



**CAMPAGNA DI MONITORAGGIO VENTO-SELETTIVA IN ARIA AMBIENTE
PER L'ANALISI DEI METALLI PESANTI SUL MATERIALE PARTICOLATO PM10
NEL QUARTIERE TAMBURI DI TARANTO c/o SCUOLA DELEDDA**

Periodo: 14 - 24 marzo 2023

(A cura del CENTRO REGIONALE ARIA - Struttura Qualità dell'aria di BR-LE-TA)

ARPA PUGLIA
**Agenzia regionale per la prevenzione e la
protezione dell'ambiente**

www.arpa.puglia.it

Sommario

Sommario	2
1. Introduzione	3
2. Descrizione del monitoraggio	3
3. Gli inquinanti ricercati	8
4. Riferimenti normativi	8
5. Risultati	100
6. Grafici	122
7. Conclusioni	14

1. Introduzione

Il Centro Regionale Aria di ARPA Puglia ha effettuato una campagna di monitoraggio in aria ambiente nel quartiere Tamburi di Taranto, in modalità vento-selettiva, per la determinazione dei metalli sul PM10. La campagna è stata svolta dal 14 marzo al 24 marzo 2023 presso la scuola statale I.C. "Vico De Carolis" plesso G. Deledda, sita in via G. Deledda. È stato impiegato un campionatore *Wind Select* in grado di raccogliere il particolato atmosferico PM10, campionato su filtro piano, proveniente da diversi settori in base alla direzione di provenienza del vento.

Il presente report descrive i risultati del monitoraggio ed esprime valutazioni sui dati ottenuti.

2. Descrizione del monitoraggio

Il Wind Select è un apparato composto da una pompa di aspirazione, un sistema di rilevazione della velocità e direzione del vento ed un meccanismo di valvole che, in funzione del segnale rilevato dal sensore meteo, può dirigere i flussi campionati in n. 3 apposite e distinte cartucce (filtro piano seguito da adsorbente) sulle quali sono raccolte, in maniera asincrona e distinta, le frazioni di aeriformi di interesse. È possibile, pertanto, programmare i campionamenti sia in funzione della direzione che della velocità del vento. Nel caso specifico, sono state impiegate tre cartucce dotate di filtri piani in fibra di quarzo, per materiale particellare. Ciascuna cartuccia Wind Select è costituita da 3 sezioni in cui possono essere alloggiare più membrane filtranti, per il campionamento di diverse frazioni di particolato (diametro particolato > 10 µm; diametro < 2,5 µm; diametro compreso fra 2,5 e 10 µm). I volumi di aria campionata sono stati ripartiti in sottovento, sopravento e calma di vento in funzione dei criteri riportati in tabella 1.

Tabella 1 - Impostazioni del campionamento

Cartuccia	Settore	Identificativo	Velocità del vento (Velocità minima campionata)
1	225° ÷ 68°	Sottovento zona industriale	≥ 0.5 m/s
2	68° ÷ 225°	Sopravento zona industriale	
0	0° - 360°	Calma di vento	< 0.5 m/s

Il settore sottovento comprende le sorgenti emmissive della zona industriale di Taranto. Nel periodo in questione, l'aria ambiente campionata nella direzione sottovento ($225^\circ \div 68^\circ$), aspirata dalla cartuccia n. 1, ha coperto un angolo di 203° centrato sulla zona industriale, come mostrato in Figura 1. Sulla cartuccia n. 2 il campionamento è stato impostato in modo tale da coprire un angolo di 157° (da 68° a 225°) e poter prelevare quanto proveniente dall'area urbana ed in particolare dal quartiere Tamburi. Il flusso aspirato sulla cartuccia n. 0 è relativo alle condizioni di calma di vento (velocità $< 0,5$ m/s). La misura sopravvento (cartuccia n. 2) non risente delle emissioni industriali, ma campiona il contributo urbano dei microinquinanti al sito di monitoraggio in oggetto.

Le informazioni relative all'esecuzione della campagna di campionamento del particolato mediante WindSelect di cui al presente report sono riportate negli allegati verbali di campionamento.

