura 1 *Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012.*

MURANO
Posizioni campionatori rilocabili di PM10

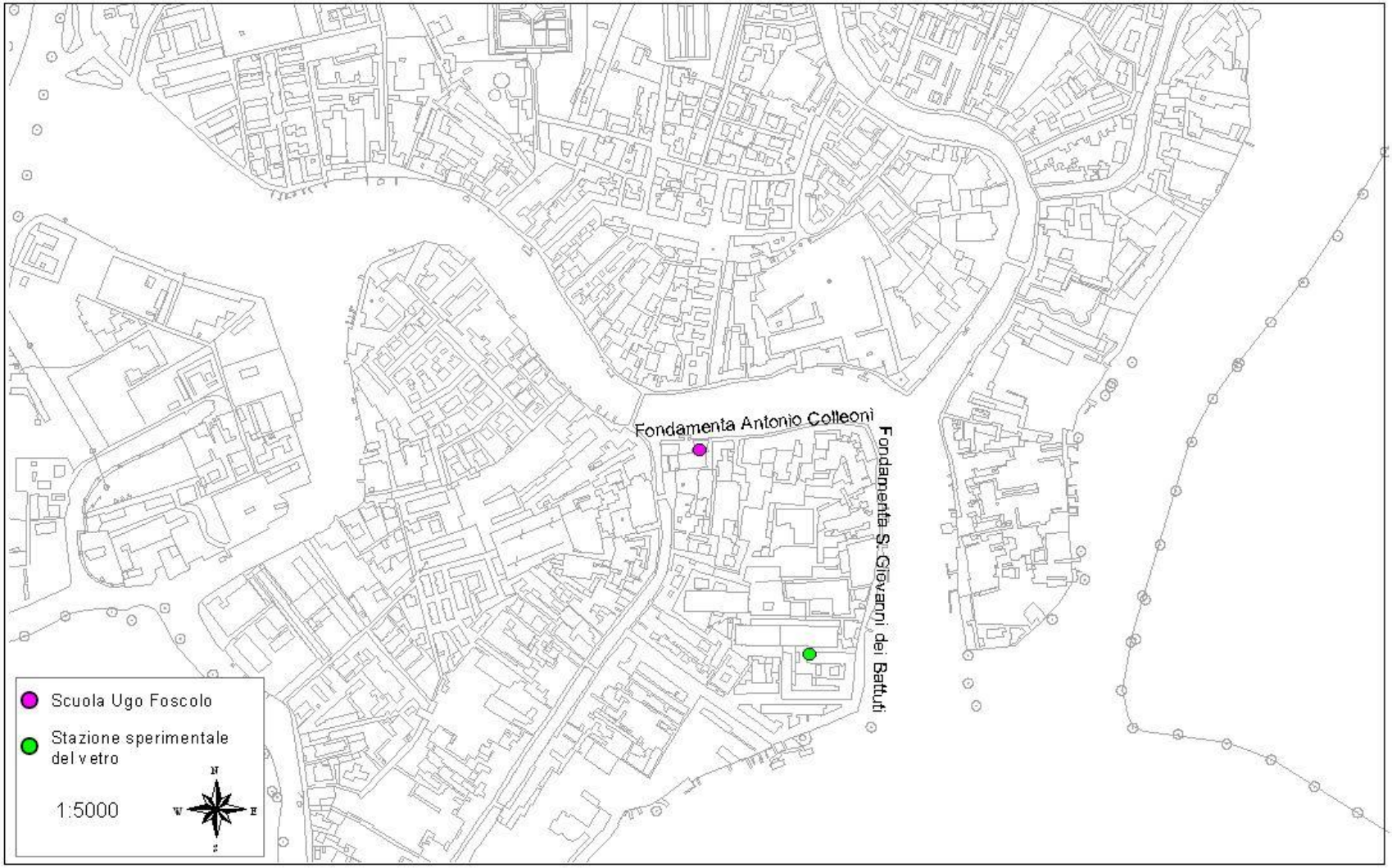


Figura 2 *Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio carta tecnica regionale 1:5000*

3 Contestualizzazione meteo climatica.

28 febbraio – 1 maggio 2013

La situazione meteorologica è stata analizzata mediante l'uso di diagrammi circolari nei quali si riporta la frequenza dei giorni con caratteristiche di piovosità e ventilazione definite in tre classi:

- in rosso (precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm e intensità media del vento minore di 1.5 m/s): condizioni poco favorevoli alla dispersione degli inquinanti,
- in giallo (precipitazione giornaliera compresa tra 1 e 6 mm e intensità media del vento nell'intervallo 1.5 m/s e 3 m/s): situazioni debolmente dispersive,
- in verde (precipitazione giornaliera superiore a 6 mm e intensità media del vento maggiore di 3 m/s): situazioni molto favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi sono state individuate in maniera soggettiva in base ad un campione pluriennale di dati.

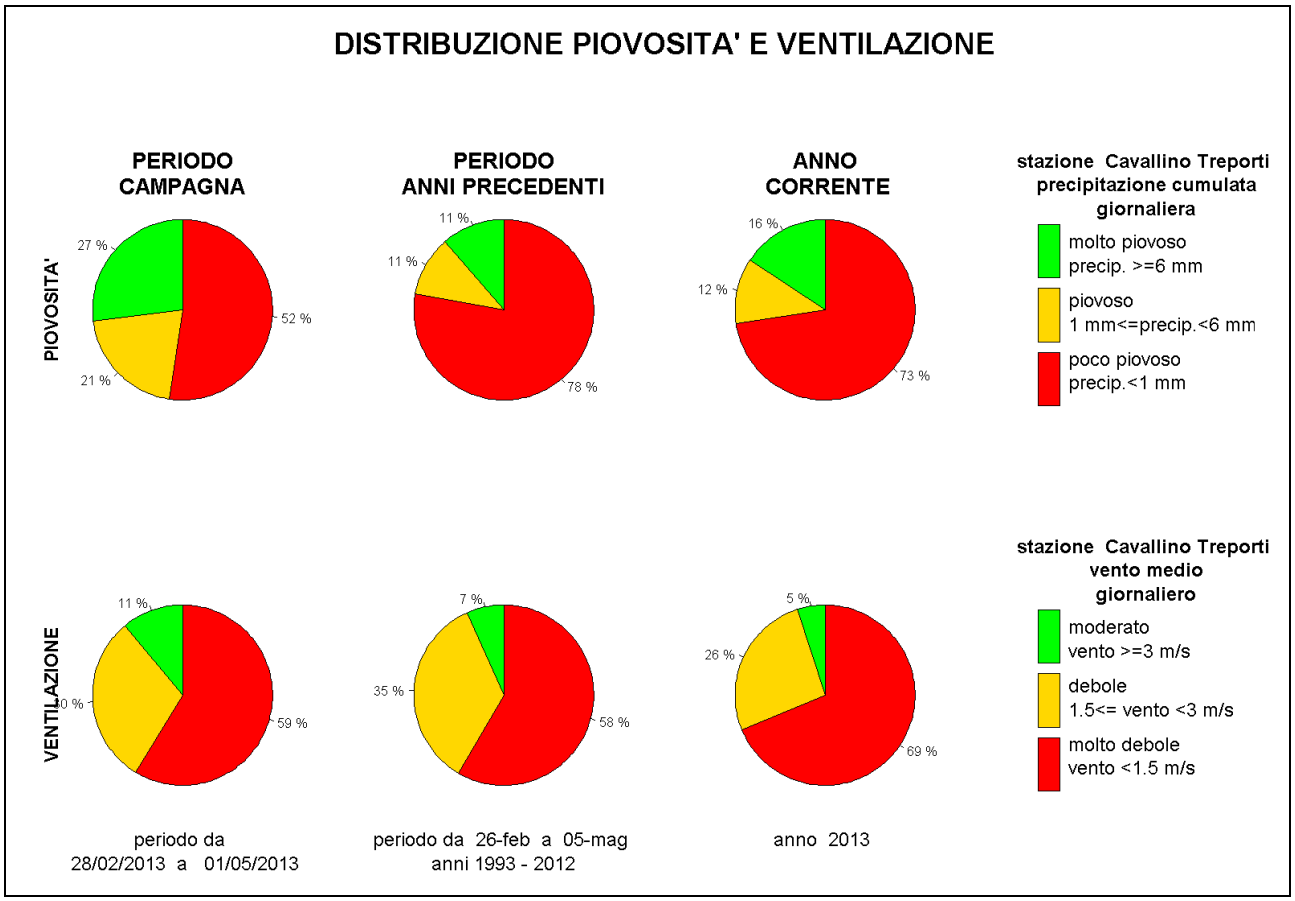


Figura 3: *diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).*

Nella Figura 3 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV più vicina (160 Cavallino Treporti) in tre periodi:

- 28 febbraio – 1 maggio 2013, periodo di svolgimento della campagna di misura,
- 26 febbraio - 5 maggio dall'anno 1993 all'anno 2012 (pentadi di riferimento, ovvero PERIODO ANNI PRECEDENTI)
- 1 gennaio - 31 dicembre 2013 (ANNO CORRENTE).

Dal confronto dei diagrammi circolari risulta che durante il periodo di svolgimento della campagna di misura:

- i giorni piovosi e molto piovosi sono stati più frequenti sia rispetto alla climatologia del periodo, sia rispetto all'anno in corso;
- i giorni con vento moderato risultano un po' più frequenti, sia rispetto alla climatologia del periodo sia rispetto all'anno corrente, quelli con vento molto debole sono più o meno simili alla climatologia del periodo, meno frequenti rispetto all'anno in corso.

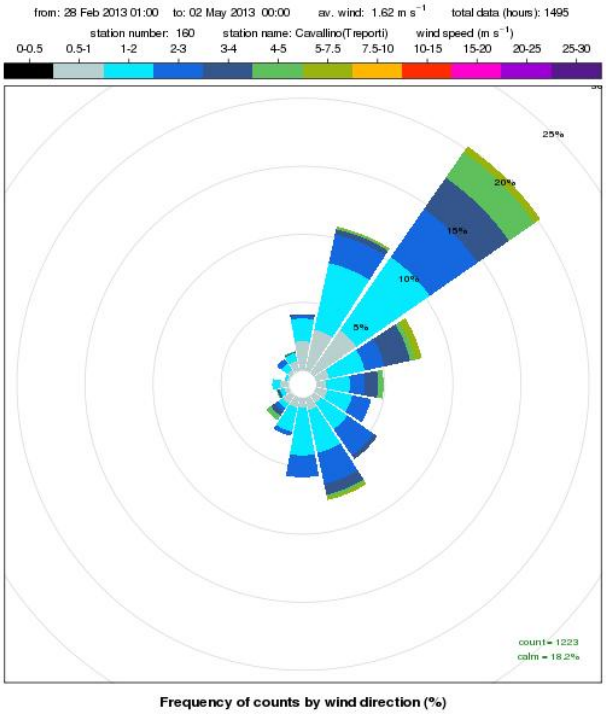


Figura 4: *rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Cavallino Treporti nel periodo 28 febbraio–1 maggio 2013*

In Figura 4 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Cavallino Treporti durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento durante il periodo di svolgimento della campagna di misura è Nord-Est (21%), seguita da Nord-Nord-Est (11%), Sud-Sud-Est (8%) e Est-Nord-Est (8%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 18%. La velocità media pari a circa 1.6 m/s.

