



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria

Dipartimento Provinciale di Crotono - Servizio Tematico Aria

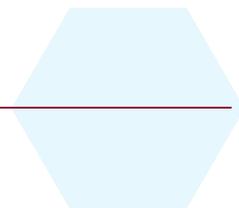
Relazione sulla qualità dell'aria

**Area SIN "Crotono - Cassano - Cerchiara"
Ex Pertusola – Anno 2018**



ARIA





Dipartimento Provinciale ARPACAL di Crotone

Direttore di Dipartimento Dott. Rosario Aloisio

Servizio Tematico Aria

Referente Dott.ssa Serafina Oliverio

Dott. Francesco Iuliano

Sig. Carmine Mazzei

Dott.ssa Diletta Maria Sorrentino (Tirocinio extra-curriculare)

Laboratorio Chimico Acqua/Aria Dipartimento Provinciale di Reggio Calabria

Dirigente Dott.ssa Letteria Settineri

Dott.ssa Giuseppa Marino

Dott. Maurizio Messina

Laboratorio Fisico Dipartimento Provinciale di Reggio Calabria

Dott.ssa Santina Marguccio

Dott. Maurizio D'Agostino

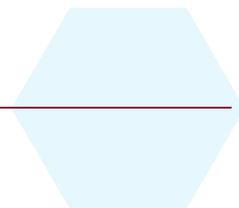
Dott. Francesco Caridi

Ing. Alberto Belvedere

Relazione

Dott.ssa Serafina Oliverio





Relazione Tecnica
MEZZO MOBILE DI MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA –
SIN “ Crotone – Cassano – Cerchiara “
Area EX-PERTUSOLA – CROTONE - 2018

Stazione di monitoraggio AREA EX PERTUSOLA

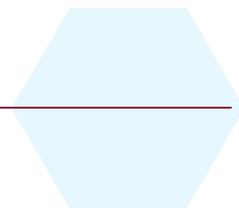
Periodo di monitoraggio GENNAIO 2018 – DICEMBRE 2018

Coordinate stazione 39.098356; 17.106966

Gruppo di lavoro I dati di monitoraggio della stazione di rilevamento della qualità dell'aria posizionata presso l'Area Ex- Pertusola sono stati validati ed elaborati dal SERVIZIO TEMATICO ARIA del DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI CROTONE:

- dott.ssa Serafina OLIVERIO Coordinamento attività SIN Servizio Tematico Aria.





Sommario

1.Sintesi della Relazione Tecnica	5
1.1 Introduzione	5
1.2 Inquinanti monitorati	9
1.3 Quadro normativo	9
1.4 Conclusioni in sintesi	10
2. Analisi dei singoli inquinanti atmosferici – anno 2018	11
2. 1 Il monossido di carbonio (CO)	11
2. 2 Il biossido di Zolfo (SO₂)	13
2. 3 Biossido di azoto (NO₂)	15
2. 4 Il particolato atmosferico aerodisperso	17
2. 4.1 Il particolato atmosferico aerodisperso PM₁₀	17
2. 4.2 Il particolato atmosferico aerodisperso PM_{2,5}	18
2. 5 Il Benzene (C₆H₆)	20
3 . Metalli e Benzo[a]pirene nel PM₁₀	22
3.1 Metalli pesanti nel PM₁₀	22
3.2 Il Benzo[a]pirene nel PM₁₀	27
4 . I Radiazioni ionizzanti	28
4.1 Cesio 137	28
4.2 Analisi radiometriche su PM₁₀ - Crotone area SIN	29
5 . I parametri meteorologici	30
Direzione e Velocità del Vento	30
Pressione Atmosferica	30
Radiazione solare	30
La Temperatura	30
Precipitazioni	30
Umidità Relativa	31
5.1 Analisi dei principali parametri meteorologici	31



1.Sintesi della Relazione Tecnica

1.1 Introduzione

Lo stabilimento “Ex Pertusola”, che si estende su una superficie di circa 46 ha, è ubicato a circa 2 km a Nord Ovest dell’abitato di Crotone e confina ad Est, verso il lato costiero, con la linea Ferroviaria Metaponto - Reggio Calabria, ad Ovest con la SS 106, a Sud con lo stabilimento dismesso “Ex Agricoltura”, mentre a Nord con altri stabilimenti della zona industriale di Crotone.



Lo stabilimento “Ex Pertusola” è stato in attività per circa 70 anni (1930 – 1999) per la produzione dello Zinco. Nel 1999 è stata fermata la produzione e da tale data il sito risulta non più operativo.

Le materie prime utilizzate nello Stabilimento erano esclusivamente le Blende, un minerale di Zinco. Tale minerale è costituito quasi totalmente da Solfuro di Zinco (ZnS) in percentuale variabile tra l’80% e 90% a seconda della provenienza. Il materiale, acquistato sui mercati internazionali, giungeva via nave al porto di Crotona; da qui esso veniva veicolato in stabilimento mediante autotreni e stoccato in attesa dell’avviamento ai processi produttivi. La produzione di Zn era inoltre accompagnata anche da quella di Acido solforico (H₂SO₄), al fine di recuperare lo Zolfo (S) contenuto nelle Blende.

La restante frazione di Blende era costituita da:

- solfuri o ossidi di altri metalli (Fe: 2-10%, Pb: 1-3%, Cu: 0.1-0.3%, Cd: 0.1-0.3%)
- CaO (0.7-1.5%), MgO (0.1-0.3%),
- SiO₂ (0.7-1.5%) Infine erano presenti tracce di Tl, Ag, Ge, Ni, Co, As, MnO, F, In, Hg.

Data la presenza di questi elementi minori, oltre alla produzione di Zn e acido solforico, dai processi produttivi descritti in seguito era possibile ottenere:

- Cadmio
- Germanio
- Indio
- PbSO₄,



Tra gli altri prodotti si ricordano anche le malte argentifere e le scorie metallurgiche.

In sintesi le Blende, come primo trattamento, venivano avviate alla desolfurazione o arrostitimento dove i Solfuri presenti (principalmente ZnS) venivano ossidati con aria ad alta temperatura (calcinazione). I prodotti di questa fase erano gli ossidi corrispondenti (il cosiddetto calcinato) e SO₂. I materiali venivano poi avviati a successivi impianti di trattamento, i cui processi sono di seguito descritti.

Linea di Produzione H₂SO₄

L'SO₂ prodotta durante l'arrostitimento veniva avviata alla produzione di H₂SO₄ attraverso stadi di purificazione dell'SO₂, di ossidazione catalitica dell'SO₂ a SO₃ e di assorbimento di SO₃ in modo da produrre H₂SO₄.

Linea di produzione dello Zn

Il prodotto solido ottenuto durante l'arrostitimento (il calcinato) veniva sottoposto ad un attacco con acido solforico (lisciviazione) per solubilizzare buona parte dell'ossido di Zinco e di altri componenti (in particolare Cu e Cd).

La soluzione ottenuta dalla lisciviazione veniva purificata per eliminare i residui metallici presenti ed ottenere così una soluzione di Zn. Tale composto era poi sottoposto ad elettrolisi per la deposizione dello Zinco metallico.

Le lastre di Zinco ottenute dall'elettrodeposizione venivano poi inviate alla fusione per la produzione di lingotti e leghe di Zinco.

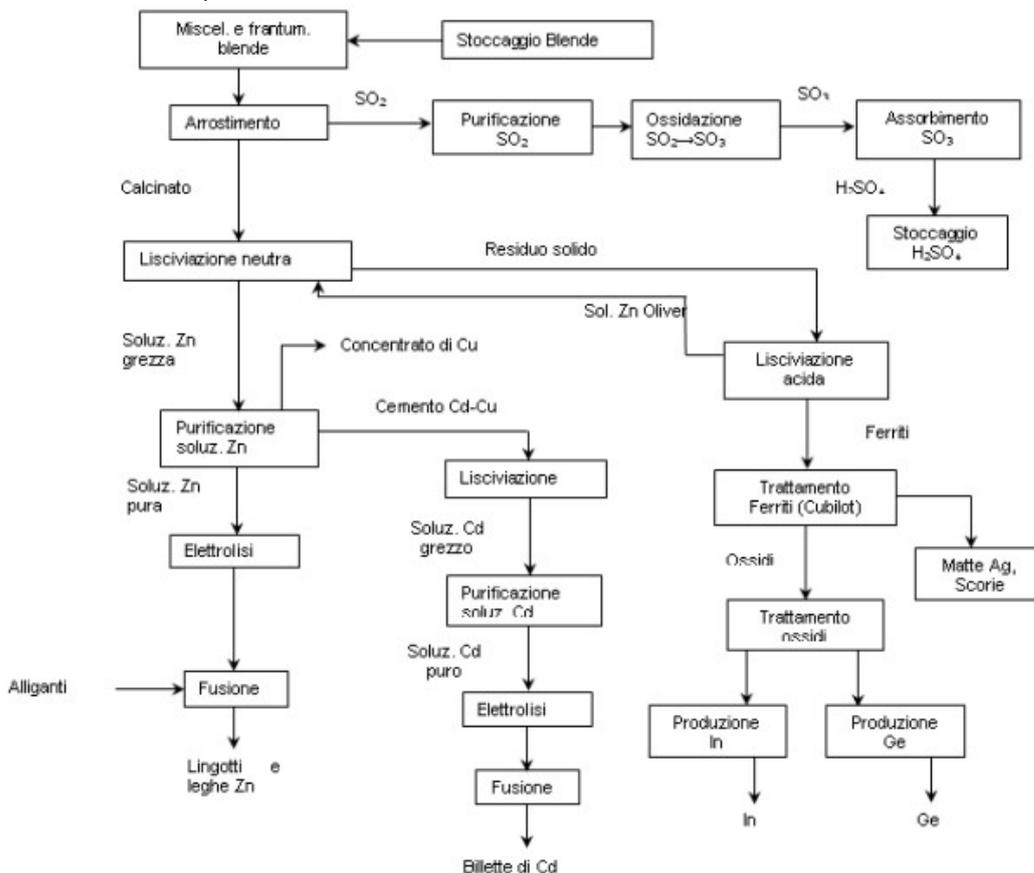
Linea di produzione Cd

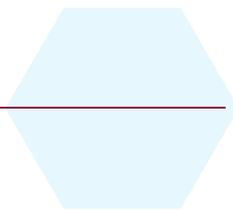
Il residuo solido ottenuto dalla purificazione della soluzione di Zn grezza, era costituito dai cosiddetti cementi Cu-Cd. Tale prodotto veniva sottoposto ad una sequenza di trattamenti per la produzione di Cadmio metallico. Attraverso l'attacco acido (lisciviazione) si provvedeva alla solubilizzazione del Cd presente. A questa fase ne seguivano altre, finalizzate alla purificazione del composto tramite la precipitazione del Cd sotto forma di spugna. La soluzione così purificata veniva infine sottoposta a processo elettrolitico per la produzione di Cadmio metallico, successivamente fuso in una caldaia e colato in billette.