La figura 1 rappresenta graficamente la suddivisione dei diversi settori di campionamento.



Figura 1 - Settori campionati sottovento in rosso (225° a 68°) e sopravvento in verde (68° a 225°)



Figura 2 - Foto del campionatore Wind Select.

Il campionatore è stato installato nel quartiere Tamburi di Taranto, nel cortile della scuola IC “Vico De Carolis” plesso G. Deledda in via G. Deledda. Nelle vicinanze è installato anche un campionatore bicanale della frazione PM₁₀ del particolato in sospensione al fine di misurare le concentrazioni in aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e piombo ai sensi del D. Lgs. n.155/2010.

Alcuni dettagli del sito di monitoraggio sono riassunti in tabella 2.

Tabella 2 - Dettagli del sito di monitoraggio e condizioni meteorologiche

Sito	Coordinate	Distanza dai confini dell'area industriale	Altezza rispetto al piano di campagna	Stagione	Temperatura media del periodo ENI micro meteo (°C)	Precipitazioni cumulative nel periodo ENI micro meteo (mm)
Deledda	40° 29' 50.96" N; 17° 13' 46.46" E	~ 200 m	~ 1,5 m	primavera	13	8

Le attività analitiche sui campioni di particolato raccolti sono state effettuate presso il Laboratorio del Centro Regionale Aria di Taranto, che ha trasmesso i Rapporti di Prova, con la quantificazione dei microinquinanti inorganici nella frazione PM10. Le analisi sono state effettuate in accordo alla norma tecnica UNI EN 14902:2005.

Tabella 3 - Dettagli dei volumi campionati durante il periodo di monitoraggio

Cartuccia	Settore	Identificativo	Volumi campionati (m ³)
1	225° ÷ 68°	Sottovento zona industriale	75.0
2	68° ÷ 225°	Sopravento zona industriale	156.7
3	0° - 360°	Calma di vento	245.8

Di seguito si riportano i dati di pioggia, temperatura, registrati dalla cabina ENI micro meteo e quelli di PM10 registrati in più stazioni di monitoraggio attive nell'area di Taranto e Statte.

Tabella 4 - PM10 e dati stazione micro meteo ENI

	PM10				Dati ENI micro meteo	
	Statte V. Sorgenti	Tamburi - Via Machiavelli	Taranto – via Alto Adige	Tamburi - Via Orsini	PIOGGIA	TEMP
Giorno	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mm	°C
14/03/2023	ND	25	20,5	30,2	0,0	13,6
15/03/2023	11,3	22,1	15,5	28	ND	ND
16/03/2023	16,9	40,1	16,5	43,9	ND	ND
17/03/2023	16,3	21,7	12,5	25,1	0,0	10,0
18/03/2023	25,5	26,7	20,4	28,6	0,0	9,2
19/03/2023	44,2	25,5	25,5	30,5	0,0	11,8
20/03/2023	22	21,2	20,8	26,1	1,8	13,7
21/03/2023	7,6	12,8	10,5	17,2	5,8	12,3
22/03/2023	14,3	26,6	21,6	34,2	0,0	13,8
23/03/2023	19	32,5	24,7	45,2	0,0	14,5
24/03/2023	23,7	25,1	23,2	36,6	0,0	13,9