1 settembre – 4 novembre 2013

La situazione meteorologica è stata analizzata mediante l'uso di diagrammi circolari nei quali si riporta la frequenza dei giorni con caratteristiche di piovosità e ventilazione definite in tre classi:

- in rosso (precipitazione giornaliera inferiore a 1 mm e intensità media del vento minore di 1.5 m/s): condizioni poco favorevoli alla dispersione degli inquinanti,
- in giallo (precipitazione giornaliera compresa tra 1 e 6 mm e intensità media del vento nell'intervallo 1.5 m/s e 3 m/s): situazioni debolmente dispersive,
- in verde (precipitazione giornaliera superiore a 6 mm e intensità media del vento maggiore di 3 m/s): situazioni molto favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

I valori delle soglie per la ripartizione nelle tre classi sono state individuate in maniera soggettiva in base ad un campione pluriennale di dati.

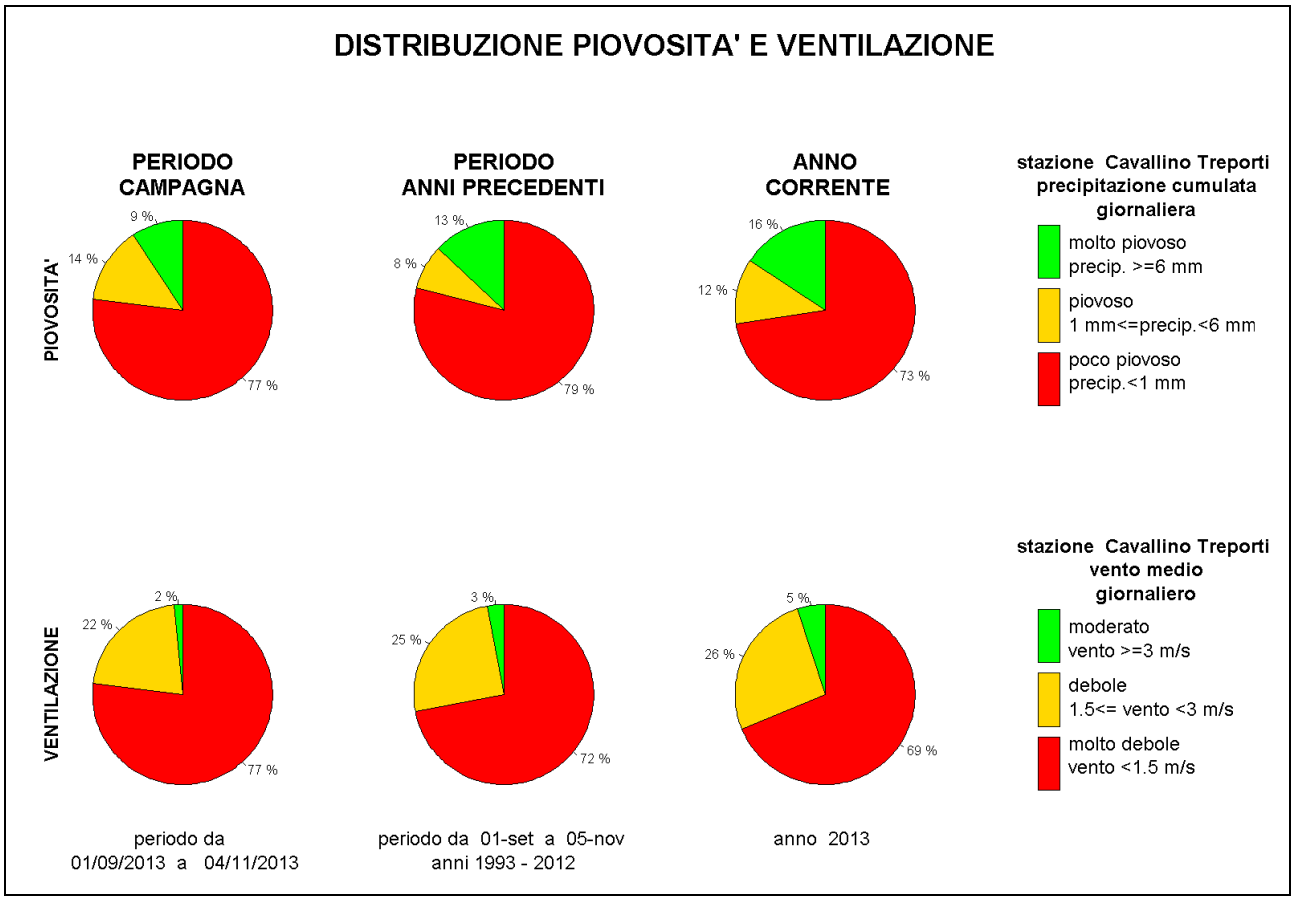


Figura 5: *diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).*

Nella Figura 5 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV più vicina (160 Cavallino Treporti) in tre periodi:

- 1 settembre - 4 novembre 2013, periodo di svolgimento della campagna di misura,
- 1 settembre – 5 novembre dall'anno 1993 all'anno 2012 (pentadi di riferimento, ovvero PERIODO ANNI PRECEDENTI)
- 1 gennaio - 31 dicembre 2013 (ANNO CORRENTE).

Dal confronto dei diagrammi circolari risulta che durante il periodo di svolgimento della campagna di misura:

- i giorni molto piovosi sono stati meno frequenti sia rispetto alla climatologia del periodo, sia rispetto all'anno in corso;
- i giorni con vento molto debole risultano più frequenti sia rispetto alla climatologia del periodo, sia rispetto all'anno corrente.

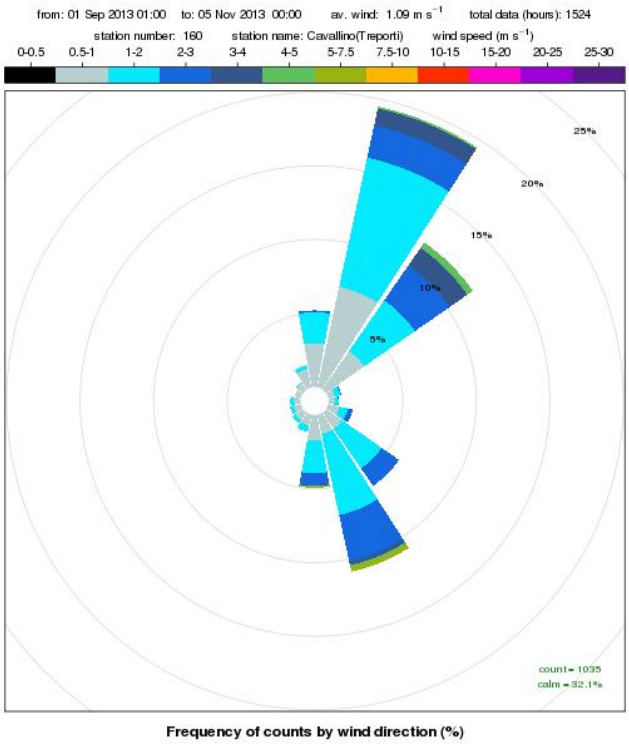


Figura 6: *rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Cavallino Treporti nel periodo 1 settembre–4 novembre 2013*

In Figura 6 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Cavallino Treporti durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento durante il periodo di svolgimento della campagna di misura è Nord-Nord-Est (20%), seguita da Sud-Sud-Est (11%) e Nord-Est (11%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 32%; la velocità media pari a circa 1.09 m/s.

4 Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

Presso il sito di Murano – scuola Foscolo sono stati effettuati campionamenti sequenziali, con la conseguente determinazione gravimetrica del particolato inalabile PM_{10}, mentre presso il sito di Sacca Fisola il PM_{10} è stato determinato tramite un analizzatore automatico. I filtri in nitrato di cellulosa sono stati poi analizzati per la determinazione dei metalli presenti nella frazione PM_{10}: arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni), piombo (Pb), alluminio (Al), antimonio (Sb), cobalto (Co), cromo (Cr), ferro (Fe), manganese (Mn), rame (Cu), selenio (Se), tallio (Tl), vanadio (V) e zinco (Zn) per i filtri associati al sito di Murano – scuola Foscolo; gli stessi metalli, tranne l'antimonio ed il selenio, per i filtri associati al sito di Sacca Fisola.

Per tutti gli inquinanti considerati risultano in vigore i limiti individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, attuazione della Direttiva 2008/50/CE.
Il D.Lgs. 155/2010 riveste particolare importanza nel quadro normativo della qualità dell'aria perché costituisce, di fatto, un vero e proprio testo unico sull'argomento. Infatti, secondo quanto riportato all'articolo 21 del decreto, sono abrogati il D.Lgs. 351/1999, il DM 60/2002, il D.Lgs. 183/2004 e il D.Lgs. 152/2007, assieme ad altre norme di settore. E' importante precisare che il valore aggiunto di questo testo è quello di unificare sotto un'unica legge la normativa previgente, mantenendo un sistema di limiti e di prescrizioni analogo a quello già in vigore.

Gli inquinanti da monitorare e i limiti stabiliti risultano rimasti invariati rispetto alla disciplina precedente, eccezion fatta per il particolato $PM_{2,5}$, i cui livelli nell'aria ambiente vengono per la prima volta regolamentati in Italia con detto decreto.
Nelle Tabelle seguenti si riportano, per ciascun inquinante, i limiti di legge previsti dal D.Lgs. 155/2010, suddivisi in limiti di legge a mediazione di breve periodo, correlati all'esposizione acuta della popolazione e limiti di legge a mediazione di lungo periodo, correlati all'esposizione cronica della popolazione.