Linea di produzione altri metalli

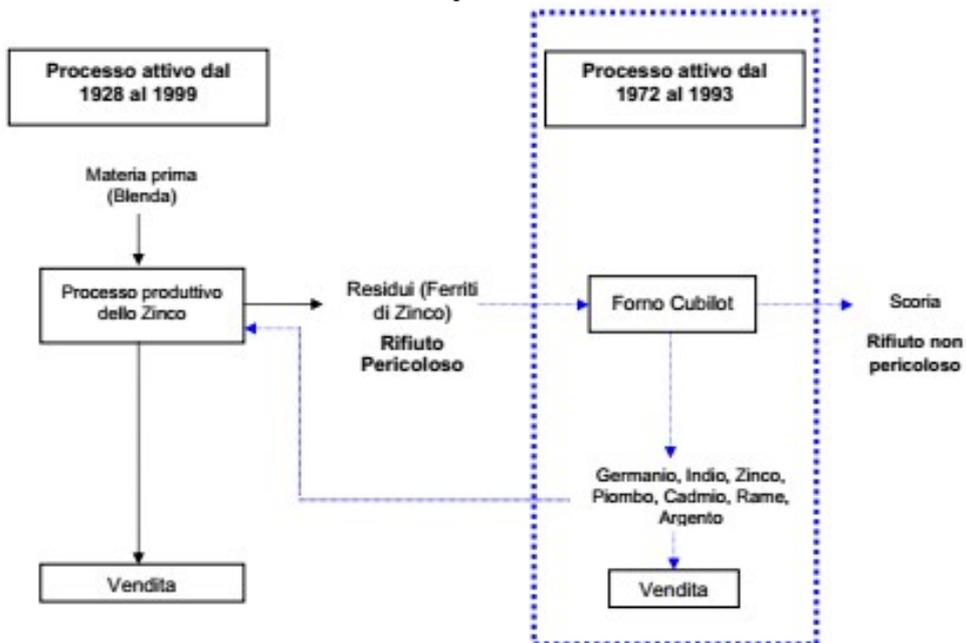
I residui solidi ottenuti dalla lisciviazione del calcinato (Ferriti di Zinco) subivano un trattamento ad alta temperatura all'interno di un forno detto Cubilot. Qui, per effetto del calore e dell'azione ossidante dell'aria, si distillavano ossidi di metalli. Gli ossidi così prodotti erano impiegati nella produzione di lingotti di Indio e di un concentrato di Germanio. Quest'ultimo a seguito di successive raffinazioni, permetteva di ottenere Tetracloruro di Germanio e Biossido di Germanio ad elevata purezza. L'impianto Cubilot ha iniziato la sua produzione nel 1972, e a partire dal 1993 è stato fermato.

Schema delle linee produttive dello stabilimento Ex- Pertusola





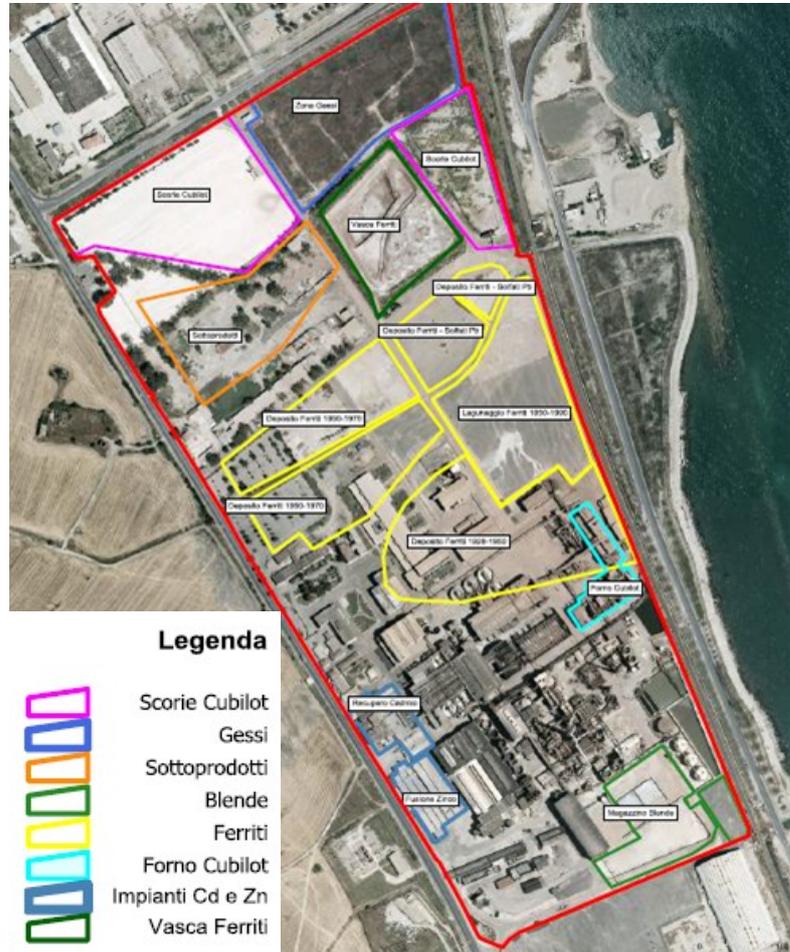
Schema di riutilizzo delle Ferriti di Zinco presso lo stabilimento Ex-Pertusola



Interventi in progetto

Con Decreto 18 – STA Prot. 2760 il MATTMA approva il progetto di bonifica contenuto nel documento “Primo lotto di intervento relativamente agli interventi di bonifica in situ dei suoli dell’area dello stabilimento ex Pertusola (volume I)” trasmesso da Syndial Attività Diversificate S.p.A. con nota del 4 dicembre 2008 con protocollo n. 775 così come integrato dalle note dell’11 giugno 2009 con protocollo n. 204 e del 16 settembre del 2010 con prot. n.48.

Il progetto prevede l’attivazione dei primi moduli di bonifica in situ e gli interventi di scotico superficiale e/o impermeabilizzazione per tutte e tre le aree oggetto dell’intervento di bonifica nonché gli interventi di demolizione manufatti e rimodellazione topografica.

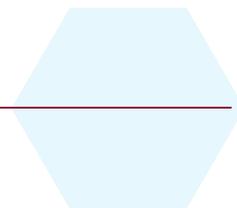


Facendo seguito alla nota del Commissario Straordinario prot. CSIN-0056 08/06/2017, si è dato avvio, mediante l’installazione del mezzo mobile (Iveco Daily Cabinato 35/S/E4D Targato DM671JM), **alla campagna di monitoraggio della qualità dell’aria con analisi di laboratorio sui filtri durante e dopo le attività di scotico.**

La campagna ha avuto inizio nell’ottobre del 2017 e si è conclusa i primi mesi del 2019.

La campagna di monitoraggio della qualità dell’aria avviata, in accordo con Arpacal, dal Commissario Straordinario è proseguita anche dopo la sospensione della Convenzione.





1.2 Inquinanti monitorati

Gli inquinanti che saranno oggetto di monitoraggio, sono:

- Ossidi di azoto (NO_x)
- Polveri totali sospese (PM_{2,5} e PM₁₀)
- Biossido di zolfo (SO₂).
- CO (monossido di carbonio)
- O₃ (ozono)
- BTEX
- Benzo(a)pirene
- As, Cd, Ni, Pb

I metodi di riferimento per la determinazione dei vari inquinanti sono quelli riportati nel D.Lgs. 155/10 e ss.mm.ii.

1.3 Quadro normativo

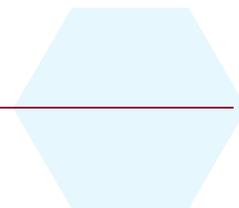
La normativa nazionale di riferimento prevede per ciascun inquinante dei limiti imposti per garantire la salubrità dell'aria. Sono presenti limiti diversi in funzione dell'incidenza e/o pericolosità relativa alla concentrazione dell'inquinante stesso.

Il Decreto Legislativo n°155 del 13/08/2010 ha recepito la Direttiva Quadro sulla qualità dell'aria 2008/50/CE, istituendo a livello nazionale un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente. Esso stabilisce i valori limite per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo, PM₁₀ e introduce per la prima volta un valore limite per il PM_{2,5}, pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 31.12.2015; fissa, inoltre, i valori obiettivo, gli obiettivi a lungo termine, le soglie di allarme e di informazione per l'ozono, e i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

Nel D.Lgs 155/10, si riportano definizioni di:

- *valore limite*: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato;
- *valore obiettivo*: livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita;
- *soglia di allarme*: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati;
- *soglia di informazione*: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.





1.4 Conclusioni in sintesi

Dall'analisi dei dati registrati nel corso dell'anno 2018 dalla stazione di monitoraggio della qualità dell'aria presso l'area ex Pertusola, comune di Crotone (KR), si può desumere quanto segue:

- **per il biossido di azoto (NO₂)**, nei periodi di monitoraggio non si sono registrati superamenti del valore limite orario e della soglia oraria di allarme;
- **per il monossido di carbonio (CO)**, nei periodi di monitoraggio non si è registrato alcun superamento del limite della massima media mobile sulle 8 ore;
- **per il biossido di zolfo (SO₂)**, nei periodi di monitoraggio non si è registrato alcun superamento del valore limite orario, del valore limite giornaliero e della soglia oraria di allarme;
- **per il particolato atmosferico (PM₁₀)**, nei periodi di monitoraggio sono stati registrati 6 casi di superamento del valore limite normativo, espresso come media giornaliera, pari a 50 µg/m³, da non superare per più di 35 volte per anno civile;
- **per il particolato atmosferico (PM_{2,5})**, nei periodi di monitoraggio sono stati registrati 5 casi di superamento del valore obiettivo espresso come media giornaliera;
- **per il benzene (C₆H₆)**, nei periodi di monitoraggio non si sono registrati superamenti del valore limite annuale.

Dall'analisi e dall'elaborazione dei certificati analitici prodotti da ARPACAL, si può desumere quanto segue:

- **per i metalli** Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni) e Piombo (Pb), non si sono registrati casi di superamento del valore limite normativo, espresso come media annuale, calcolata nei periodi di campionamento;
- **per gli IPA (Benzo[a]pirene)** non si sono registrati casi di superamento del valore limite normativo, espresso come media annuale, calcolata nei periodi di campionamento.
- Il radionuclide artificiale Cs-137 è risultato essere sempre al di sotto della sensibilità strumentale MCR (Minima concentrazione rivelabile), non sono state quindi rilevate criticità.