Legenda: ND dato non disponibile

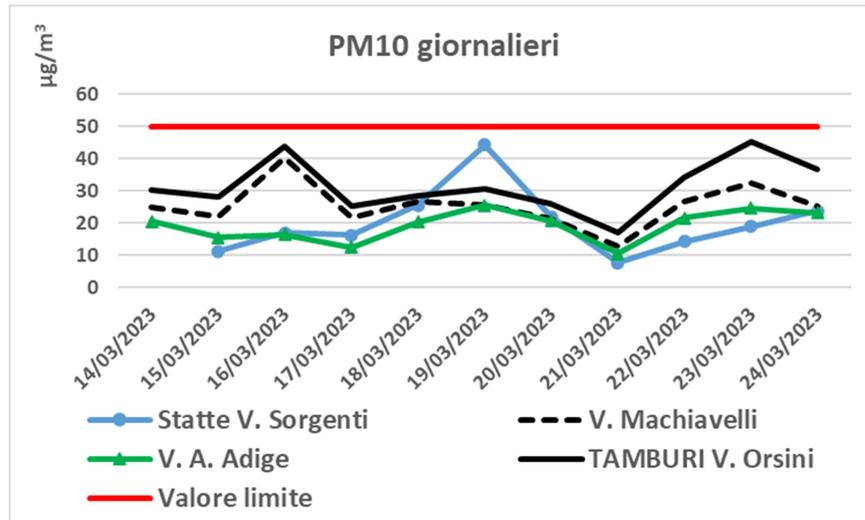


Figura 3 - Andamento concentrazioni PM10 nel periodo monitorato

Di seguito si riporta il grafico della rosa dei venti rilevati nel periodo della campagna di monitoraggio. Come mostrano le occorrenze riportate nella tabella allegata al grafico in figura 3, si sono registrati venti prevalenti da NNO, N e SSO. Quindi il sito di monitoraggio nel corso della campagna è risultato in alcuni periodi sottovento alle emissioni della zona industriale.

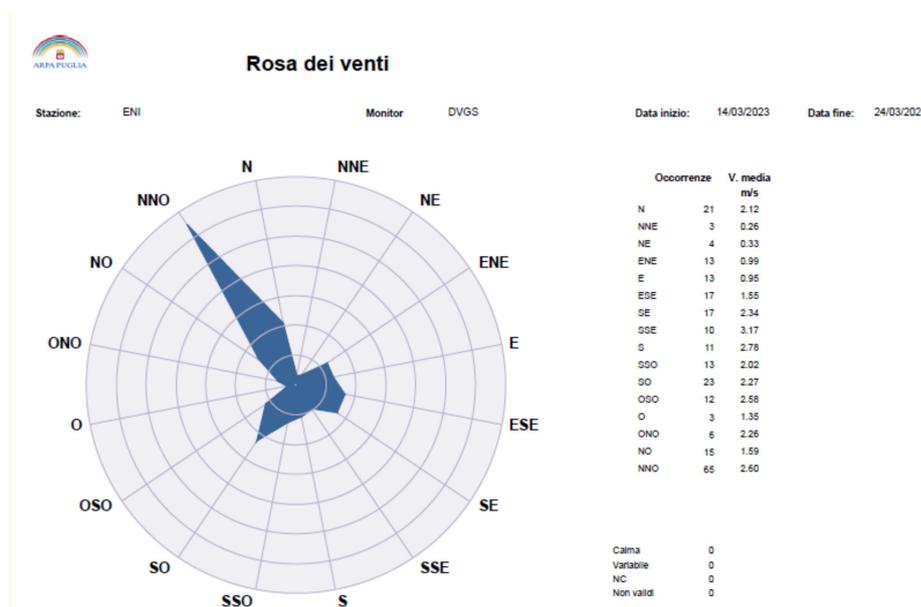


Figura 4 - Rosa dei venti

3. Gli inquinanti ricercati

La campagna è stata mirata alla valutazione dei metalli presenti nel particolato PM10. Oltre ai metalli normati (Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo) sono stati determinati anche Cobalto, Ferro, Manganese, Molibdeno, Rame, Stagno, Vanadio.

4. Riferimenti normativi

I metalli pesanti presenti nel particolato atmosferico hanno origine sia antropica che naturale. Fonti naturali sono, ad esempio, l'erosione dei suoli e le eruzioni vulcaniche. Fra le sorgenti antropiche vi sono una molteplice varietà di fonti di origine industriale quali attività minerarie, fonderie, raffinerie, inceneritori di rifiuti o dall'utilizzo di combustibili fossili.^[1] L'emissione di piombo, derivante principalmente da autoveicoli che impiegano benzina additivata con Pb, è stata più recentemente drasticamente ridotta con l'adozione di "benzina verde".^[2] In generale, all'esercizio di un cementificio sono frequentemente associati emissioni di polveri contenenti arsenico, cadmio, nichel, piombo, cromo, nonché zinco, cobalto, rame, ferro e manganese, oltre a tracce di svariati altri metalli,^[3, 4, 5] presenti come impurezze nelle materie prime e rilasciati in atmosfera nel processo di calcinazione, in funzione della loro volatilità.^[6] I metalli pesanti, sebbene presenti in bassissime concentrazioni, possono comportare una vasta gamma di effetti negativi sull'ambiente e sull'uomo. Gli effetti sull'ambiente sono in particolare legati alla spiccata tendenza dei metalli ad accumularsi nei tessuti animali e vegetali.