Tabella 1 - *Limiti di legge relativi all'esposizione acuta.*

Inquinante	Tipologia	Valore
PM10	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	**50** $\mu g/m^3$

Tabella 2 - *Limiti di legge relativi all'esposizione cronica.*

Inquinante	Tipologia	Valore
PM10	Valore limite annuale	**40** $\mu g/m^3$
Piombo	Valore limite annuale	**0.5** $\mu g/m^3$
Arsenico	Valore obiettivo (media su anno civile)	**6.0** ng/m^3
Cadmio	Valore obiettivo (media su anno civile)	**5.0** ng/m^3
Nichel	Valore obiettivo (media su anno civile)	**20.0** ng/m^3

5 Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Presso il sito di Murano – scuola Foscolo il campionamento del particolato inalabile PM_{10} (diametro aerodinamico inferiore a 10 µm) è stato realizzato utilizzando una linea di prelievo sequenziale con cicli di prelievo di 24 ore su opportuni filtri in nitrato di cellulosa da 47 mm di diametro. Detti campionamenti sequenziali sono stati condotti con l'utilizzo di apparecchiature conformi alle specifiche tecniche dettate dal D.Lgs. 155/2010 (il volume campionato si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni).
Presso il sito di Sacca Fisola (stazione fissa della rete di monitoraggio ARPAV della Qualità dell'Aria), il PM_{10} è stato determinato tramite un analizzatore automatico marca OPSIS, modello SN 200, che impiega una sorgente radioattiva di Carbonio 14: il principio di misura si basa sul metodo dell'attenuazione dei raggi beta; i cicli di prelievo sono stati di 24 ore, con lettura giornaliera, ed i filtri utilizzati sono in nitrato di cellulosa, con diametro pari a 47 mm.
Per quanto riguarda i metalli, le determinazioni analitiche sono state effettuate sui filtri esposti in nitrato di cellulosa, mediante spettrofotometria di emissione con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-Ottico) e spettrofotometria di assorbimento atomico con fornetto a grafite "metodo UNI EN 14902:2005".
Le determinazioni del PM_{10} e dei metalli sono state effettuate su tutti i filtri campionati.
Con riferimento ai risultati riportati al punto 7 si precisa che la rappresentazione dei valori inferiori al limite di rivelabilità segue una distribuzione statistica di tipo gaussiano normale in cui la metà del limite di rivelabilità rappresenta il valore più probabile. Si è scelto pertanto di attribuire tale valore ai dati inferiori al limite di rivelabilità, diverso a seconda dello strumento impiegato o della metodologia adottata.
Allo stato attuale, ai fini delle elaborazioni e per la valutazione della conformità al valore limite si utilizzano le "Regole di accettazione e rifiuto semplici", ossia le regole più elementari di trattamento dei dati, corrispondenti alla considerazione delle singole misure prive di incertezza e del valore medio come numero esatto ("Valutazione della conformità in presenza dell'incertezza di misura" di

R. Mufato e G. Sartori - Bollettino degli esperti ambientali. Incertezza delle misure e certezza del diritto/anno 62, 2011 2-3).

6 Efficienza di campionamento

Al fine di assicurare il rispetto degli obiettivi di qualità di cui all'Allegato I del D.Lgs. 155/2010 e l'accuratezza delle misurazioni, la normativa stabilisce dei criteri in materia di incertezza dei metodi di valutazione, di periodo minimo di copertura e di raccolta minima dei dati.
I requisiti relativi alla raccolta minima dei dati ed al periodo minimo di copertura non comprendono le perdite di dati dovute alla taratura periodica od alla manutenzione ordinaria della strumentazione.

Per le misurazioni indicative, quali quelle effettuate a Murano, il periodo minimo di copertura deve essere del 14% nell'arco dell'intero anno civile (pari a 52 giorni/anno), con una resa del 90%; in particolare le misurazioni possono essere uniformemente distribuite nell'arco dell'anno civile o, in alternativa, effettuate per otto settimane equamente distribuite nell'arco dell'anno. Nella pratica, le otto settimane di misura nell'arco dell'anno possono essere organizzate con rilievi svolti in due periodi, di quattro settimane consecutive ciascuno, tipicamente nel semestre invernale (1ottobre-31marzo) ed in quello estivo (1aprile-30settembre), caratterizzati da una diversa prevalenza delle condizioni di rimescolamento dell'atmosfera.
Anche per i metalli normati (As, Cd, Ni, Pb) la percentuale per le misurazioni indicative è pari al 14% (con una resa del 90%); è comunque possibile applicare un periodo di copertura più basso, ma non inferiore al 6%, purché si dimostri che l'incertezza estesa nel calcolo della media annuale sia rispettata.
In relazione a quanto sopraesposto, nei periodi di monitoraggio sono stati campionati ed analizzati 122 filtri per PM_{10} e sono state eseguite 122 analisi di 15 metalli (As, Cd, Ni, Pb, Al, Sb, Co, Cr, Fe, Mn, Cu, Se, Tl, V, Zn).

7 Analisi dei dati rilevati

Polveri atmosferiche inalabili (PM_{10})
Durante i due periodi di monitoraggio la concentrazione di polveri PM_{10} ha superato il valore limite giornaliero per la protezione della salute umana, pari a 50 $\mu g/m^3$, da non superare per più di 35 volte per anno civile, per 9 giorni su 63 di misura nel "primo periodo" (marzo-aprile 2013) e per 15 giorni su 59 di misura nel "secondo periodo" (settembre-ottobre 2013) (Allegato - Grafico 1), per un totale di 24 giorni di superamento su 122 complessivi di misura (20%).
Negli stessi due periodi di monitoraggio le concentrazioni giornaliere di PM_{10} misurate presso la stazione fissa di background urbano della Rete provinciale ARPAV di monitoraggio della qualità dell'aria, posizionata a Sacca Fisola a Venezia, sono risultate superiori a tale valore limite per 10 giorni su 121 di misura (8%). Il numero di giorni di superamento rilevato presso il sito di Murano, classificato da un punto di vista ambientale come sito di background, è stato percentualmente superiore a quello rilevato presso il sito fisso di Sacca Fisola.
Per completezza e parallelismo con la terraferma, si riportano anche i dati misurati presso le stazioni fisse di riferimento della Rete provinciale ARPAV di monitoraggio: al Parco Bissuola a Mestre, stazione di riferimento di background urbano, le concentrazioni giornaliere di PM_{10} sono risultate superiori al valore limite giornaliero per 11 giorni su 128 di misura (9%); in via Tagliamento a Mestre, stazione di riferimento di traffico urbano, le concentrazioni giornaliere di PM_{10} sono risultate superiori al valore limite giornaliero per 8 giorni su 127 di misura (6%).

La media di periodo delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} misurate a Murano è risultata pari a 36 $\mu g/m^3$ nel "primo periodo" e a 38 $\mu g/m^3$ nel "secondo periodo". La media complessiva ponderata dei due periodi calcolata per il sito indagato è risultata pari a 37 $\mu g/m^3$, inferiore al valore limite annuale pari a 40 $\mu g/m^3$.

Negli stessi due periodi di monitoraggio la media complessiva delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} misurate presso la stazione fissa di background urbano della rete ARPAV di monitoraggio della qualità dell'aria, posizionata a Sacca Fisola a Venezia, è risultata pari a 27 $\mu g/m^3$. La media complessiva rilevata presso il sito di Murano è quindi superiore a quella misurata presso il sito fisso di background urbano.
Per completezza si riportano anche i dati misurati presso le stazioni fisse di riferimento della Rete provinciale ARPAV di monitoraggio: al Parco Bissuola a Mestre, stazione di riferimento di background urbano, la media ponderata delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} è risultata pari a 26 $\mu g/m^3$; in via Tagliamento a Mestre, stazione di riferimento di traffico urbano, la media ponderata delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} è risultata pari a 27 $\mu g/m^3$.

Tabella 3 – *Confronto delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} misurate a Murano con quelle misurate a Mestre – Venezia. Marzo – aprile e settembre – ottobre 2013.*

		PM_{10} ($\mu g/m^3$)			
		Venezia		Mestre - Venezia	
		Murano scuola Foscolo	Sacca Fisola BU	Parco Bissuola BU	Via Tagliamento TU
PRIMO PERIODO	MEDIA	**36**	**27**	**24**	**28**
	n° super.	9	3	3	5
	n° dati	63	63	63	62
	% super.	14	5	5	8
SECONDO PERIODO	MEDIA	**38**	**28**	**28**	**26**
	n° super.	15	7	8	3
	n° dati	59	58	65	65
	% super.	25	12	12	5
PRIMO E SECONDO PERIODO	MEDIA PONDERATA	**37**	**27**	**26**	**27**
	n° super.	24	10	11	8
	n° dati	122	121	128	127
	% super.	20	8	9	6

Allo scopo di valutare il rispetto dei valori limite di legge previsti dal D.Lgs. 155/10 per il parametro PM_{10}, ovvero il rispetto del Valore Limite sulle 24 ore di 50 $\mu g/m^3$ e del Valore Limite annuale di 40 $\mu g/m^3$, nei siti presso i quali si realizza una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria di lunghezza limitata (misurazioni indicative), è stata utilizzata una metodologia di calcolo elaborata dall'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV.
Tale metodologia prevede di confrontare il "sito sporadico" (campagna di monitoraggio) con una stazione fissa, considerata rappresentativa per vicinanza o per stessa tipologia di emissioni e di condizioni meteorologiche. Sulla base di considerazioni statistiche è possibile così stimare, per il sito sporadico, il valore medio annuale e il 90° percentile delle concentrazioni di PM_{10}; quest'ultimo parametro statistico è rilevante in quanto corrisponde, in una distribuzione di 365 valori, al 36° valore massimo. Poiché per il PM_{10} sono consentiti 35 superamenti del valore limite giornaliero di 50 $\mu g/m^3$, in una serie annuale di 365 valori giornalieri, il rispetto del valore limite è garantito se il 36° valore in ordine di grandezza è minore di 50 $\mu g/m^3$.
Per quanto detto il sito di Murano è stato confrontato alla stazione fissa di riferimento di background urbano di Parco Bissuola a Mestre. La metodologia di calcolo stima per il sito sporadico di Murano il valore medio annuale di 42 $\mu g/m^3$ (superiore al valore limite annuale di 40 $\mu g/m^3$) ed il 90° percentile di 72 $\mu g/m^3$ (superiore al valore limite giornaliero di 50 $\mu g/m^3$).

Si ricorda che, per ulteriori informazioni sulla qualità dell'aria del territorio provinciale di Venezia, sul sito internet di ARPAV (www.arpa.veneto.it) sono attualmente consultabili in tempo reale le concentrazioni di polveri inalabili PM_{10} determinate presso le stazioni fisse della rete ARPAV dislocate nel territorio Provinciale di Venezia, nonché di molte altre stazioni a livello regionale.

Metalli (Pb, As, Cd, Ni)

Le medie delle concentrazioni giornaliere di metalli misurate a Murano nei due periodi monitorati sono risultate le seguenti:

Tabella 4 – *Valori medi di periodo e media complessiva dei metalli..*

Metallo	"primo periodo" ng/m^3	"secondo periodo" ng/m^3	media complessiva ng/m^3
Arsenico	488.4	570.6	528.2
Cadmio	1378.5	164.9	791.6
Nichel	3.9	3.5	3.7
Piombo	287	442	362

Le medie complessive ponderate dei due periodi sono risultate:

- inferiore al valore limite annuale per il piombo, pari a 500 ng/m^3 (D.Lgs. 155/10),
- nettamente superiori al valore obiettivo per l'arsenico ed il cadmio, pari a 6 e 5 ng/m^3 rispettivamente (D.Lgs. 155/10),
- inferiore al valore obiettivo per il nichel, pari a 20 ng/m^3 (D.Lgs. 155/10).