2. Analisi dei singoli inquinanti atmosferici – anno 2018

Di seguito si descrivono le caratteristiche generali dei singoli inquinanti atmosferici e si analizzano i *trend* degli stessi confrontati con i limiti di legge. Per ogni inquinante verranno proposte anche elaborazioni grafiche atte a valutare il comportamento e l'andamento degli inquinanti.

2.1 Il monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas risultante dalla combustione incompleta di gas naturali, propano, carburanti, benzine, carbone e legna. Le fonti di emissione di questo inquinante sono sia di tipo naturale, sia di tipo antropico; in natura, il CO viene prodotto in seguito a incendi, eruzioni dei vulcani ed emissioni da oceani e paludi.

La principale fonte di emissione da parte dell'uomo è invece costituita dal traffico autoveicolare, oltre che da alcune attività industriali come la produzione di ghisa e acciaio, la raffinazione del petrolio, la lavorazione del legno e della carta.

Le sue concentrazioni in aria ambiente sono strettamente legate ai flussi di traffico locali e gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico, raggiungendo i massimi valori in concomitanza delle ore di punta a inizio e fine giornata, soprattutto nei giorni feriali. Durante le ore centrali della giornata i valori tendono a calare, grazie anche ad una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera.

Il CO può venire assunto dall'organismo umano per via inalatoria, ha la capacità di legarsi con l'emoglobina in quanto ha una maggiore affinità rispetto all'O₂, e forma con essa carbosiemoglobina, riducendo così la capacità del sangue di trasportare ossigeno ai tessuti. Gli effetti nocivi sono quindi riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare, comportando una diminuzione delle funzionalità di tali apparati e affaticamento, sonnolenza, emicrania e difficoltà respiratorie.

In tabella 1 si riportano i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs. 155/2010, mentre in tabella 2 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento. In figura 1 è riportato, invece, il *trend* delle concentrazioni medie orarie di CO per il periodo considerato.

Tabella 1 - Valori Limiti CO

VALORI LIMITE		
CO (D.Lgs. 155 del 13/08/2010)		unità di misura
Valore limite per la protezione della salute	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/m ³

Tabella 2 CO - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media annuale (mg/m ³)	Superamenti limite giornaliero della media mobile su 8 ore (mg/m ³)	Massima media su 8 ore (mg/m ³)
Area stabilimento ex- Pertusola	0.6	0	3.3



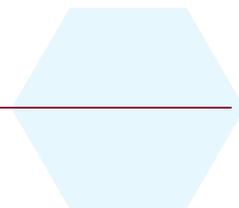
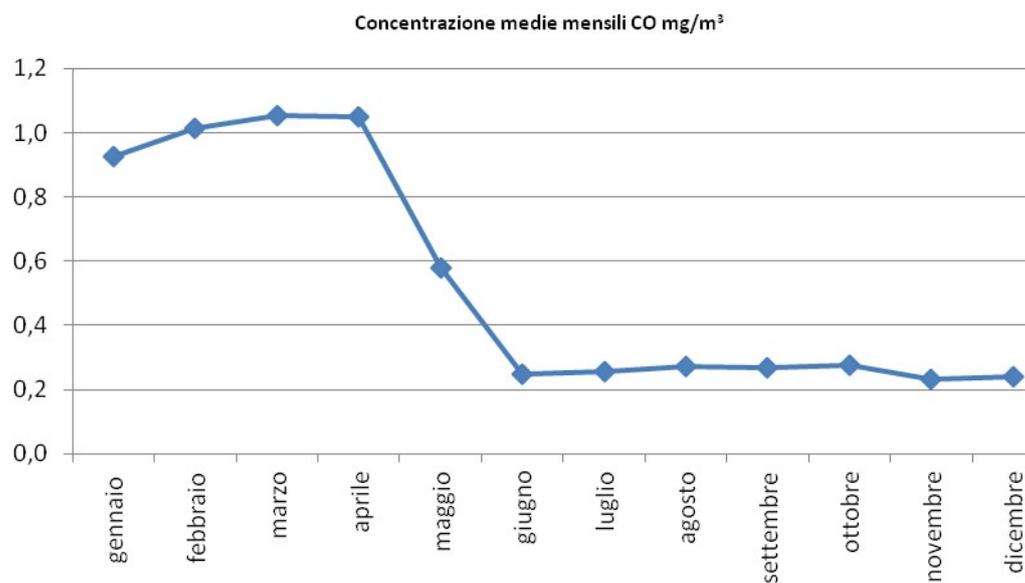


Figura 1 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di CO – 2018



Nel periodo di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento del valore limite di 10 mg/m³ espresso come media mobile su 8 ore.



2. 2 Il biossido di Zolfo (SO₂)

Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas la cui presenza in atmosfera è da ricondursi alla combustione di combustibili fossili contenenti zolfo, quali carbone, petrolio e derivati. Per quanto riguarda il traffico veicolare, che contribuisce alle emissioni solo in maniera secondaria, la principale sorgente di biossido di zolfo è costituita dai veicoli con motore diesel.

Dal 1970 ad oggi la tecnologia ha reso disponibili combustibili a basso tenore di zolfo, il cui utilizzo è stato imposto dalla normativa. Le concentrazioni di biossido di zolfo sono così rientrate nei limiti legislativi previsti. In particolare in questi ultimi anni grazie al passaggio al gas naturale le concentrazioni si sono ulteriormente ridotte.

Data l'elevata solubilità in acqua, il biossido di zolfo contribuisce al fenomeno delle piogge acide trasformandosi in anidride solforica e, successivamente, in acido solforico, a causa delle reazioni con l'umidità presente in atmosfera.

Gli effetti registrati ai danni della salute umana variano a seconda della concentrazione e del tempo di esposizione, e vanno da irritazioni a occhi e gola già a basse concentrazioni, a patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, tracheiti e malattie polmonari in caso di esposizione prolungata a concentrazioni maggiori.

In tabella 3 si riportano i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs. 155/2010, mentre in tabella 4 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento. In figura 2 è riportato il *trend* delle concentrazioni medie orarie di SO₂ per il periodo considerato.

Tabella 3 - Valori Limiti SO₂

VALORI LIMITE			
SO ₂ (D.Lgs. 155 del 13/08/2010)		unità di misura	
Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 24 volte in un anno)	350	µg/m ³
Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 3 volte in un anno)	125	µg/m ³
Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	500	µg/m ³

Tabella 4 SO₂ - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media annuale (µg/m ³)	Superamenti limite orario (350 µg/m ³)	Superamenti limite giornaliero (125 µg/m ³)
Area stabilimento ex-Pertusola	4.06	0	0



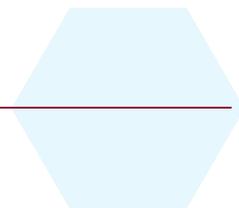
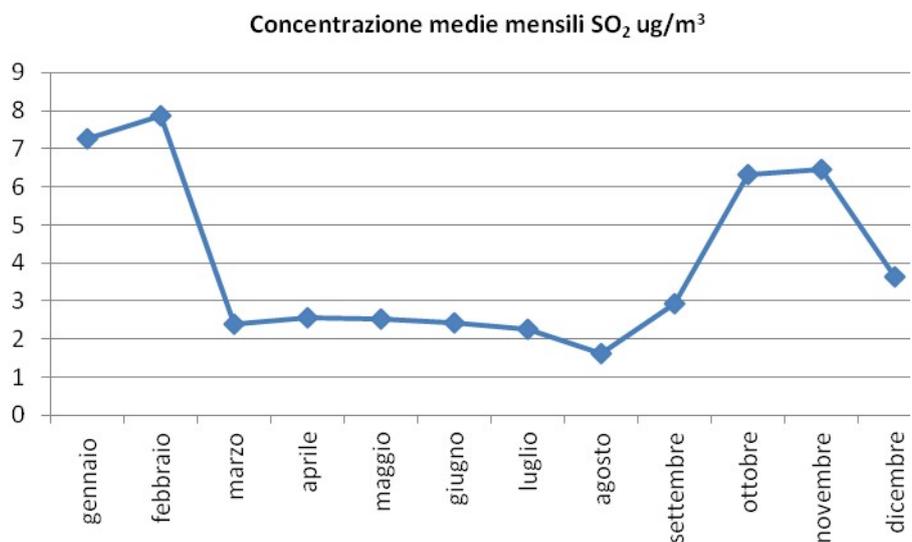


Figura 2 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di SO₂ – 2018



Nel periodo di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento dei limiti normativi, né come media oraria né come media giornaliera.



2.3 Biossido di azoto (NO₂)

Gli ossidi di azoto in generale (NO_x), vengono prodotti durante i processi di combustione a causa della reazione che, ad elevate temperature, avviene tra l'azoto e l'ossigeno contenuto nell'aria. Pertanto tali ossidi vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito di tutti i processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati.

Nel caso del traffico autoveicolare, le quantità più elevate di questi inquinanti si rilevano quando i veicoli sono a regime di marcia sostenuta e in fase di accelerazione, poiché la produzione di NO_x aumenta all'aumentare del rapporto aria/combustibile, cioè quando è maggiore la disponibilità di ossigeno per la combustione.

L'NO₂ è un inquinante per lo più secondario, che si forma in seguito all'ossidazione in atmosfera dell'NO, relativamente poco tossico. Esso svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di inquinanti secondari molto pericolosi come l'ozono, l'acido nitrico, l'acido nitroso.

Una volta formati, questi inquinanti possono depositarsi al suolo per via umida (tramite le precipitazioni) o secca, dando luogo al fenomeno delle piogge acide, con conseguenti danni alla vegetazione e agli edifici.

Gli NO_x, ed in particolare l'NO₂, sono gas nocivi per la salute umana in quanto possono provocare irritazioni delle mucose, bronchiti e patologie più gravi come edemi polmonari. I soggetti più a rischio sono i bambini e le persone già affette da patologie all'apparato respiratorio.

In tabella 5 si riportano i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs. 155/2010, mentre in tabella 6 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento. In figura 3 è riportato il *trend* delle concentrazioni medie orarie di NO₂ per il periodo considerato.