^[1] Moreno T et al. Variations in atmospheric PM trace metal content in Spanish towns: Illustrating the chemical complexity of the inorganic urban aerosol cocktail. *Atmospheric Environment* 40 (2006) 6791–6803.

^[2] Decreto del [Presidente del Consiglio dei ministri della Repubblica Italiana 23 novembre 2000, n. 434](#), in materia di "Regolamento recante recepimento della direttiva 98/70/CE relativa alla qualità della benzina e del combustibile diesel"

^[3] Blois, L; Lay-Ekuakille, A. Environmental impacts from atmospheric emission of heavy metals: A case study of a cement plant, *Measurement: Sensors* 18 (2021) 100313, ISSN 2665-9174, <https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100313>.

^[4] Hua S, Tian H, Wang K, Zhu C, Gao J, Ma Y, et al. Atmospheric emission inventory of hazardous air pollutants from China's cement plants: temporal trends, spatial variation characteristics and scenario projections. *Atmos. Environ.* 128 (2016) pp. 1–9.

^[5] Y. Arfala et al. Assessment of heavy metals released into the air from the cement kilns co-burning waste: Case of Oujda cement manufacturing (Northeast Morocco). *Sustainable Environment Research* 28 (2018) 363–373.

^[6] a) Van Oss, H.G. & Padovani, A.C., "Cement Manufacture and the Environment: Part I: Chemistry and Technology" *Journal of Industrial Ecology*, 6 (2002) pp. 89-105; b) Van Oss, H.G. & Padovani, A.C., "Cement manufacture and the environment, Part II: Environmental challenges and opportunities", *Journal of Industrial Ecology*, 7 (2003) pp. 93-126.

La normativa vigente sulla qualità dell'aria (D. Lgs. n.155/2010) prevede il monitoraggio in aria ambiente di **arsenico**, **cadmio**, **nichel** e **piombo** da determinare sulla frazione PM₁₀. Il requisito riportato in Tabella 2 all'Allegato 1 del D.Lgs.n.155/2010 fissa per le misurazioni indicative una copertura minima di dati nell'anno solare ($\geq 14\%$ di campioni distribuiti nelle diverse stagioni).

La normativa vigente fissa un valore obiettivo per il tenore totale medio annuo dei microinquinanti inorganici nella frazione PM₁₀, prelevando campioni distribuiti nelle diverse stagioni: 6 ng/m³ per l'arsenico, 5 ng/m³ per il cadmio, 20 ng/m³ per il nichel. Per il piombo, invece, la normativa fissa un valore limite pari a 500 ng/m³ (o 0,5 µg/m³), mediato su un anno solare (Tabella 4).

Tabella 5 - Riferimenti normativi (D.Lgs. n. 155/2010) per i metalli pesanti in aria ambiente.

Metallo	Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Riferimento di normativa
Arsenico	6 ng/m ³	<i>Anno solare</i>	valori obiettivo (art. 1 comma 2 lettera e, all. XIII.)
Cadmio	5 ng/m ³		
Nichel	20 ng/m ³		
Piombo	500 ng/m ³		valore limite (art.1 comma 2 lettera a, All. XI.)

5. Risultati

La tabella 6 riporta le concentrazioni dei metalli pesanti determinati per ciascun settore di campionamento.