Per confronto si riporta di seguito le medie dei metalli calcolate negli stessi periodi di monitoraggio presso le stazioni fisse di background urbano di Venezia – Sacca Fisola e Mestre - Parco Bissuola della Rete Regionale ARPAV della Qualità dell'Aria.

Tabella 5 – *Valori medi delle concentrazioni di metalli registrate a Murano, a Venezia - Sacca Fisola e a Mestre - Parco Bissuola*

	Media complessiva (28 feb - 1 mag / 1 set - 4 nov 2013)		
	Murano scuola Foscolo ng/m^3	Sacca Fisola ng/m^3	Mestre Parco Bissuola ng/m^3
As	528.2	4.7	3.0
Cd	791.6	4.6	2.0
Ni	3.7	4.8	4.2
Pb	362	12	8

Le medie complessive ponderate dei metalli misurate presso il sito di Murano risultano, rispetto a quelle rilevate presso le stazioni fisse di Mestre, leggermente inferiori per il nichel e nettamente superiori per arsenico, cadmio e piombo (metalli caratteristici del ciclo produttivo delle vetrerie).
Detto confronto evidenzia come la problematica indagata sia locale rispetto all'intero territorio comunale, collegata alla tradizionale lavorazione del vetro di Murano. Si ricorda infatti che i sistemi di captazione e trattamento dei fumi, emessi nel corso sia della fusione sia della lavorazione del vetro, portano ad un rapido abbassamento della temperatura dell'emissione, favorendo la riduzione della cinetica e di conseguenza riducendo la dispersione in aria ambiente degli eventuali inquinanti trasportati e favorendo una loro localizzata deposizione.
Ciò viene confermato dal fatto che negli ultimi nove anni, prendendo in considerazione le stazioni di riferimento della Rete Regionale ARPAV per la Qualità dell'Aria del territorio veneziano (Mestre

Parco Bissuola come background urbano e via Circonvallazione, via Tagliamento e via F.lli Bandiera nei diversi anni, come traffico urbano), le medie annuali di arsenico e cadmio sono risultate sempre inferiori ai valori obiettivo previsti dal D Lgs. 155/10; ambedue i metalli, in entrambe le tipologie di sito, hanno assunto valori medi annuali compresi fra 1.3 e 4.5 ng/m^3.

Relativamente ai metalli non normati (Sb, Cr, Fe, Mn, Hg, Cu, Se, Tl, V, Zn), monitorati nella presente campagna di monitoraggio, si riportano le medie di periodo a confronto, ove possibile, con le medie rilevate presso la stazione fissa di Sacca Fisola (Tabella 6).

Tabella 6 – *Valori medi delle concentrazioni di metalli non normati registrate a Murano e confronto con la stazione fissa di Sacca Fisola.*

	MEDIA (ng/m3)			
	Murano scuola Ugo Foscolo		**Venezia Sacca Fisola**	
	28/02/13 - 01/05/13	**01/09/13 - 04/11/13**	**28/02/13 - 01/05/13**	**01/09/13 - 04/11/13**
Sb	56.3	56.0	n.d.	n.d.
Cr	9.5	8.9	11.0	9.0
Fe	175.9	213.8	170.3	217.5
Mn	9.2	8.5	5.6	7.1
Hg	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cu	30.4	13.6	9.9	12.0
Se	870.4	30.0	n.d.	n.d.
Tl	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
V	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Zn	184.0	151.3	<50.0	<50.0

n.d.: non determinato

8 Confronto con indagini precedenti

Come detto nell'Introduzione la presente campagna di monitoraggio approfondisce e completa i risultati di altre indagini svolte per conoscere la qualità dell'aria sull'isola di Murano.

Per quanto riguarda il parametro PM_{10}, si riporta di seguito il confronto con quanto rilevato nel corso della precedente indagine effettuata a Murano: i valori misurati nel 2013, limitatamente al periodo 1 settembre – 4 novembre, vengono confrontati con i dati della campagna di monitoraggio svolta nel periodo settembre – dicembre 2011 presso lo stesso sito (scuola Ugo Foscolo).
La concentrazione media di PM_{10} rilevata a Murano presso la scuola Foscolo dal 1 settembre al 4 novembre 2013 è di poco inferiore a quella rilevata nello stesso periodo del 2011, mentre per tutte le altre postazioni le concentrazioni medie del 2013 risultano decisamente inferiori a quelle del 2011.

Tabella 7 – *Confronto delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} misurate a Murano con quelle misurate a Mestre – Venezia. Confronto 2013 – 2011.*

		PM10 (µg/m³)			
		Venezia		Mestre - Venezia	
		Murano scuola Foscolo	Sacca Fisola BU	Parco Bissuola BU	Via Tagliamento TU
1 SET - 4 NOV 2013	MEDIA	**38**	**28**	**28**	**26**
	n° super.	15	7	8	3
	n° dati	59	58	65	65
	% super.	25	12	12	5
1 SET - 4 NOV 2011	MEDIA	**39**	**33**	**32**	**40**
	n° super.	12	8	8	12
	n° dati	65	65	65	65
	% super.	18	12	12	18

Per completezza si riportano anche i dati misurati nel corso dell'indagine conoscitiva di misura condotta presso la Stazione sperimentale del Vetro nell'ultimo quadrimestre del 2009, su di una terrazza a circa 13 metri dal suolo.

Tabella 8 – *Concentrazioni di PM_{10} misurate a Murano presso la Stazione Sperimentale del Vetro nel 2009.*

		Murano Stazione Sperimentale del Vetro
1 SET - 4 NOV 2009	MEDIA	**30**
	n° super.	7
	n° dati	63
	% super.	11

Per quanto riguarda i metalli normati, considerando il limitato periodo di sovrapposizione delle indagini effettuate nel corso degli anni (1 settembre – 4 novembre), si riporta di seguito il confronto delle medie mensili di settembre e ottobre.

Tabella 9 – *Confronto delle concentrazioni medie mensili (settembre e ottobre) di As, Cd, Ni e Pb misurate a Murano con quelle misurate a Venezia – Sacca Fisola. Confronto 2013 – 2011.*

		Metalli (ng/m3)			
		As	Cd	Ni	Pb
MEDIA SETTEMBRE 2013	Murano scuola Foscolo	841.9	62.5	3.4	745.5
	Sacca Fisola BU	3.2	2.5	6.6	8.1
MEDIA OTTOBRE 2013	Murano scuola Foscolo	331.3	313.0	3.5	144.9
	Sacca Fisola BU	5.5	4.0	5.2	16.3
MEDIA SETTEMBRE 2011	Murano scuola Foscolo	315.2	216.2	3.6	153.8
	Sacca Fisola BU	2.5	1.3	4.2	20.1
MEDIA OTTOBRE 2011	Murano scuola Foscolo	123.2	812.1	3.1	115.5
	Sacca Fisola BU	3.1	7.2	5.1	12.0

A fronte dei valori generalmente contenuti misurati presso il sito di Sacca Fisola nel corso di entrambe le indagini, a Murano le medie mensili di settembre e ottobre 2013 risultano superiori a quelle del 2011, eccezion fatta per il cadmio e per la media mensile di settembre 2013 riferita al nichel (parametro non critico e che assume valori in linea se non inferiori a quelli della stazione fissa di background di Sacca Fisola), inferiore alla media di settembre 2011.

Per completezza, analogamente a quanto fatto per il PM_{10}, anche per i metalli si riportano i dati misurati nel corso dell'indagine conoscitiva di misura condotta presso la Stazione sperimentale del Vetro nell'ultimo quadrimestre del 2009.

Tabella 10 – *Concentrazioni medie mensili (settembre e ottobre) di As, Cd, Ni e Pb misurate a Murano presso la Stazione Sperimentale del Vetro nel 2009.*

		Metalli (ng/m3)			
		As	Cd	Ni	Pb
MEDIA SETTEMBRE 2009	Murano Stazione Sperimentale del Vetro	52.2	59.5	3.0	44.4
MEDIA OTTOBRE 2009	Murano Stazione Sperimentale del Vetro	144.9	134.4	3.7	85.6

9 Conclusioni

La campagna di monitoraggio con campionatore rilocabile è stata realizzata nel 2013 a Murano, presso la scuola elementare "Ugo Foscolo", sito con caratteristiche di fondo urbano contiguo ad un'aera industriale-artigianale famosa nel mondo per la produzione di vetro artistico.
Durante la campagna di monitoraggio della qualità dell'aria a Murano la concentrazione di polveri PM_{10} ha superato il valore limite giornaliero per la protezione della salute umana, pari a 50 $\mu g/m^3$, da non superare per più di 35 volte per anno civile, per un totale di 24 giorni di superamento su 122 complessivi di misura (20%).
La media complessiva ponderata delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} misurate a Murano è risultata pari a 37 $\mu g/m^3$, inferiore al valore limite annuale di 40 $\mu g/m^3$ e superiore alla media delle concentrazioni di PM_{10} rilevate a Sacca Fisola (27 $\mu g/m^3$), Parco Bissuola (26 $\mu g/m^3$) e via Tagliamento (27 $\mu g/m^3$) nello stesso periodo (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**Tabella 3).

Le medie complessive ponderate di nichel e piombo sono risultate inferiori, rispettivamente, al valore obiettivo ed al valore limite annuale.