Tabella 5 - Valori Limiti NO₂

VALORI LIMITE		
NO ₂ (D.Lgs. 155 del 13/08/2010)		unità di misura
Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 18 volte in un anno)	200 µg/m ³
Valore limite annuale	Media annua	40 µg/m ³
Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	400 µg/m ³

Tabella 6 - NO₂ Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media annuale (40 µg/m ³)	Superamenti limite orario (200 µg/m ³)
Area stabilimento ex- Pertusola	5.71	0



Figura 3 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di NO₂ – 2018

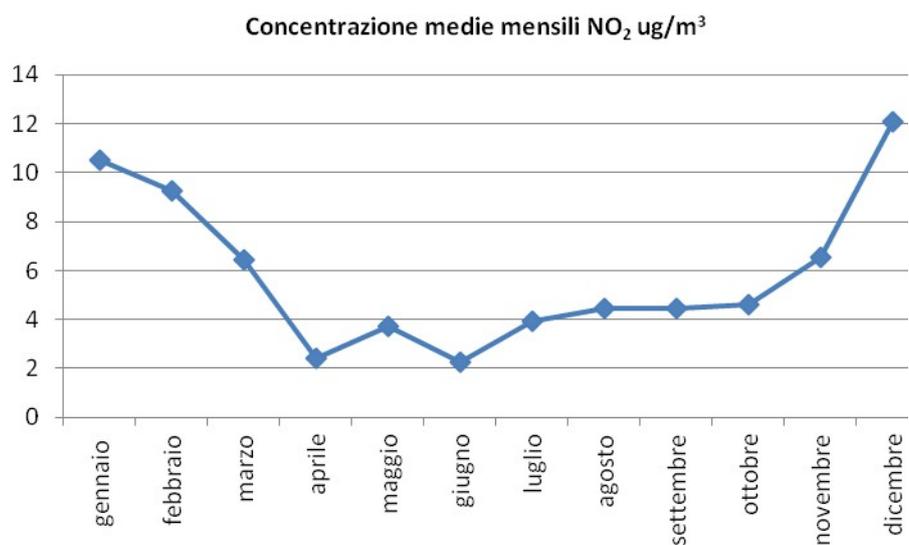
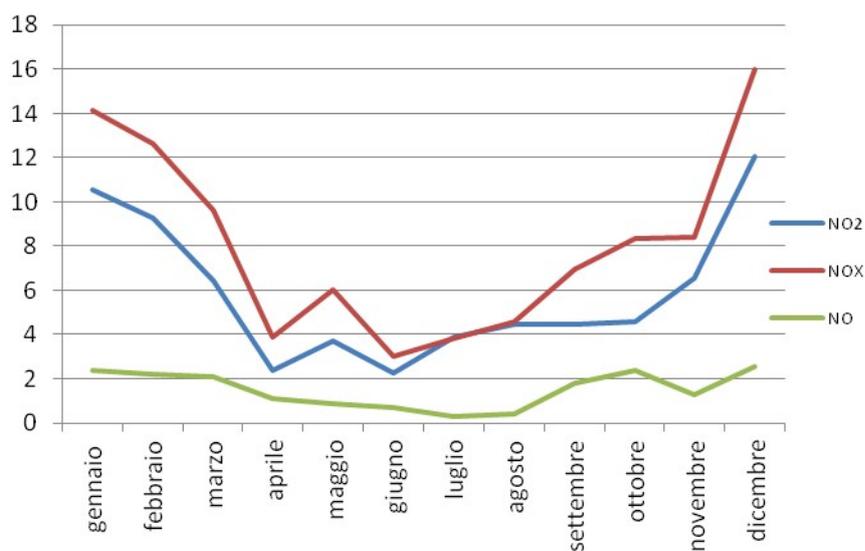


Figura 4 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di NO₂ - NO_x- NO - 2018



Nel periodo di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento del valore limite normativo, espresso come media oraria e media annuale.



2. 4 Il particolato atmosferico aerodisperso

PM (Particulate Matter) è la definizione generale con cui si definisce una miscela di particelle solide e liquide (particolato) di diverse caratteristiche chimico-fisiche e diverse dimensioni che si trovano in sospensione nell'aria.

Tali sostanze possono avere origine sia da fenomeni naturali (processi di erosione al suolo, incendi boschivi, dispersione di pollini etc.) sia, in gran parte, da attività antropiche, in particolar modo da traffico veicolare e processi di combustione.

Inoltre, esiste un particolato di origine secondaria dovuto alla compresenza in atmosfera di altri inquinanti come l' NO_x e l' SO_2 che, reagendo fra loro e con altre sostanze presenti nell'aria, danno luogo alla formazione di solfati, nitrati e sali di ammonio.

L'insieme delle particelle sospese in atmosfera è chiamato PTS (Polveri Totali Sospese). Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana si possono distinguere una frazione in grado di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) e una frazione in grado di giungere fino alle parti inferiori dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari).

La prima corrisponde a particelle con diametro aerodinamico inferiore a $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}), la seconda a particelle con diametro aerodinamico inferiore a $2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$).

A causa della sua composizione, il particolato presenta una tossicità che non dipende solo dalla quantità in massa ma dalle caratteristiche fisico-chimiche; la tossicità viene amplificata dalla capacità di assorbire sostanze gassose come gli IPA (idrocarburi policiclici aromatici) e i metalli pesanti, di cui alcuni sono potenti agenti cancerogeni. Inoltre, le dimensioni così ridotte (soprattutto per quanto riguarda le frazioni minori di particolato) permettono alle polveri di penetrare attraverso le vie aeree fino a raggiungere il tratto tracheo-bronchiale, causando disagi, disturbi e malattie all'apparato respiratorio.

2. 4.1 Il particolato atmosferico aerodisperso PM_{10}

In tabella 7 si riportano i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs. 155/2010, mentre in tabella 8 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento. In figura 4 è riportato il trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} per il periodo considerato 2018

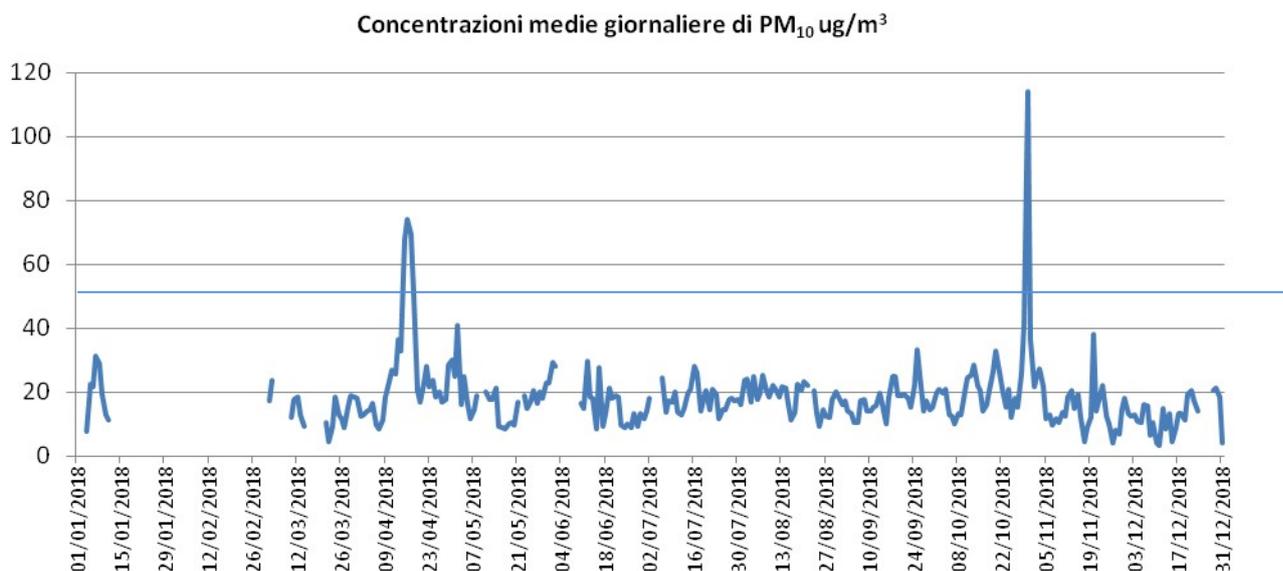
Tabella 7 - Valori Limiti PM_{10}

VALORI LIMITE		
PM_{10} (D.Lgs. 155 del 13/08/2010)		unità di misura
Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Valore limite annuale	Media annua	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 8 - PM_{10} - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Superamenti limite giornaliero ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Area stabilimento ex- Pertusola	18.37	6



Figura 5 - Andamento delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ – 2018

Nel periodo di monitoraggio si sono registrati 6 casi di superamento del valore limite normativo espresso come media giornaliera.

2. 4.2 Il particolato atmosferico aerodisperso PM_{2,5}

Per quanto concerne il PM_{2,5}, il D.Lgs. 155/10 ha introdotto il valore limite sulla media annuale pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 01/01/2015. Ai fini del conseguimento del valore limite, la normativa vigente stabilisce dei valori obiettivo di avvicinamento a partire dal 2008.

Viene infatti permesso, al 2008, un superamento del valore obiettivo del 20% (5 µg/m³): tale valore deve essere ridotto anno per anno fino a raggiungere il valore limite nel 2015.

I singoli valori obiettivo sono sintetizzati nella tabella 9. Nella tabella 10 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento. Nella figura 5 è riportato il trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{2,5} per l'anno 2018.

Tabella 9 - Valori intermedi di conseguimento del valore obiettivo del PM_{2,5}

Anno	Valore obiettivo del PM _{2,5} µg/m ³
2008	30
2009	29
2010	29
2011	28
2012	27
2013	26
2016	26
2015	25



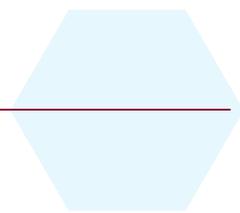
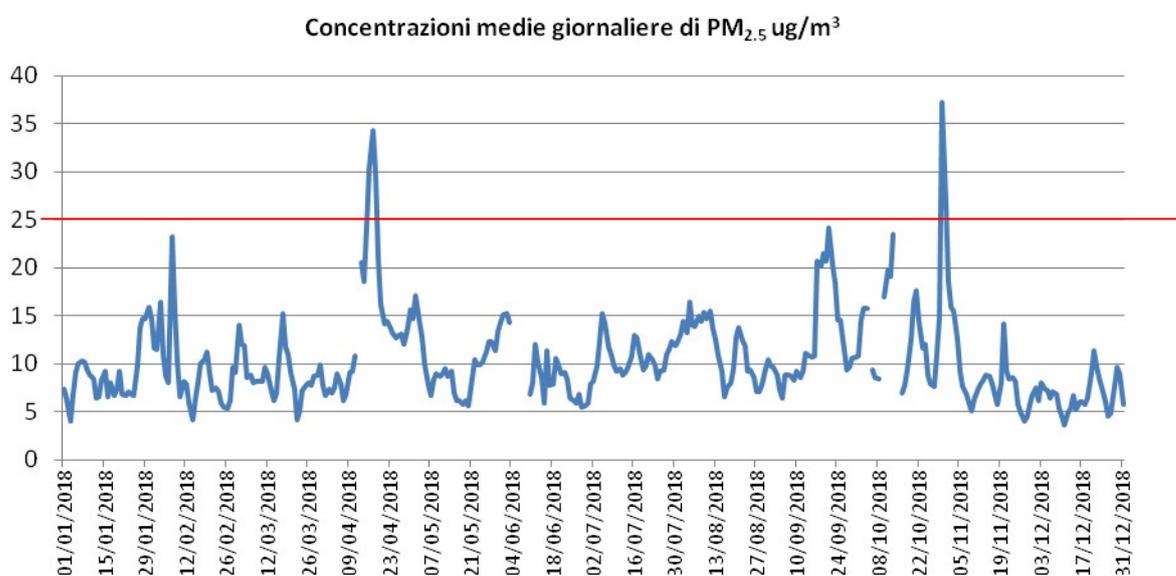