Le concentrazioni dei metalli, per via della natura peculiare del campionamento ventoselettivo, non sono state determinate direttamente su filtri PM10 bensì sulle frazioni di particolato complementari ([PM2.5] e [PM10 – PM2.5]). Inoltre, il campionamento è stato effettuato in un'unica stagione, per un periodo di circa due settimane, e pertanto le concentrazioni dei microinquinanti rilevate possono essere confrontate con i valori di riferimento in via puramente indicativa.

I valori dei limiti di quantificazione (LoQ) di ciascun analita in massa assoluta (ng) variano in funzione sia della sensibilità strumentale verso ciascun metallo sia dei volumi di aria campionati in ciascuna cartuccia. In ragione di ciò, per calcolare la concentrazione dei metalli nel PM10, laddove i rapporti di prova riportano risultati inferiori al limite di quantificazione, si è adottato il seguente criterio: $<LoQ = \frac{1}{2} * LoQ$.

Tabella 6 - Risultati delle rilevazioni di metalli pesanti campionati in modalità vento-selettiva in aria ambiente

	SETTORE						Valore Limite (Pb) e Valori obiettivo (As, Cd, Ni) D.Lgs.155/2010 e s.m.i.
	SOTTOVENTO (225° – 68°) CART.1 Volume campionato 75.0 m ³ RdP n. 8400-2023 Rev. 0		SOPRAVENTO (68° ÷ 225°) CART.2 Volume campionato 156.7 m ³ RdP n. 8402-2023 Rev. 0		CALMA DI VENTO (0° - 360°) CART.0 Volume campionato 245.8 m ³ RdP n. 8403-2023 Rev. 0		
	ng	ng/m ³	ng	ng/m ³	ng	ng/m ³	ng/m ³
Arsenico	<76.9	<LOQ	95	0,6	77	<LOQ	6
Cadmio	<24.4	<LOQ	<24.4	<LOQ	<24.4	<LOQ	5
Nichel	247	3,3	1302	8,3	247	1,0	20
Piombo	831	11,1	3822	24,4	831	3,4	500
Cobalto	<172.9	<LOQ	575	3,7	<172.9	<LOQ	NA
Ferro	86812	1157,7	740102	4721,8	86812	353,2	NA

Manganese	3389	45,2	21832	139,3	3389	13,8	NA
Molibdeno	119	1,6	45	0,3	119	0,5	NA
Rame	<620	<LOQ	3674	23,4	<620	<LOQ	NA
Stagno	209	2,8	1045	6,7	209	0,9	NA
Vanadio	71	0,9	704	4,5	71	0,3	NA

Si rileva che, nel corso della campagna di monitoraggio, le concentrazioni di arsenico (As) e cadmio (Cd) sono risultate prossime ai rispettivi limiti di quantificazione. Le concentrazioni di nichel e piombo sono risultate basse. Per questi ultimi due metalli le concentrazioni nella cartuccia sopravento (cartuccia 2) sono risultate superiori a quelle riscontrate nel campione sottovento alla zona industriale (cartuccia 1).

Gli esiti analitici hanno mostrato valori inferiori ai limiti annuali previsti per i suddetti 4 metalli dal D. Lgs.155/2010 e s.m.i. in tutte le 3 cartucce.

Pur non essendo confrontabili con un valore di riferimento, sono state determinate anche le concentrazioni dei metalli non normati, alcuni dei quali sono spesso associati alle polveri da impianti siderurgici. La tabella 6 riporta le concentrazioni di vanadio, manganese, ferro, cobalto, rame, molibdeno e stagno, determinate nei campioni di ognuna delle 3 cartucce.

Fra le specie metalliche ricercate, il costituente maggioritario è risultato il Fe, tracciante tipico dei processi produttivi del siderurgico. Si veda a tal proposito anche la rappresentazione grafica dei dati, riportata in figura 2.