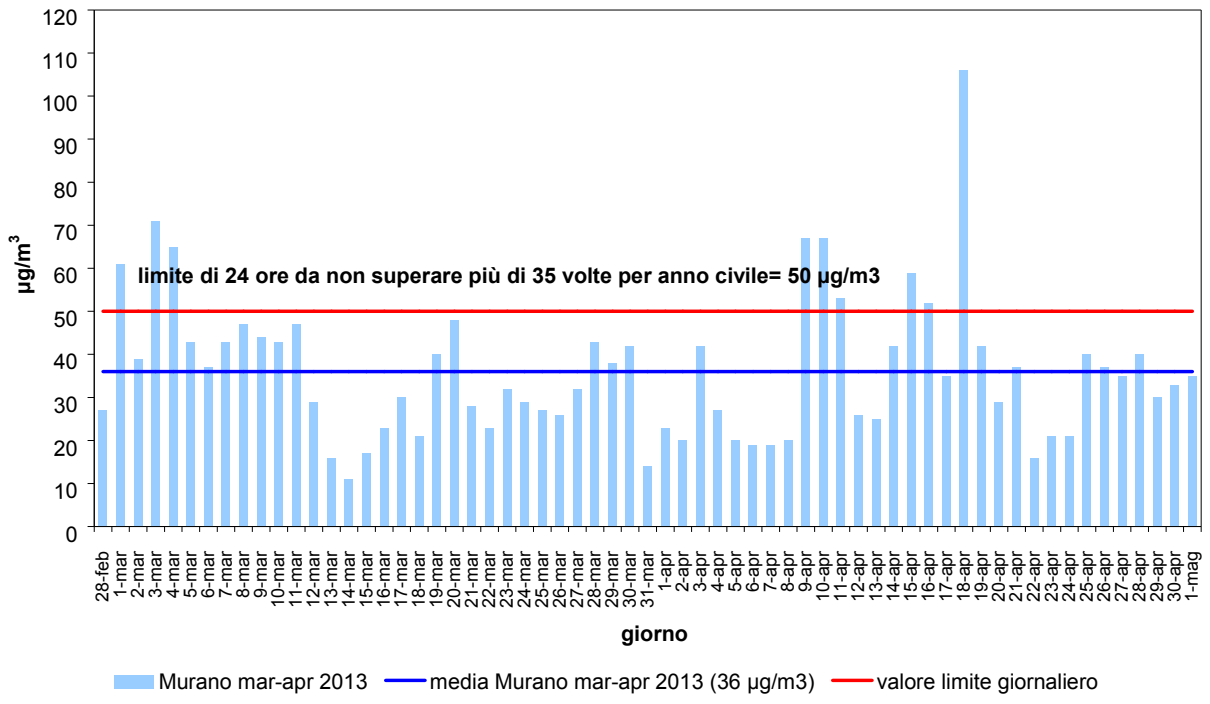
Si sono invece registrati valori molto elevati in aria di arsenico e cadmio, parametri associabili agli impianti per la lavorazione del vetro artistico. Le medie complessive ponderate sono risultate nettamente superiori ai rispettivi valori obiettivo. Si conferma quindi la criticità legata alle concentrazioni di questi due metalli a Murano ed in particolare nel sito monitorato, criticità già emersa nel corso delle precedenti indagini effettuate presso l'isola nel 2009 e nel 2011.

Per approfondire ulteriormente l'impatto sulla qualità dell'aria della presenza, a Murano, di numerosi impianti per la lavorazione del vetro artistico, è in corso uno studio modellistico di dispersione degli inquinanti atmosferici, condotto dal Servizio Osservatorio Regionale Aria di ARPAV in collaborazione con il Dipartimento Provinciale di Venezia.

ALLEGATO

Grafico 1 – *Concentrazione Giornaliera di PM_{10} a Murano ($\mu g/m^3$).*

"primo periodo"



"secondo periodo"

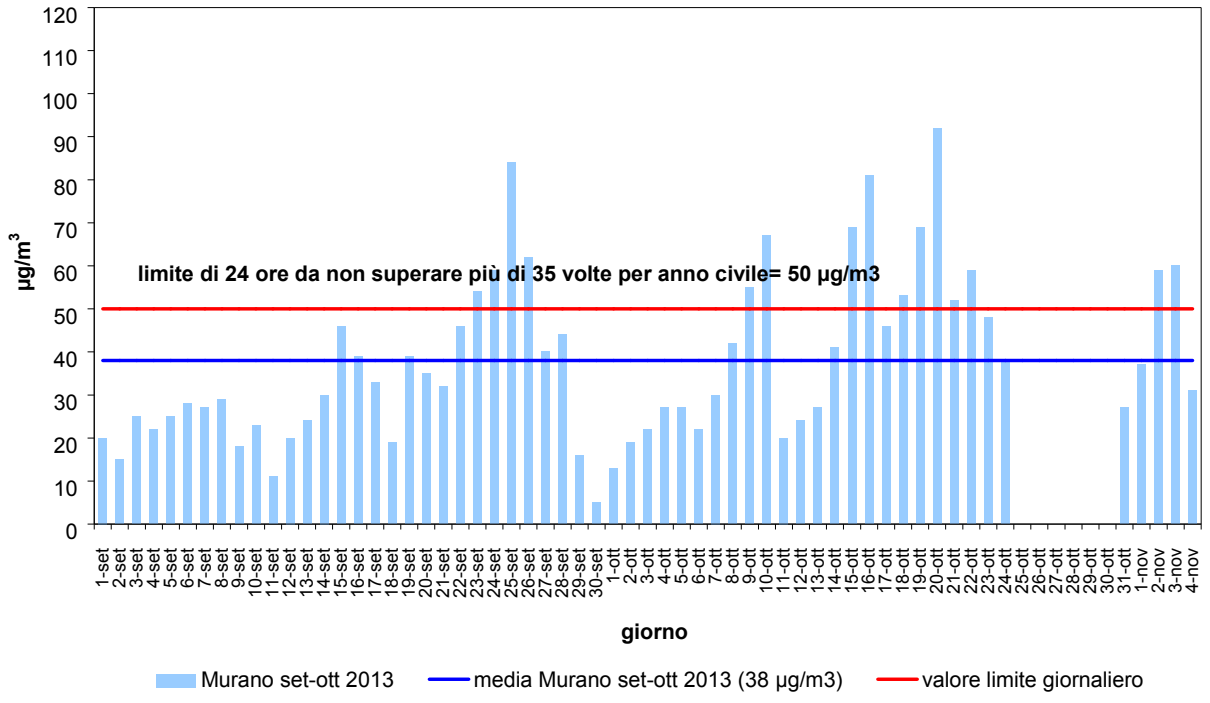
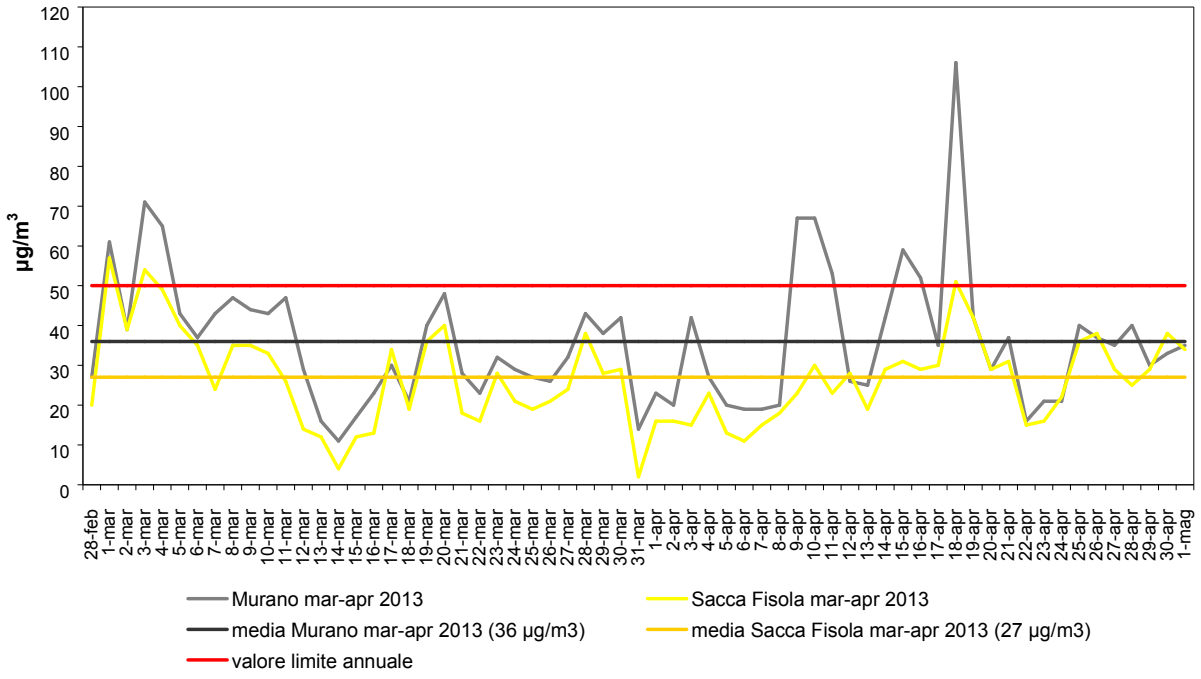


Grafico 2 – *Concentrazione Giornaliera di PM_{10} ($\mu g/m^3$). Confronto Murano – Sacca Fisola.*

"primo periodo"

PM_{10} mar-apr 2013: Murano vs Sacca Fisola



"secondo periodo"

PM_{10} set-ott 2013: Murano vs Sacca Fisola

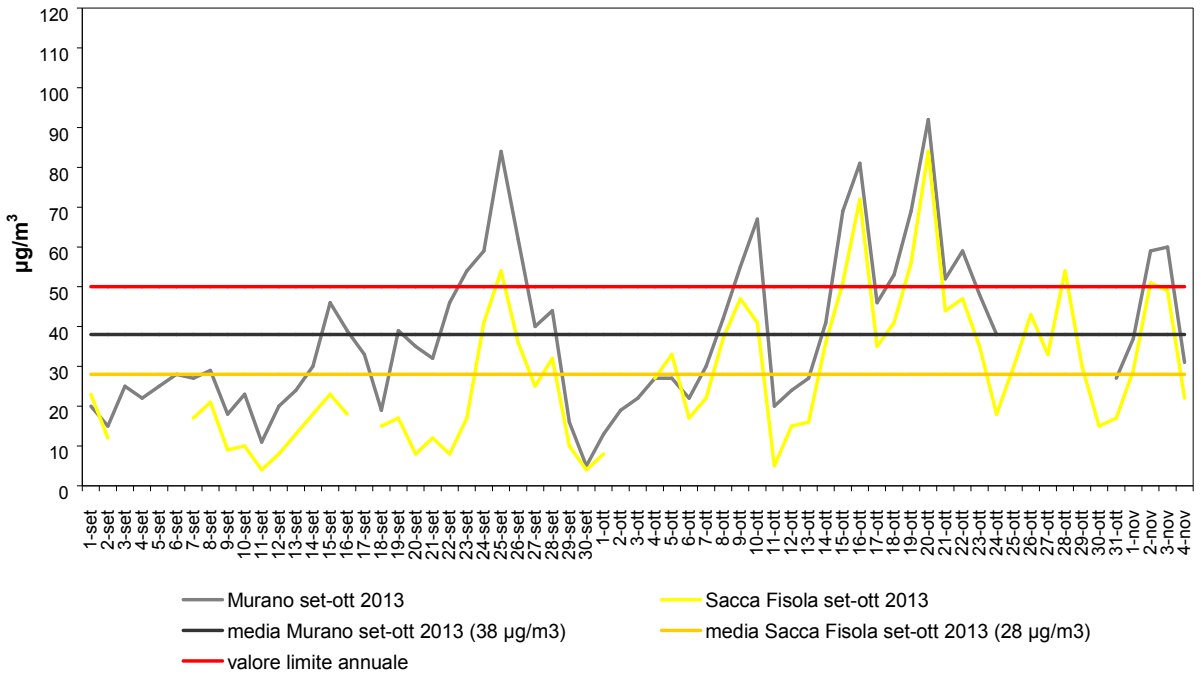


Grafico 3 – *Concentrazione dei metalli (ng/m^3). Confronto Murano – Sacca Fisola "primo periodo".*