Tabella 10 - PM_{2,5} Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

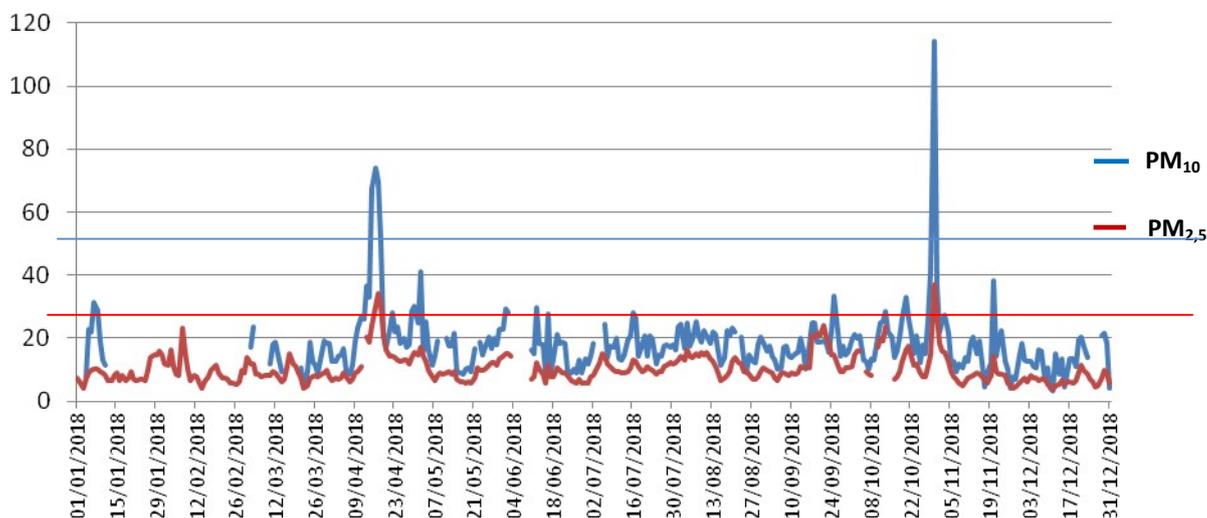
Stazione	Media annuale (25 µg/m ³)	Superamenti limite annuo (25 µg/m ³)
Crotone	10.36	5

Figura 6 - Andamento delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{2,5} - 2018



Nel periodo di monitoraggio si sono registrati 5 casi di superamento del valore limite espresso come media annua.

Figura 7 - Andamento delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ e PM_{2,5} – 2018



2. 5 Il Benzene (C₆H₆)

Il benzene (C₆H₆) è il più comune e largamente utilizzato degli idrocarburi aromatici. Viene sintetizzato a partire dal petrolio e utilizzato in svariati processi industriali come solvente, come antidetonante nella benzina e come materia prima per produrre plastiche, resine sintetiche e pesticidi.

La maggior parte del benzene presente nell'aria deriva da combustione incompleta di combustibili fossili: le principali fonti di emissione sono il traffico veicolare (soprattutto da motori a benzina) e diversi processi di combustione industriale.

Generalmente, gli effetti tossici provocati da questo inquinante variano a seconda della concentrazione e della durata dell'esposizione, e va sottolineato che esso, insieme ad altri composti organici volatili, è stato inserito dallo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) tra le sostanze per le quali vi è una sufficiente evidenza di cancerogenicità per l'uomo.

In tabella 11 si riportano i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs. 155/2010, mentre in tabella 12 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento. In figura 8 è riportato il *trend* delle concentrazioni orarie di Benzene per l'anno 2018.

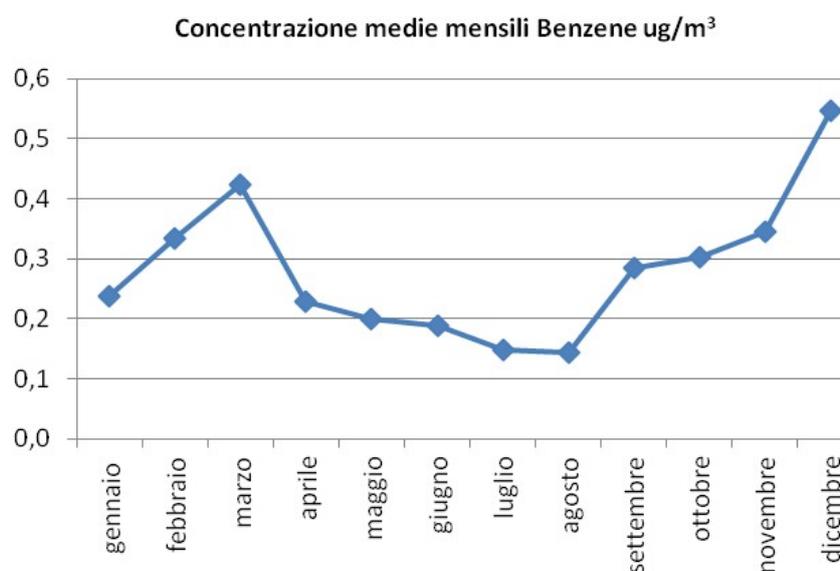
Tabella 11 - Valori Limiti benzene

VALORI LIMITE	
Benzene (D.Lgs. 155 del 13/08/2010)	
Valore limite annuale	Media annua
unità di misura	
5 µg/m ³	

Tabella 12 - Benzene - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media annuale µg/m ³
Area stabilimento ex- Pertusola	0.31

Figura 8 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di Benzene – 2018



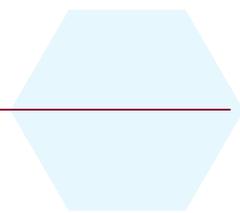
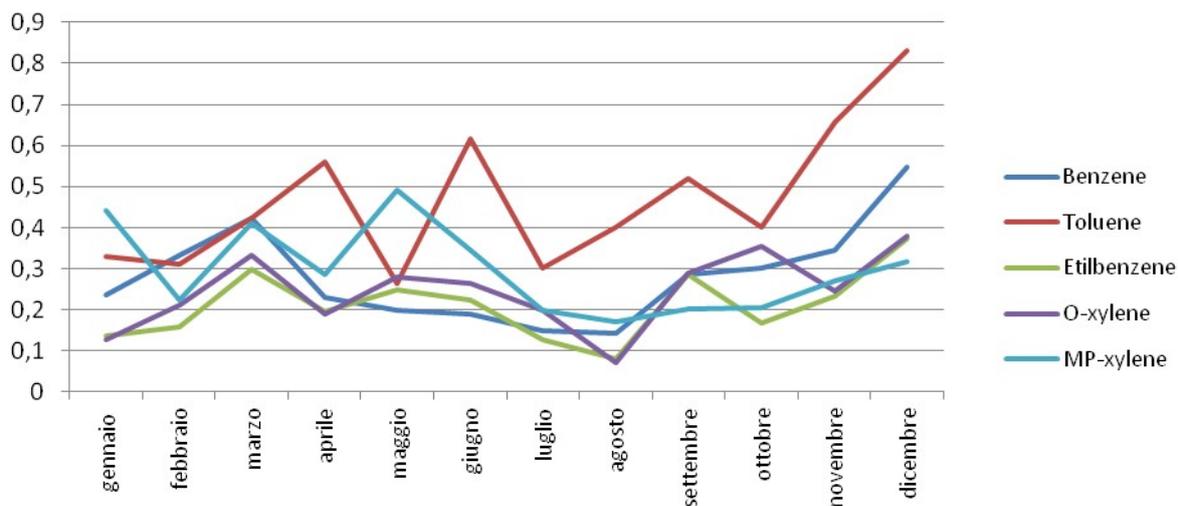


Figura 9 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di BTEX - 2018



Nel periodo di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento del valore limite normativo, espresso come media annua.



3 . Metalli e Benzo[a]pirene nel PM₁₀

Vengono analizzati, di seguito, i *trend* degli inquinanti confrontati con i limiti di legge. Tali elaborazioni sono state realizzate sulla base dei dati riportati nei certificati analitici prodotti da ARPACAL nel periodo tra gennaio e dicembre 2018. Per ogni inquinante verranno anche realizzate elaborazioni grafiche atte a valutare il comportamento ed l'andamento degli inquinanti.

3.1 Metalli pesanti nel PM₁₀

Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni) e Piombo (Pb), sono i metalli pesanti più rappresentativi per il rischio ambientale a causa della loro tossicità e del loro uso massivo. Attualmente la normativa di riferimento per tutti i metalli citati è il D.Lgs. 155/2010.

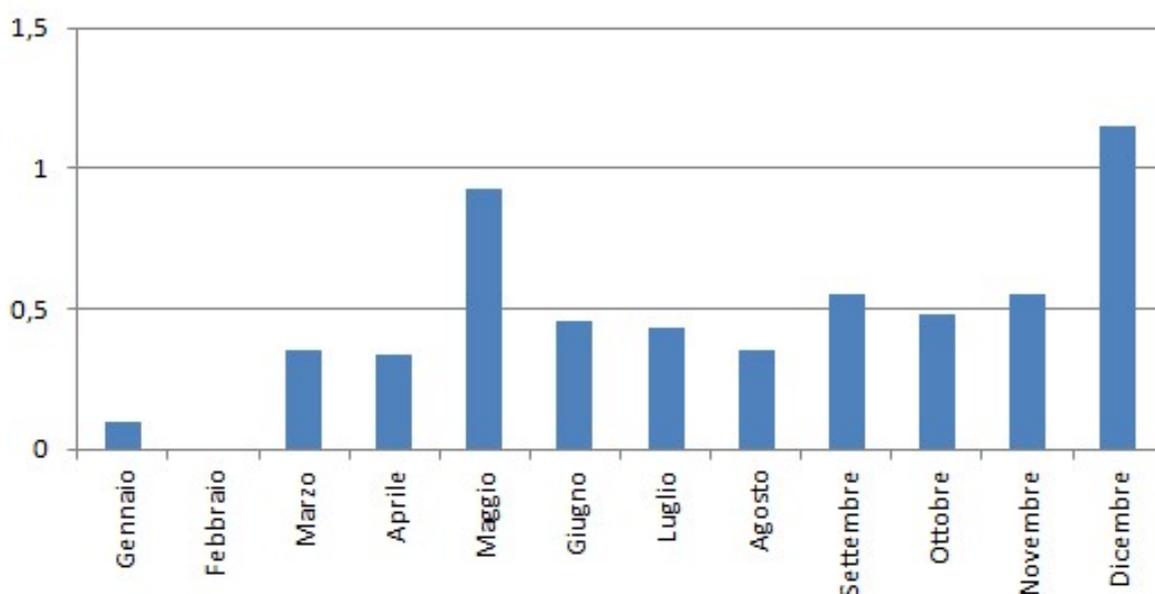
Nelle Tabella 13-17 si riportano i valori di riferimento, definiti dal D.Lgs. 155/2010, ed i valori misurati nel corso delle campagne del 2018.