6. Grafici

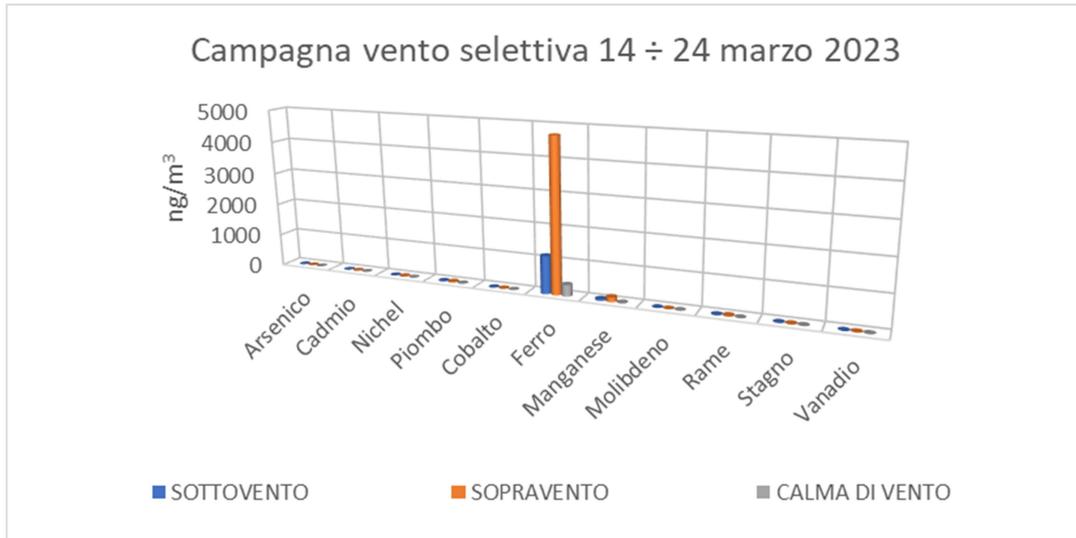


Figura 5 - Metalli analizzati (normati e non)

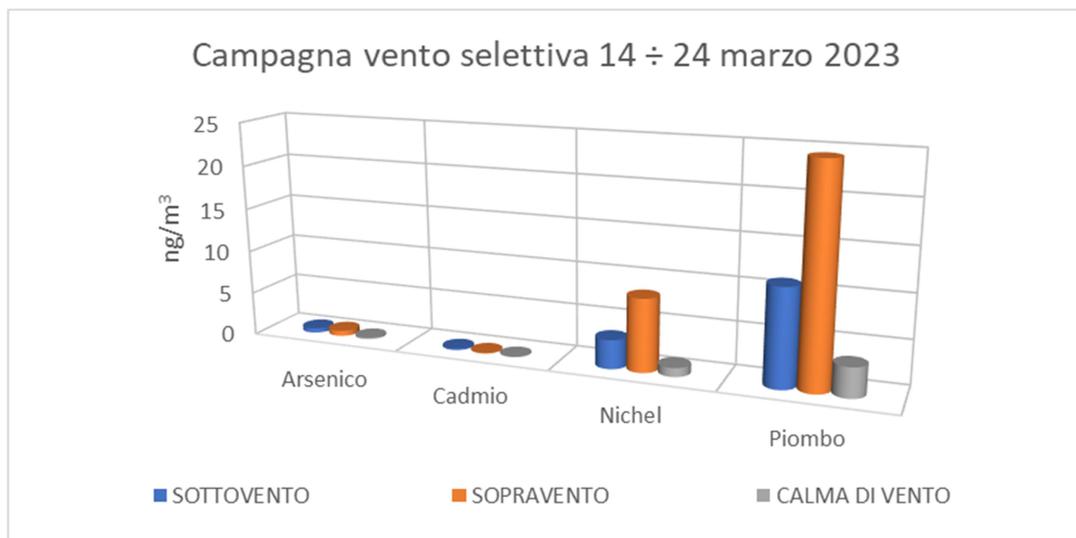


Figura 6 - Metalli normati (As, Ni, Cd, Pb)