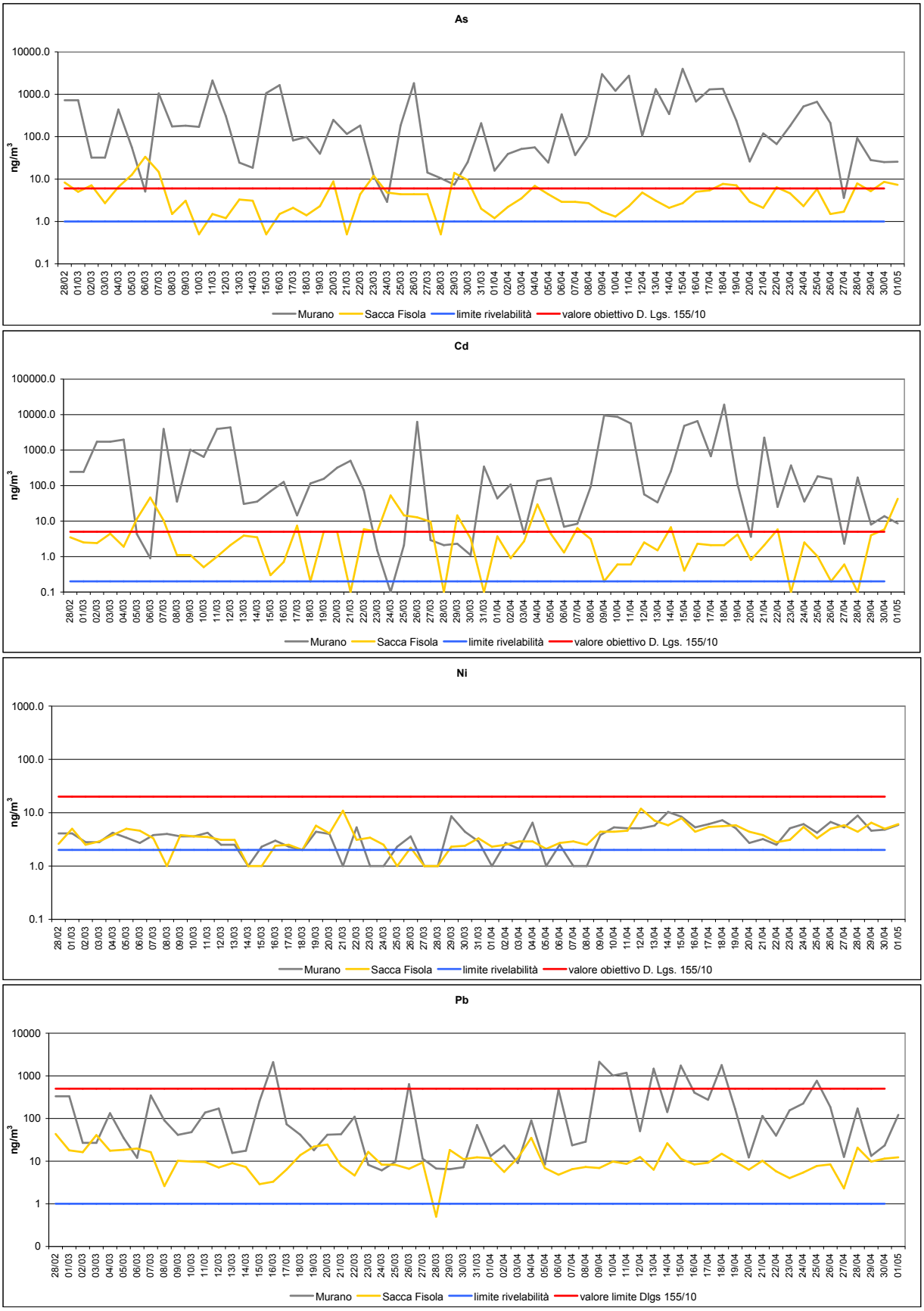
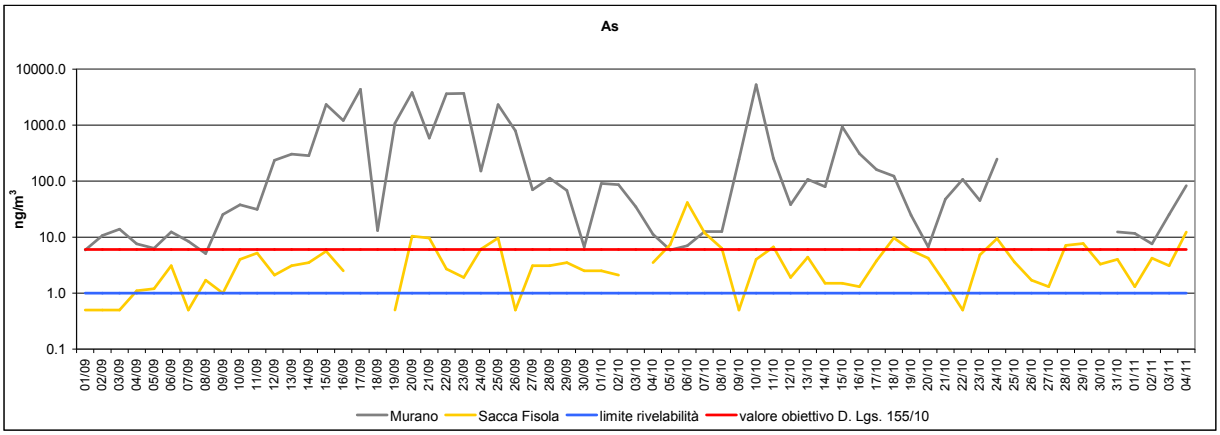
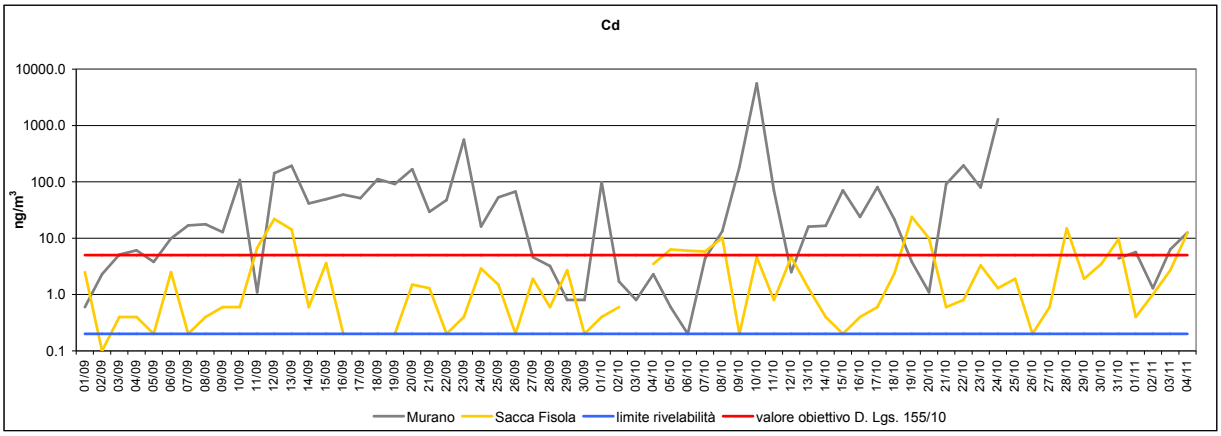
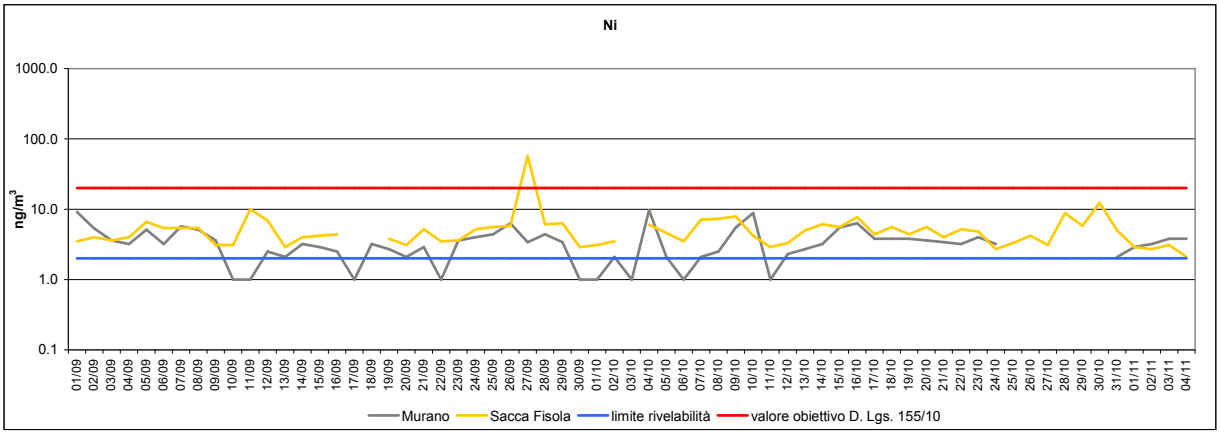


Grafico 4 – *Concentrazione dei metalli (ng/m^3). Confronto Murano – Sacca Fisola "secondo periodo".*