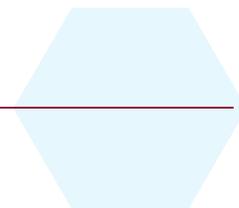
Nelle Figure 10-18 sono riportati il *trend* delle concentrazioni medie mensili di ogni metallo per il periodo di monitoraggio considerato.

Tabella 13 - Arsenico - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

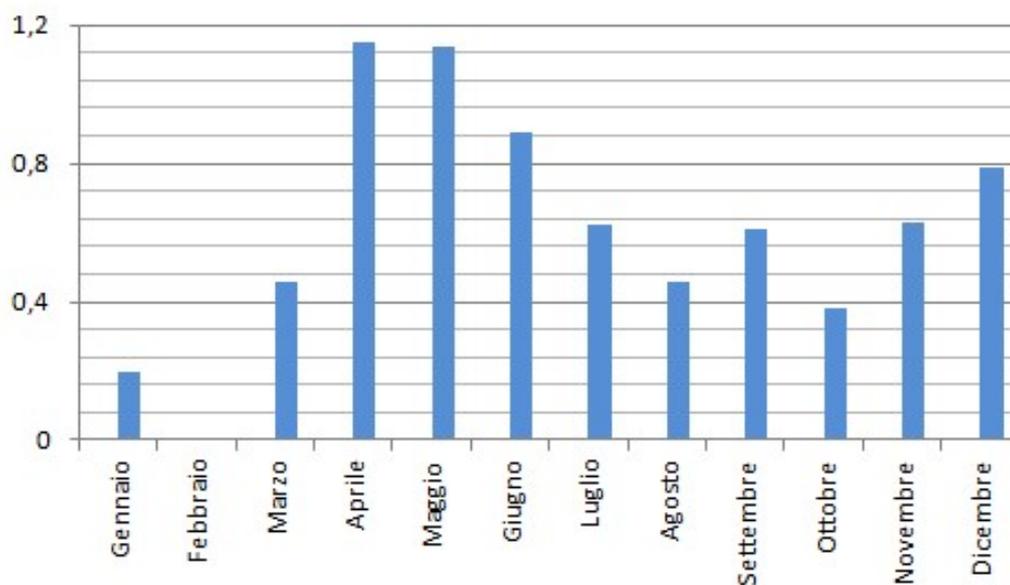
Stazione	Media mensile	N° filtri	ARSENICO Valore obiettivo media annuale (6 ng/m ³)
Area stabilimento ex- Pertusola	GENNAIO	11	0,10
	FEBBRAIO	-	-
	MARZO	18	0,35
	APRILE	30	0,34
	MAGGIO	29	0,93
	GIUGNO	23	0,46
	LUGLIO	28	0,43
	AGOSTO	30	0,35
	SETTEMBRE	30	0,55
	OTTOBRE	31	0,48
	NOVEMBRE	30	0,55
	DICEMBRE	31	1,15

Figura 10 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di ARSENICO in ng/m³ nel periodo considerato - 2018



**Tabella 14 - Cadmio - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa**

Stazione	Media mensile	N° filtri	CADMIO Valore obiettivo media annuale (5 ng/m ³)
Area stabilimento ex- Pertusola	GENNAIO	11	0,20
	FEBBRAIO	-	-
	MARZO	18	0,46
	APRILE	30	1,15
	MAGGIO	29	1,14
	GIUGNO	23	0,89
	LUGLIO	28	0,62
	AGOSTO	30	0,46
	SETTEMBRE	30	0,61
	OTTOBRE	31	0,38
	NOVEMBRE	30	0,63
	DICEMBRE	31	0,79

Figura 12 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di Cadmio nel periodo considerato - 2018

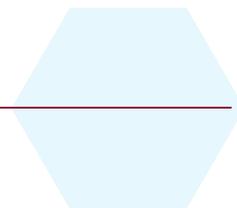


Tabella 15 - Nichel - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media mensile	N° filtri	NICHEL Valore obiettivo media annuale (20 ng/m3)
Area stabilimento ex- Pertusola	GENNAIO	11	2,50
	FEBBRAIO	-	-
	MARZO	18	2,70
	APRILE	30	3,10
	MAGGIO	29	1,20
	GIUGNO	23	1,00
	LUGLIO	28	3,20
	AGOSTO	30	2,60
	SETTEMBRE	30	1,80
	OTTOBRE	31	7,50
	NOVEMBRE	30	1,00
	DICEMBRE	31	3,00

Figura 14 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di NICHEL nel periodo considerato - 2018

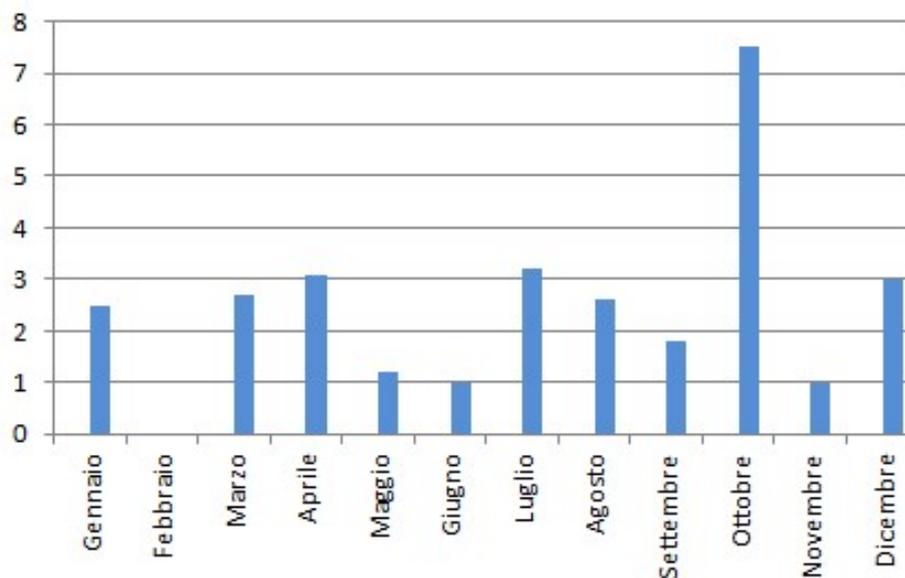


Tabella 16 - Piombo - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media mensile	N° filtri	PIOMBO Valore obiettivo media annuale (500 ug/m3)
Area stabilimento ex- Pertusola	GENNAIO	11	5,00
	FEBBRAIO	-	-
	MARZO	18	3,00
	APRILE	30	10,00
	MAGGIO	29	8,00
	GIUGNO	23	7,00
	LUGLIO	28	5,00
	AGOSTO	30	4,00
	SETTEMBRE	30	8,00
	OTTOBRE	31	6,00
	NOVEMBRE	30	7,00
	DICEMBRE	31	13,00

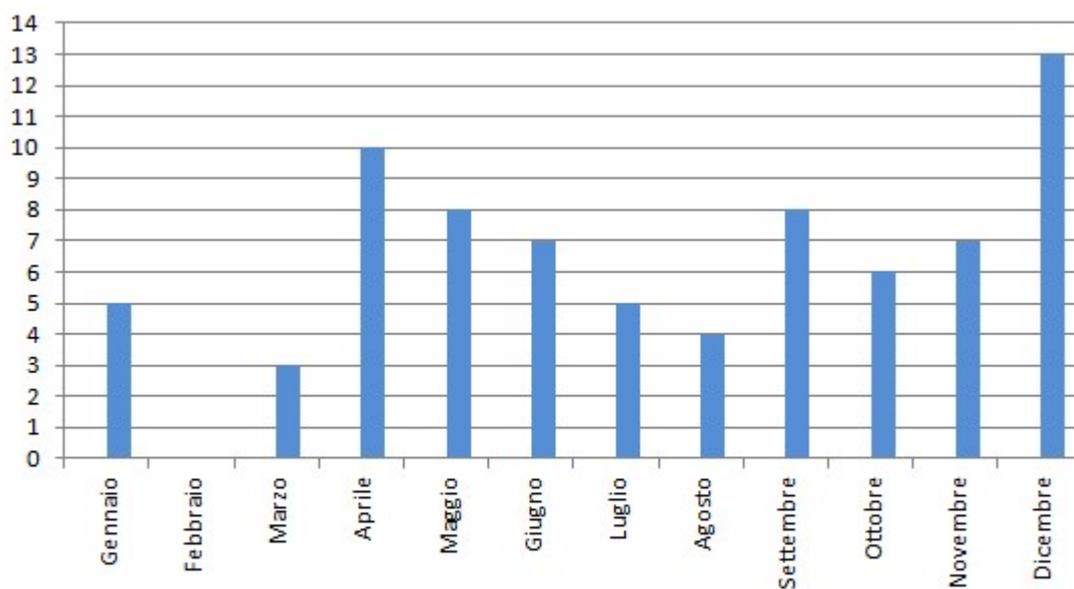
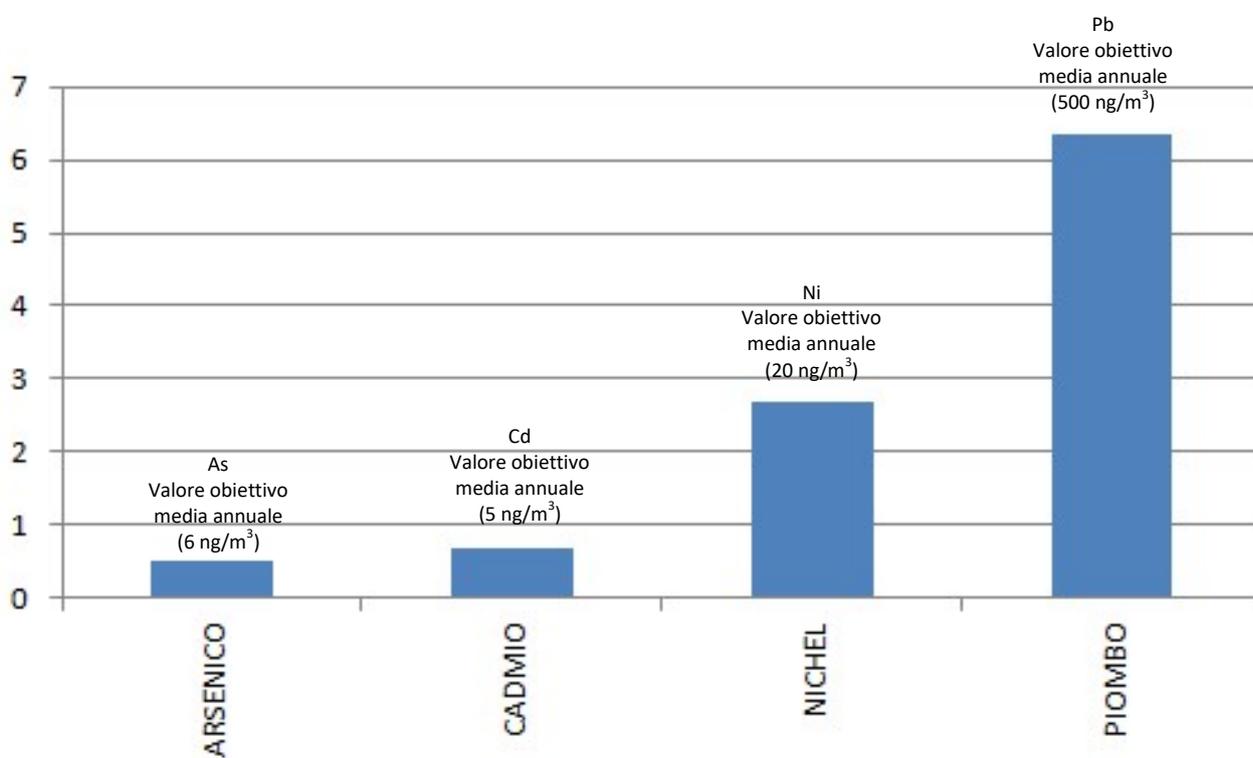
Figura 16 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di Piombo nel periodo considerato – 2018