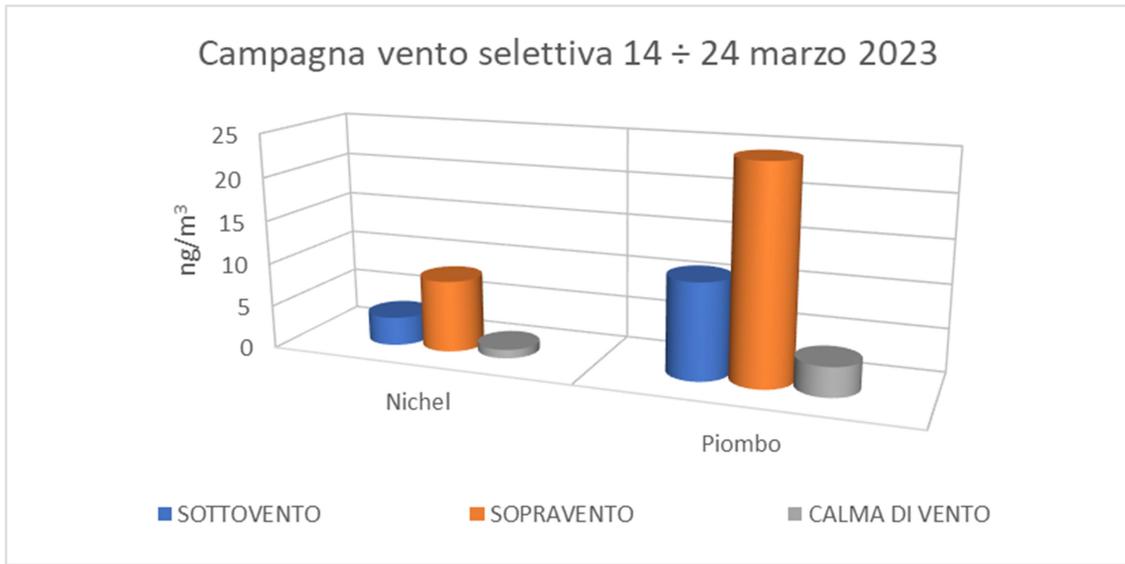


Figura 7 - Metalli normati Ni e Pb

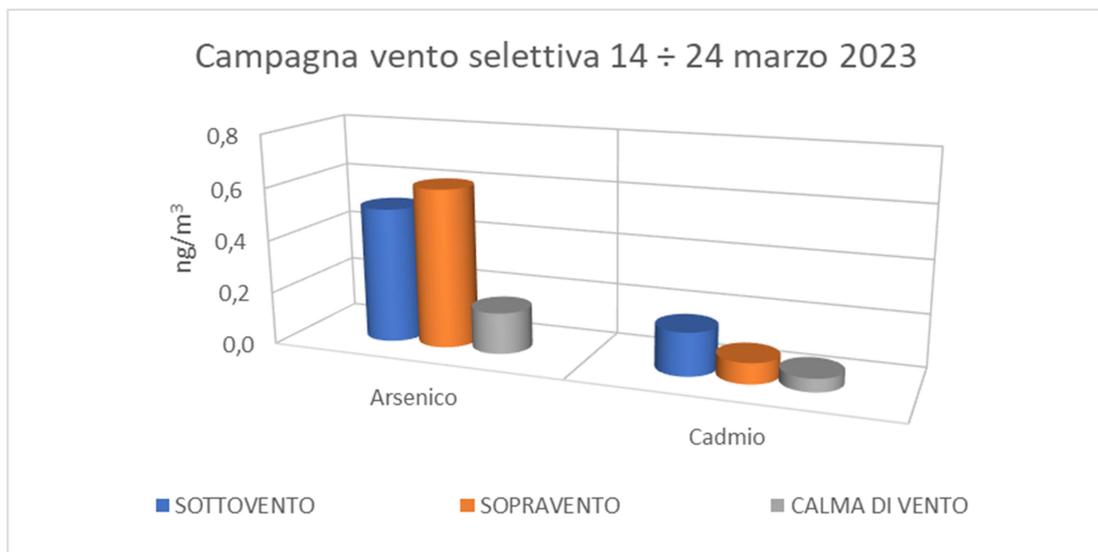


Figura 8- Metalli normati As e Cd

7. Conclusioni

Dal 14 marzo al 24 marzo 2023, il Centro Regionale Aria di ARPA Puglia ha effettuato una campagna di monitoraggio in aria ambiente nel quartiere Tamburi di Taranto, in modalità vento-selettiva, per la determinazione dei metalli sul PM10. La campagna è svolta realizzata in via Grazia Deledda, presso la scuola statale IC "Vico De Carolis" plesso Grazia. Deledda.