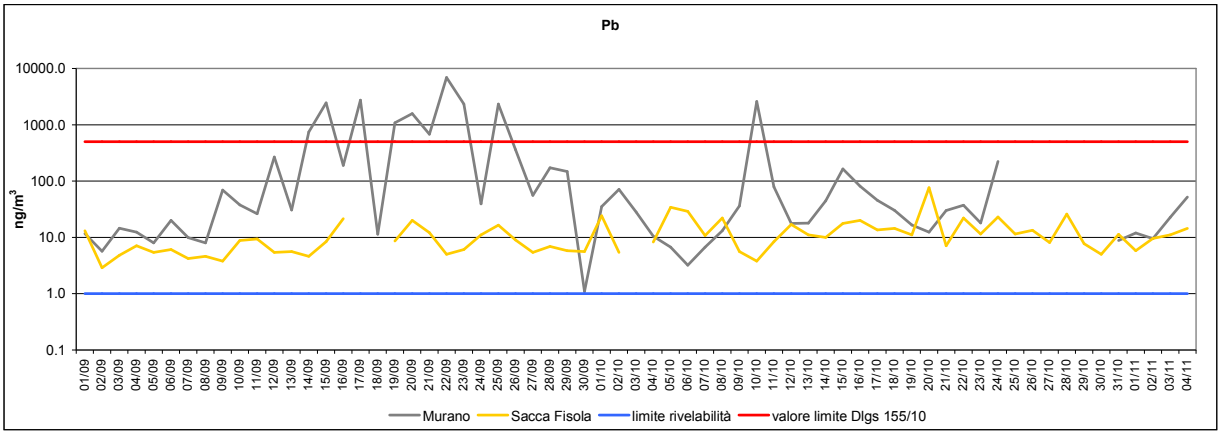
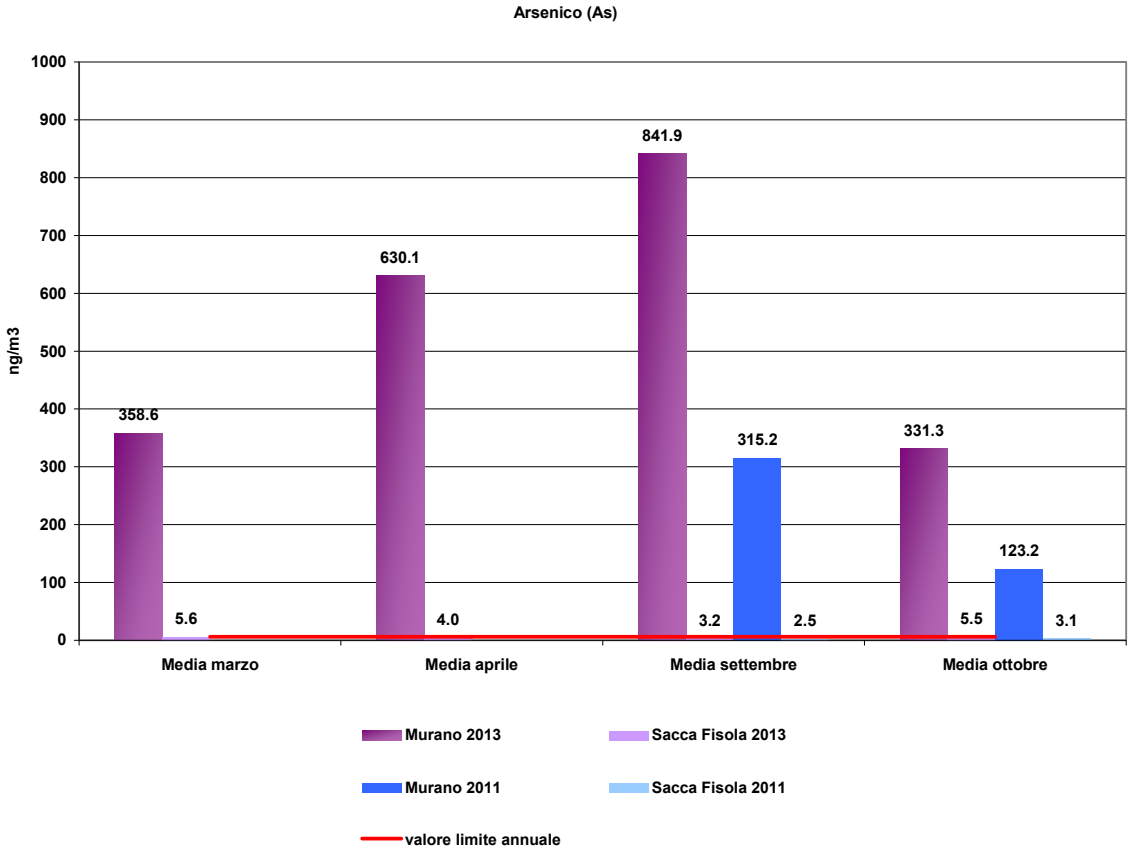
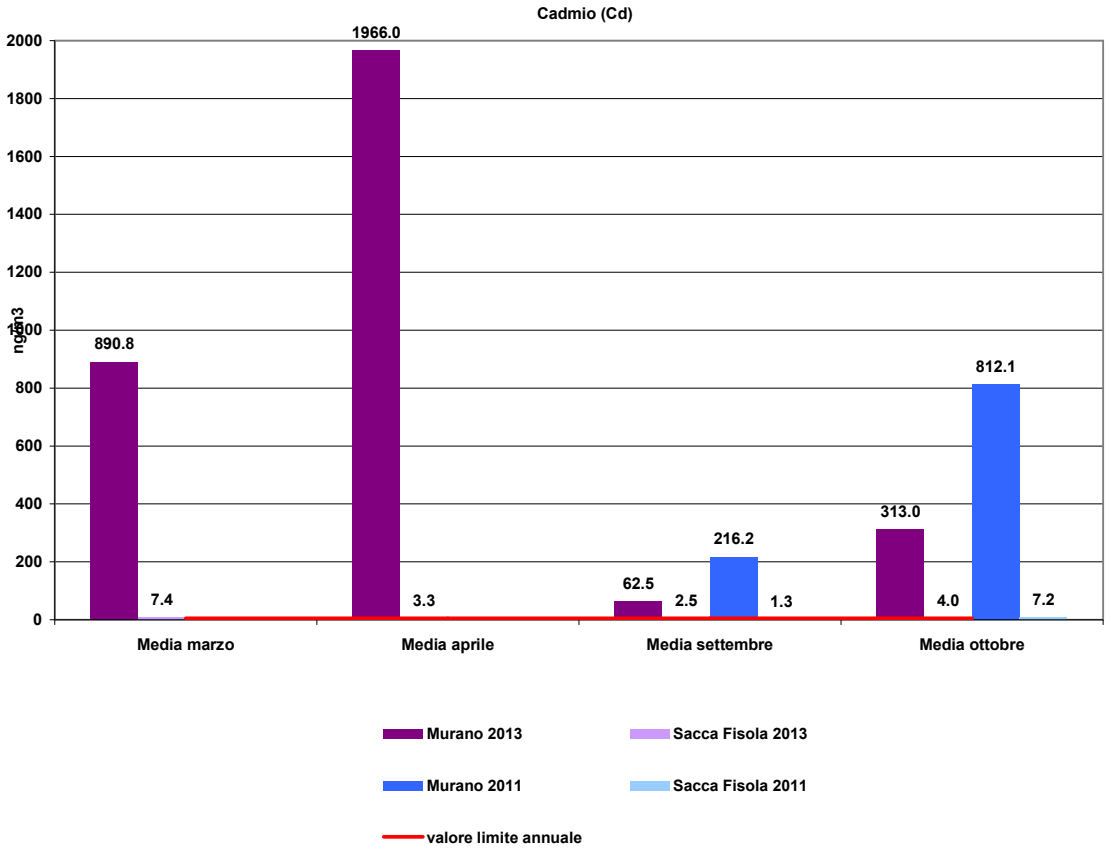
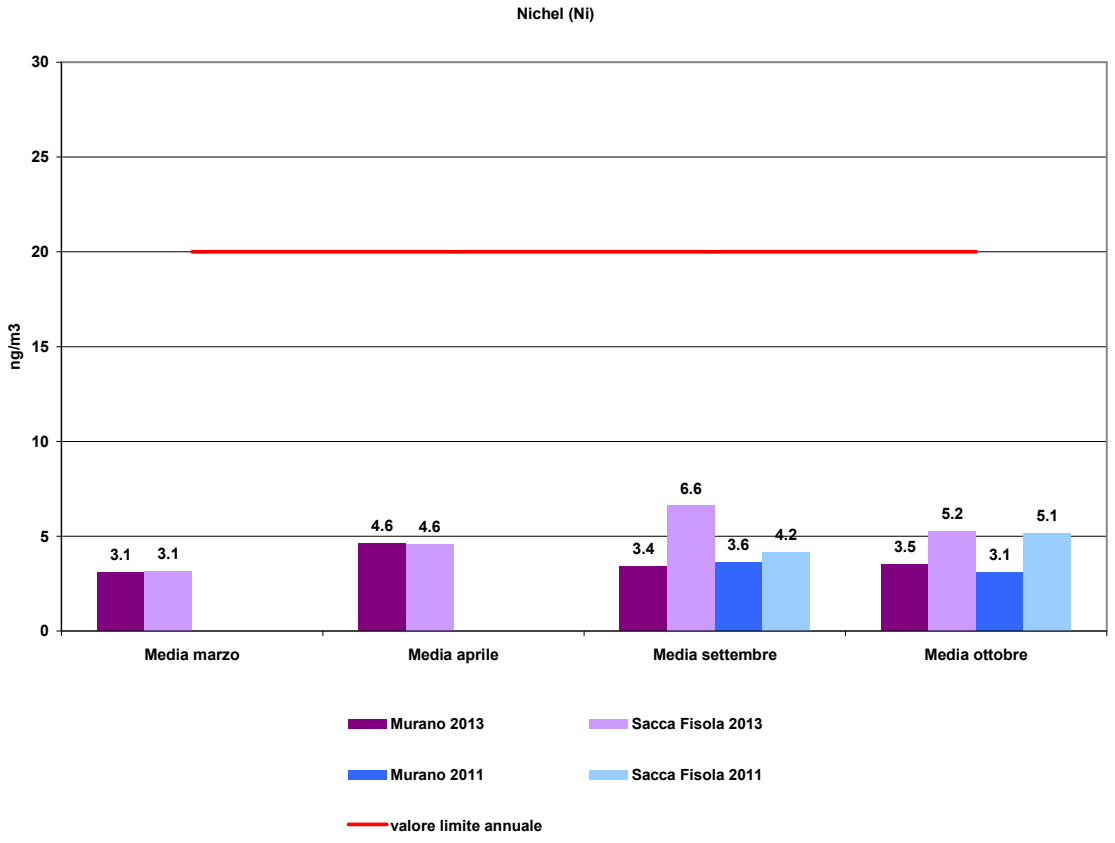


Grafico 5 – *Medie mensili dei metalli. Confronto fra diversi siti (Murano e Sacca Fisola) e diversi anni (2013-2011).*






Nichel (Ni)
ng/m3
30
25
20
15
10
5
0
3.1
3.1
4.6
4.6
3.4
6.6
3.6
4.2
3.5
5.2
3.1
5.1
Media marzo
Media aprile
Media settembre
Media ottobre
Murano 2013
Sacca Fisola 2013
Murano 2011
Sacca Fisola 2011
valore limite annuale