Tabella 17 - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Metalli	Media annuale 2018	Valore obiettivo media annuale
Area stabilimento ex- Pertusola	ARSENICO	0,52 ng/m ³	6 ng/m ³
	CADMIO	0,67 ng/m ³	5 ng/m ³
	NICHEL	2.67 ng/m ³	20 ng/m ³
	PIOMBO	6.33 ng/m ³	500 ng/m ³

Figura 18 - Andamento delle concentrazioni annuali dei metalli (ng/m³) con evidenza del valore obiettivo - 2018

3.2 Il Benzo[a]pirene nel PM₁₀

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono composti inquinanti presenti nell'atmosfera in quanto prodotti da numerose fonti tra cui, principalmente, il traffico autoveicolare (dagli scarichi dei mezzi a benzina e a diesel) e i processi di combustione di materiali organici contenenti carbonio (legno, carbone, ecc.).

Gli IPA sono sostanze lipofile semivolatili che possono essere presenti sia nella fase gassosa sia nella fase solida. Le loro proprietà fisico-chimiche dipendono dal numero di anelli aromatici e dal loro peso molecolare. In particolare gli IPA con più di 4 anelli nell'ambiente esterno sono quasi completamente associati alla fase solida.

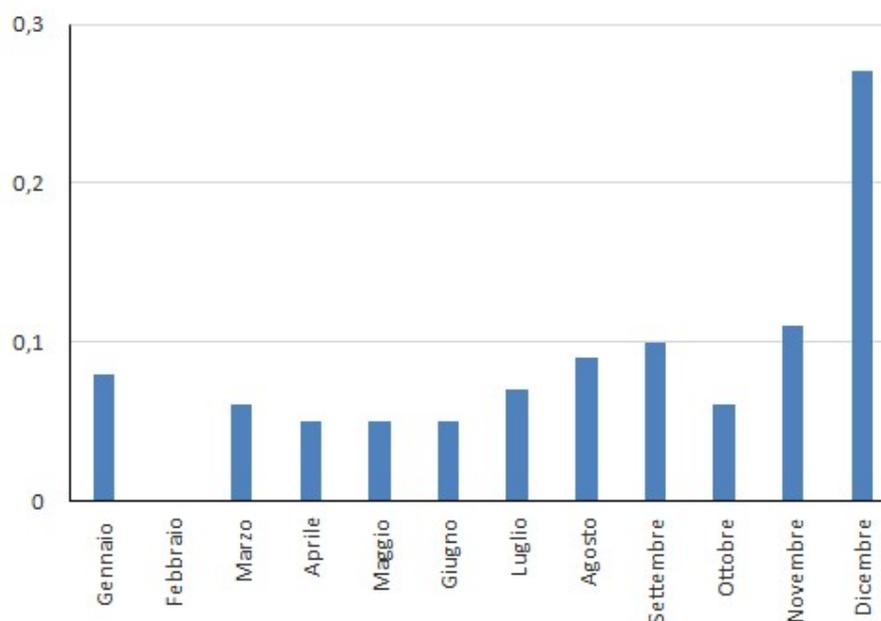
Gli IPA appartengono alla categoria dei microinquinanti in quanto possono avere effetti tossici già a concentrazioni molto più modeste di quelle normalmente osservate per gli inquinanti "classici". La loro presenza rimane comunque un potenziale rischio per la salute umana poiché molti di essi si rivelano cancerogeni, come definito anche dall'EPA.

Gli IPA sospettati di avere effetti cancerogeni per l'uomo hanno in genere 5 o 6 anelli aromatici. In particolare il più noto idrocarburo appartenente a questa classe è il benzo[a]pirene, classificato dallo IARC come cancerogeno per l'uomo. A differenza degli inquinanti "classici" il B(a)P non può essere misurato in continuo, ma richiede un'analisi in laboratorio sui campioni di PM₁₀ precedentemente raccolti. Tra gli IPA è normato il solo B(a)P, per il quale è stabilito un limite di 1 ng/m³ per la concentrazione media annuale. La concentrazione di IPA misurata varia in funzione della stagione: essendo composti ad elevata volatilità le concentrazioni maggiori si misurano nella stagione invernale.

Tabella 18 - Benzo[a]pirene - Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa

Stazione	Media mensile	N° filtri	Benzo[a]pirene Valore obiettivo media annuale (1 ng/m ³)
Area stabilimento ex- Pertusola	GENNAIO	11	0,08
	FEBBRAIO	-	-
	MARZO	18	0,06
	APRILE	30	0,05
	MAGGIO	29	0,05
	GIUGNO	23	0,05
	LUGLIO	28	0,07
	AGOSTO	30	0,09
	SETTEMBRE	30	0,1
	OTTOBRE	31	0,06
	NOVEMBRE	30	0,11
	DICEMBRE	31	0,27

Figura 19 - Andamento delle concentrazioni medie mensili di Benzo[a]pirene nel periodo considerato - 2018



4 . I Radiazioni ionizzanti

Per radiazioni ionizzanti si intendono onde elettromagnetiche e particelle di energia sufficientemente elevata da riuscire a strappare elettroni alla materia, cioè in grado di ionizzare atomi o molecole.

L'irradiazione conseguente all'esposizione a sorgenti di radiazioni ionizzanti è fonte di rischio per l'uomo quando raggiunge i tessuti vivi del corpo umano. Indipendentemente dal tipo e dall'energia della radiazione, tutte quante sono caratterizzate da un, seppur piccolo, trasferimento di energia. E' proprio il deposito di energia che è correlato agli effetti delle radiazioni sulla materia vivente. L'effetto biologico è la conseguenza diretta all'esposizione alle radiazioni ionizzanti, il danno invece si verifica quando l'effetto supera la capacità di compensazione biologica dell'organismo.

Nel caso dei tessuti biologici tale interazione può portare a un possibile danneggiamento delle cellule, con effetti (detti "deterministici" o reazioni tissutali avverse) che sono per lo più immediati per cui si può stabilire un nesso causa-effetto, evidenziabili a livello clinico sugli individui esposti oppure che possono interessare in modo casuale gli individui esposti o i loro discendenti (detti "stocastici") cioè caratterizzati dall'assenza di una dose soglia o quanto meno dall'attuale impossibilità di dimostrarne l'esistenza.

Le sorgenti di radiazioni ionizzanti possono essere suddivise in due principali categorie: sorgenti naturali, cui tutti gli esseri viventi sono da sempre costantemente esposti, e sorgenti artificiali, diffuse in particolare con lo sviluppo delle nuove tecnologie degli ultimi 60-70 anni.

Attualmente, in assenza di specifici eventi (esplosioni nucleari o incidenti), la maggior parte dell'esposizione della popolazione a radiazioni ionizzanti, ovvero circa il 70%, è di origine naturale (terrestre ed extraterrestre), le cui principali componenti sono dovute ai prodotti di decadimento del radon (60%) e alla radiazione terrestre (18%), nonché ai raggi cosmici (12%).

4.1 Cesio 137

Un radionuclide è un nuclide instabile che decade emettendo energia sottoforma di radiazioni.

Nel corso del tempo si è avuto un incremento di materiali radioattivi dispersi nell'atmosfera e di conseguenza è aumentato il trasferimento di tali sostanze nell'uomo.

Tra i principali radionuclidi artificiali troviamo il Cesio 137, un isotopo radioattivo del metallo alcalino Cesio che si forma principalmente come un sottoprodotto della fissione nucleare dell'uranio, specialmente nel reattore nucleare a fissione. Ha un'emivita di circa 30,17 anni.

Piccoli quantitativi di cesio-134 e di cesio-137 vennero rilasciati nell'ambiente all'epoca delle esplosioni nucleari in atmosfera e da alcuni incidenti nucleari, specialmente dal disastro di Chernobyl.

La misura dei livelli di radioattività in aria è il più precoce indicatore di incidenti nucleari, anche con origine esterna al territorio nazionale. Attualmente, l'analisi dei contenuti di Cesio-137 nel particolato atmosferico viene utilizzato per monitorare i livelli di radioattività e segnalare tempestivamente eventuali anomalie.



4.2 Analisi radiometriche su PM₁₀ - Crotone area SIN

Sono state eseguite analisi radiometriche sui filtri del PM10, prelevato nell'area Ex Pertusola, nel periodo gennaio – dicembre 2018 tramite spettrometria gamma ad alta risoluzione (Metodo UNI EN ISO 11665:2017).

I singoli filtri che costituiscono ciascun pacchetto sono stati collocati in capsule Petri, inseriti all'interno del pozzetto schermato a contatto del rivelatore al germanio iperpuro e conteggiati per un tempo pari ad almeno 70000 secondi.

Figura 20 - Linee di spettrometria gamma AR



Di seguito sono riportati i valori di Cesio-137 riscontrati sui filtri analizzati.