L'aria ambiente campionata con la cartuccia 1 (area $225^\circ \div 68^\circ$) ha coperto un angolo di 203° verso la zona industriale di Taranto, quindi sottovento agli impianti dello stabilimento ADI, da cui distava circa 450 m., La cartuccia n. 2 ha invece campionato l'aria da un settore di circa 157° (68° a 225°) proveniente dall'area urbana (e quindi sopravento agli impianti della zona industriale). Una terza cartuccia è stata predisposta per campionare l'aria in condizioni di calma di vento, cioè in condizioni di velocità del vento inferiore a 0,5 m/s. Il periodo della campagna è stato caratterizzato da deboli precipitazioni e da concentrazioni di PM10, rilevati nelle cabine di monitoraggio limitrofe, piuttosto contenute e comunque inferiori al limite di legge sulla media giornaliera.

La normativa vigente sulla qualità dell'aria (D. Lgs. n.155/2010) prevede che i metalli pesanti da misurare in aria ambiente siano arsenico, cadmio, nichel e piombo, sulla frazione PM10, fissando un valore obiettivo per il tenore totale medio annuo dei summenzionati microinquinanti inorganici nella frazione PM10, prelevando campioni distribuiti nelle diverse stagioni: 6 ng/m^3 per l'arsenico, 5 ng/m^3 per il cadmio, 20 ng/m^3 per il nichel. Per il piombo, invece, la normativa fissa un valore limite pari a 500 ng/m^3 (o $0,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), mediato su un anno solare.

Nel corso della campagna di monitoraggio, le concentrazioni di arsenico (As) e cadmio (Cd) sono risultate prossime ai rispettivi limiti di quantificazione.

Le concentrazioni di nichel e piombo sono risultate basse e, per tali metalli, le concentrazioni riscontrate nella cartuccia sopravento (cartuccia 2) sono risultate superiori a quelle riscontrate nel campione sottovento alla zona industriale (cartuccia 1).

Le concentrazioni dei metalli normati sono risultate tutte inferiori ai relativi valori di riferimento previsti dal D.Lgs. 155/2010, che però, si riferiscono alle medie di un anno solare e a monitoraggi distribuiti in diverse stagioni nel corso dell'anno. Inoltre, il campionamento ha coperto

un periodo di 10 giorni e pertanto, il confronto con i valori di riferimento ha valenza puramente indicativa.

Pur non essendo confrontabili con un valore di riferimento, sono state determinate anche le concentrazioni dei metalli non normati, alcuni dei quali sono spesso associati alle polveri da impianti siderurgici. Fra le specie metalliche ricercate, il costituente maggioritario è risultato il Fe, tracciante tipico dei processi produttivi del siderurgico.

Come è noto, comunque, il rispetto dei limiti di qualità dell'aria previsti dalla normativa italiana (il citato D.Lgs. n.155/2010), recepimento di analoga normativa europea, non fornisce alcuna garanzia di assenza di effetti sulla salute.

Il presente report verrà pubblicato sul portale di ARPA Puglia al link:
https://www.arpa.puglia.it/pagina3071_report-campagne-di-misura-vento-selettive.html.

Gli allegati sono scaricabili al seguente link: <https://arpapuglia.page.link/SpACVGeQETpig7je7>
la password per accedere è la seguente: J1qT6p7(

Taranto, 3 luglio 2024

Il Direttore Scientifico
Dott. Ing. Vincenzo Campanaro

Il Dirigente Ambientale
Dott. Lorenzo Angiuli

Struttura Qualità dell'aria BR-LE-TA

Relazione redatta da:
Dott.sa Alessandra Nocioni, Dott. Gaetano Saracino



Campagna effettuata a cura di: *Dott. Daniele Cornacchia, P. Ch. Maria Mantovan, Dott. Valerio Margiotta, Dott. Gaetano Saracino*