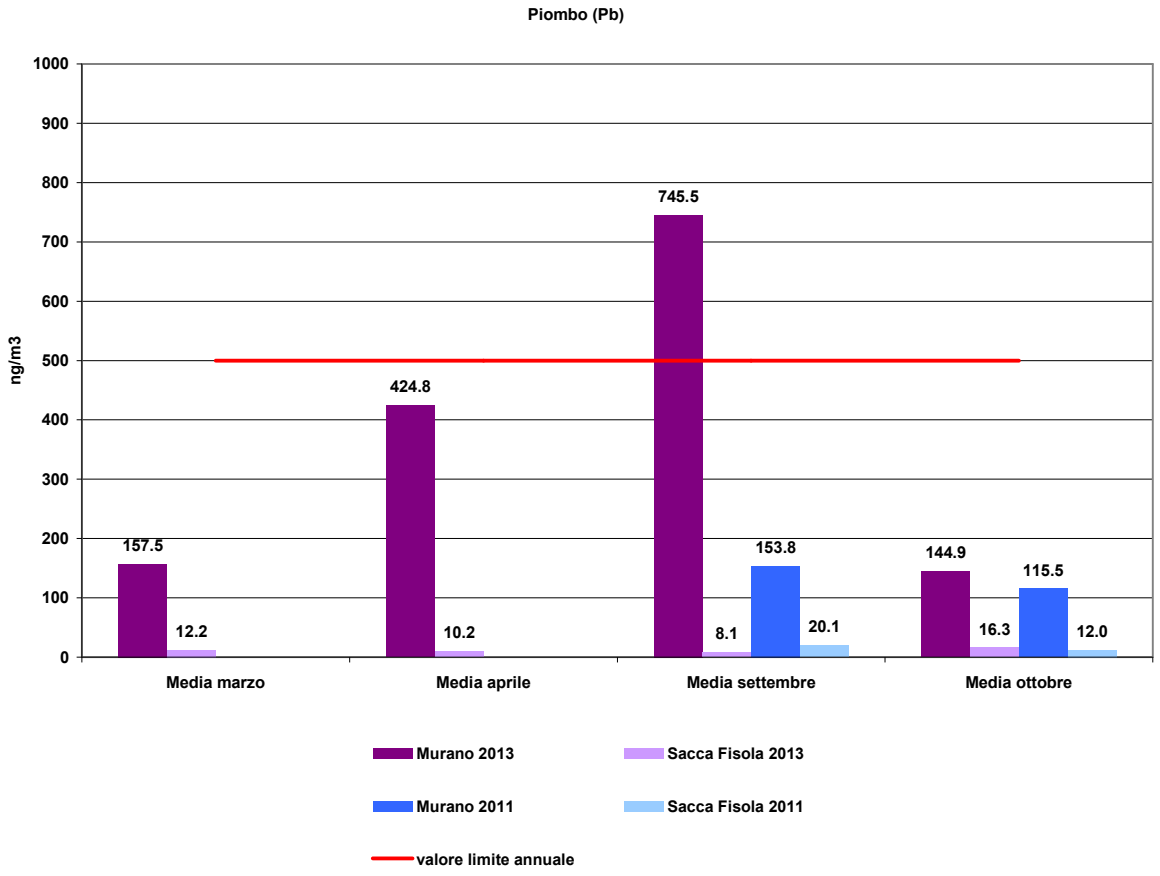
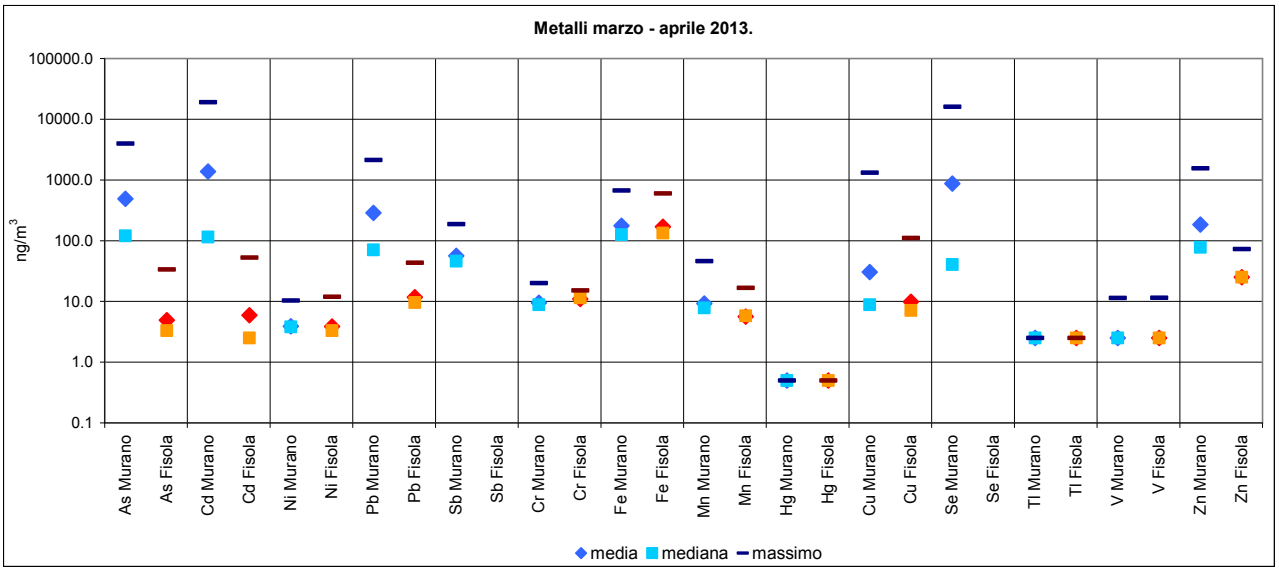

Piombo (Pb)
ng/m3
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
157.5
12.2
424.8
10.2
745.5
8.1
153.8
20.1
144.9
16.3
115.5
12.0
Media marzo
Media aprile
Media settembre
Media ottobre
Murano 2013
Sacca Fisola 2013
Murano 2011
Sacca Fisola 2011
valore limite annuale

Grafico 6 – *Statistiche descrittive dei metalli indagati a Murano.*

"primo periodo"



"secondo periodo"

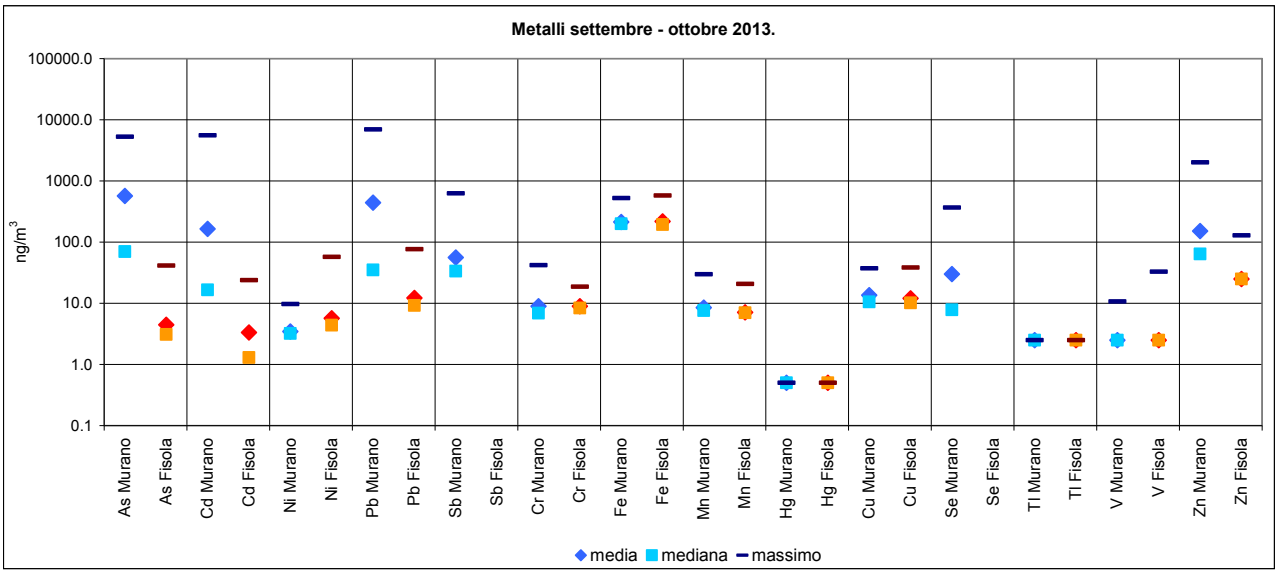


Tabella 11 – *Statistiche descrittive dei metalli misurati a Murano e a Sacca Fisola. "Primo periodo"*

MURANO	28/02/13 - 01/05/13			
	media	mediana	massimo	minimo
As	488.4	119.8	3981.9	2.9
Cd	1378.5	114.9	18995.8	<0.2
Ni	3.9	3.8	10.3	<2.0
Pb	287.0	70.3	2126.9	6.1
Sb	56.3	46.1	186.7	4.2
Cr	9.5	8.8	20.0	5.3
Fe	175.9	125.3	672.0	<100.0
Mn	9.2	7.8	46.1	<5.0
Hg	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cu	30.4	8.8	1314.5	2.7
Se	870.4	40.4	16068.2	<1.0
Tl	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
V	<5.0	<5.0	11.4	<5.0
Zn	184.0	77.7	1552.0	<50.0

SACCA FISOLA	28/02/13 - 01/05/13			
	media	mediana	massimo	minimo
As	4.9	3.3	33.6	<1.0
Cd	5.9	2.5	52.8	<0.2
Ni	3.9	3.3	11.9	<2.0
Pb	11.8	9.6	43.3	<1.0
Sb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cr	11.0	11.5	15.2	<1.0
Fe	170.3	133.1	598.3	<100.0
Mn	5.6	5.8	16.7	<5.0
Hg	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cu	9.9	7.1	110.6	1.2
Se	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tl	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
V	<5.0	<5.0	11.5	<5.0
Zn	<50.0	<50.0	72.9	<50.0

n.d.: non determinato

Tabella 12 – *Statistiche descrittive dei metalli misurati a Murano e a Sacca Fisola. "Secondo periodo"*

MURANO	01/09/13 - 04/11/13			
	media	mediana	massimo	minimo
As	570.6	69.9	5279.8	5.1
Cd	164.9	16.6	5551.6	0.2
Ni	3.5	3.2	9.7	<2.0
Pb	442.1	35.2	6933.3	1.1
Sb	56.0	33.5	628.0	8.4
Cr	8.9	6.9	41.9	3.8
Fe	213.8	200.0	523.4	<100.0
Mn	8.5	7.6	29.7	<5.0
Hg	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cu	13.6	10.5	37.3	3.6
Se	30.0	7.8	366.1	<1.0
Tl	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
V	<5.0	<5.0	10.7	<5.0
Zn	151.3	64.2	2014.3	<50.0

SACCA FISOLA	01/09/13 - 04/11/13			
	media	mediana	massimo	minimo
As	4.4	3.1	41.3	<1.0
Cd	3.3	1.3	23.8	<0.2
Ni	5.7	4.4	57.2	2.1
Pb	12.2	9.2	76.4	2.9
Sb	n.d	n.d	n.d	n.d
Cr	9.0	8.4	18.6	4.4
Fe	217.5	194.2	576.2	<100.0
Mn	7.1	7.0	20.7	<5.0
Hg	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cu	12.0	10.2	38.3	4.4
Se	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tl	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
V	<5.0	<5.0	32.8	<5.0
Zn	<50.0	<50.0	128.4	<50.0

n.d.: non determinato