Tabella 19 – Cesio 137 Analisi su PM₁₀

N. campione	Data inizio campionamento	Data fine campionamento	Comune	Punto di prelievo	Radionuclide misurato	Concentrazione di attività	Unità di misura
2058-2068/RC/18	01/01/2018	11/01/2018	Crotone	Area Ex Pertusola U.M. Arpacal DM671JM	Cs-137	< 0.000055	Bq/m ³
3736-3765/RC/18	01/04/2018	30/04/2018	Crotone	Area Ex Pertusola U.M. Arpacal DM671JM	Cs-137	< 0.000014	Bq/m ³
6996-7023/RC/18	01/07/2018	31/07/2018	Crotone	Area Ex Pertusola U.M. Arpacal DM671JM	Cs-137	<0.000054	Bq/m ³
7419-7448/RC/18	01/08/2018	31/08/2018	Crotone	Area Ex Pertusola U.M. Arpacal DM671JM	Cs-137	<0.000013	Bq/m ³
7986-8015/RC/18	01/10/2018	30/10/2018	Crotone	Area Ex Pertusola U.M. Arpacal DM671JM	Cs-137	< 0.0000112	Bq/m ³
8881-8911/RC/18	01/10/2018	31/10/2018	Crotone	Area Ex Pertusola U.M. Arpacal DM671JM	Cs-137	< 0.000012	Bq/m ³
0529-0558/RC/19	02/11/2018	30/11/2018	Crotone	Area Ex Pertusola U.M. Arpacal DM671JM	Cs-137	< 0.000011	Bq/m ³
0778-0808/RC/19	01/12/2018	31/12/2018	Crotone	Area Ex Pertusola U.M. Arpacal DM671JM	Cs-137	< 0.000011	Bq/m ³

Il radionuclide artificiale Cs-137 è risultato essere sempre al di sotto della sensibilità strumentale MCR (Minima concentrazione rivelabile), non sono state quindi rilevate criticità.



5. I parametri meteorologici

I fattori meteo climatici rivestono un'importanza fondamentale nella valutazione e nella previsione della qualità dell'aria, in quanto interagiscono in diversi modi con i processi di formazione, dispersione, trasporto e deposizione degli inquinanti.

La precipitazione, la direzione e l'intensità del vento, la temperatura rappresentano le principali variabili meteo che influenzano localmente la qualità dell'aria. I parametri meteorologici risultano di notevole interesse non solo per descrivere i fenomeni di inquinamento invernale, ma anche quelli estivi legati alla formazione di ozono.

Ad esempio la temperatura massima giornaliera è un indicatore fondamentale da mettere in relazione con la formazione di ozono poiché le reazioni fotochimiche tra l'ossigeno e gli ossidi di azoto (precursori) sono particolarmente favorite da temperature elevate.

Direzione e Velocità del Vento

Il vento è il moto quasi orizzontale che l'aria compie rispetto alla superficie terrestre. E' generato dalla differenza di pressione atmosferica tra zone diverse della terra. Tra i parametri meteorologici osservati è uno dei più significativi. La direzione del vento è intesa come la direzione di provenienza del flusso dell'aria e può essere indicata mediante la rosa dei venti, in cui ogni quadrante, determinato dai punti cardinali è diviso in quattro parti uguali e si esprime in gradi nord (°N). La velocità del vento, ovvero la velocità di spostamento della massa d'aria, si misura in metri al secondo (m/s).

Pressione Atmosferica

La pressione atmosferica è una misura che mette in relazione l'altitudine relativa al punto di misura rispetto al livello del mare. Le osservazioni riguardanti la sua variazione temporale per uno stesso punto di misura sono la base delle previsioni sull'evoluzione dei fenomeni meteorologici direttamente collegati all'evoluzione della dispersione degli inquinanti. L'unità di misura è espressa in millibar (mBar).

Radiazione solare

La radiazione solare è uno dei parametri più significativi per la determinazione del grado di instabilità atmosferica. Il mescolamento degli inquinanti infatti viene a essere accelerato dalla turbolenza convettiva generato dall'intensità della radiazione globale. La radiazione solare, inoltre, ha effetto catalitico su molti di quei fenomeni fotochimici che originano in atmosfera gli inquinanti secondari. Nei periodi di maggiore insolazione si registrano, infatti, le concentrazioni maggiori di ozono troposferico e i valori maggiori di rapporto tra biossido e monossido di azoto. L'unità di misura in cui si esprime la radiazione globale solare è il watt al metro quadrato (W/m^2).

La Temperatura

La temperatura influenza la concentrazione degli inquinanti in atmosfera. Essa varia in base alle zone e alla stagione variando così anche la composizione degli inquinanti in atmosfera. La temperatura si esprime in gradi centigradi (°C).

Precipitazioni

Le precipitazioni sono costituite dalla pioggia caduta in un determinato lasso di tempo in una data zona. Ha un'importanza fondamentale nello studio della dispersione degli inquinanti in quanto contribuisce a diminuire la concentrazione degli inquinanti in aria. Vengono misurate mediante un pluviometro che registra la quantità di pioggia caduta in un determinato periodo di tempo espressa in millimetri (mm).



Umidità Relativa

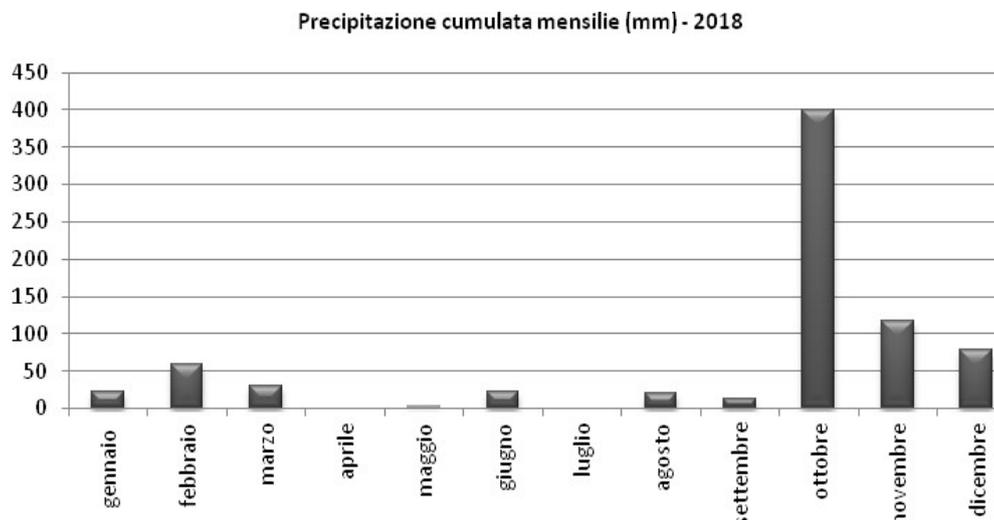
L'umidità relativa esprime il rapporto tra la quantità di vapore d'acqua contenuto in una data massa d'aria e la massima quantità di vapore d'acqua che la stessa massa d'aria può contenere, ovvero in condizioni di saturazione. Questa misura è adimensionale ma si esprime come percentuale (%). Il valore massimo, ovvero il 100%, indica che la massa la massa d'aria contiene la massima quantità di vapore d'acqua contenibile in quelle condizioni senza che si condensino.

5.1 Analisi dei principali parametri meteorologici

Le precipitazioni influenzano la deposizione e la rimozione umida degli inquinanti, infatti l'assenza di precipitazioni e di nubi riduce la capacità dell'atmosfera di rimuovere, attraverso i processi di deposizione umida e di dilavamento, gli inquinanti e in particolare le particelle fini.

Le precipitazioni avvenute nel 2018 presso l'area Ex Pertusola Crotone ammontano a 761.6 mm/anno. La distribuzione mensile delle precipitazioni, riportata in Figura 21, mostra come i mesi invernali siano stati più piovosi.

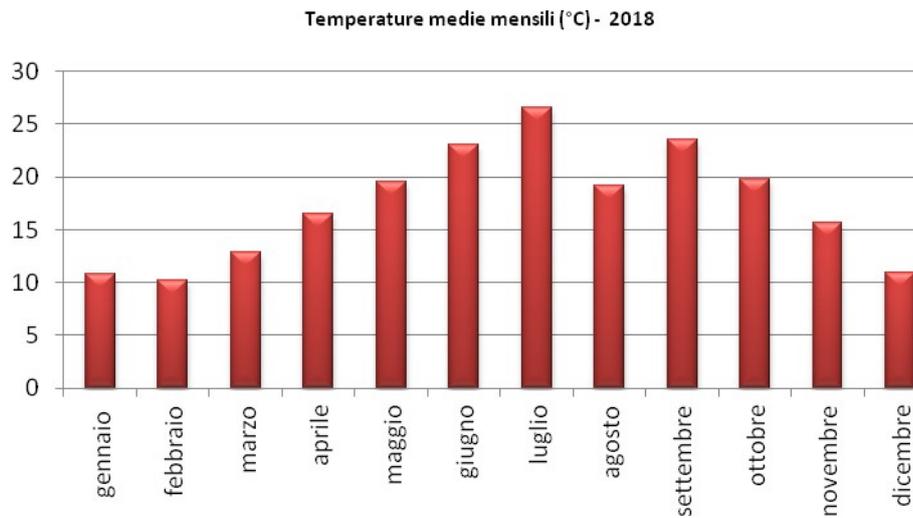
Figura 21 - Precipitazione cumulata mensile registrata (mm) – 2018



Dal punto di vista della qualità dell'aria l'aver avuto più giorni piovosi nel periodo invernale significa ovviamente un maggior numero di episodi di pulizia dell'atmosfera in un periodo caratterizzato da condizioni di fisica dell'atmosfera che portano all'accumulo degli inquinanti con conseguente riduzione delle giornate di superamento del valore limite giornaliero per le PM₁₀.

Le temperature medie mensili registrate nel 2018 sono rappresentate in Figura 22. La temperatura influenza la concentrazione degli inquinanti in atmosfera. Essa varia in base alle zone e alla stagione variando così anche la composizione degli inquinanti in atmosfera.



Figura 22 – Temperature medie mensili registrate (°C) –2018

Il vento è tra i parametri meteorologici osservati uno dei più significativi. La direzione del vento è intesa come la direzione di provenienza del flusso dell'aria e può essere indicata mediante la rosa dei venti, in cui ogni quadrante, determinato dai punti cardinali, è diviso in quattro parti uguali e si esprime in gradi nord (°N). La velocità del vento, ovvero la velocità di spostamento della massa d'aria, si misura in metri al secondo (m/s).

Le velocità medie mensili registrate nel 2018 sono rappresentate in Figura 23.

Figura 23 – Velocità del vento medie mensili registrate (m/s) – 2018