

## Combustioni all'aperto

Programma di monitoraggio di microinquinanti in  
aria presso il Parco della Caffarella (ROMA)



2022

A cura di:

- **ARPA Lazio, Dipartimento stato dell'ambiente**

Servizio qualità dell'aria e monitoraggio degli agenti fisici

- Unità Centro regionale della qualità dell'aria
- Unità Aria e agenti fisici di Roma

Antonio Amoroso, Marilena Caldarella, Alessandro D. Di Giosa, Giada Marchegiani, Stefano Listrani, Manuela Riva

- **Istituto superiore di Sanità - Dipartimento Ambiente e Salute**

Unità Operativa ISS-Reparto Esposizione a Contaminanti in Aria, Suolo e da Stili di Vita

Dipartimento Ambiente e Salute:

M. Inglessis, G. Ianiri, V. Mannoni, M.R. Milana, R. Morlino, G. Padula, L. Palumbo, G. Settimo, M.E. Soggiu.

Redazione: 01 marzo 2022

Foto di copertina: Foto <https://i0.wp.com/www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2021/07/Roghi-tossici-fumo.jpg?w=1392&ssl=1>



# INDICE

<b>COMBUSTIONI ALL'APERTO</b> .....	<b>1</b>
<b>PROGRAMMA DI MONITORAGGIO DI MICROINQUINANTI IN ARIA PRESSO IL PARCO DELLA CAFFARELLA (ROMA)</b> .....	<b>1</b>
INDICE .....	4
<b>LEGENDA</b> .....	<b>4</b>
1 INTRODUZIONE.....	5
2 PROCESSI DI COMBUSTIONE .....	6
3 LIMITI DI LEGGE .....	8
4 MISURE METEOROLOGICHE.....	11
5 MONITORAGGIO .....	13
5 RISULTATI.....	17
6 CONCLUSIONI.....	27
7 BIBLIOGRAFIA.....	30

## Indice figure

FIGURA 1: <a href="https://www.ilmessaggero.it/roma/news/roggi_tossici_zona_triESTE_caffarella_roma_ultime_notizie_news-5345961.html">HTTPS://WWW.ILMESSAGGERO.IT/ROMA/NEWS/ROGHI_TOSSICI_ZONA_TRIESTE_CAFFARELLA_ROMA_ULTIME_NOTIZIE_NEWS-5345961.HTML</a> .....	5
FIGURA 2: DIREZIONE DEL VENTO E VELOCITÀ A VIA BONCOMPAGNI ROMA .....	11
FIGURA 3: ANDAMENTO GIORNALIERO DEL VENTO MEDIO, DELLA PRECIPITAZIONE CUMULATA E DELLA RADIAZIONE GLOBALE. ....	12
FIGURA 4: BOX PLOT E WHISKERS PER LA TEMPERATURA (IN °C), L'UMIDITÀ RELATIVA (IN %) E LA PRESSIONE ATMOSFERICA (MBAR – 1000). ....	13
FIGURA 5: IMMAGINI DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER IL CAMPIONAMENTO.....	15
FIGURA 6: MAPPA DEL PARCO DELLA CAFFARELLA E DEI PUNTI IN CUI SONO STATI EFFETTUATI I CAMPIONAMENTI.....	16
FIGURA 7: VALORI DI DIOSSINE FURANI E PCB <sub>LD</sub> PER LA CAMPAGNA DI MISURA AL PARCO DELLA CAFFARELLA CONFRONTATA CON I VALORI GUIDA OMS E CON I VALORI BIBLIOGRAFICI. ....	29

## Indice Tabelle

TABELLA 1: CONCENTRAZIONE MEDIA DI PCDD/F RILEVATA IN ALCUNI PAESI DELLA UE IN MATERIALE PARTICELLARE SOSPESO E NELLA DEPOSIZIONE ATMOSFERICA TOTAL (TEF PER IL CALCOLO DEL TEQ DA INDICAZIONI DEL NATO/CCMS) .....	10
TABELLA 2: VALORI DEI VOC ( $\mu\text{G}/\text{M}^3$ ): TUTTE LE 4 SETTIMANE I VALORI SONO SEMPRE SOTTO IL LIMITE DI RILEVABILITÀ .....	21
TABELLA 3: RISULTATI DEI ALDEIDI ( $\mu\text{G}/\text{M}^3$ ) PER OGNI SETTIMANA DI MISURA. ....	22
TABELLA 4: RISULTATI DI OSSINE DA DEPOSIMETRO NEL COMPRESORIO LIMITROFO AL PARCO DELLA CAFFARELLA, SI EVIDENZIA CHE PER IL CALCOLO DELLA TOSSICITÀ EQUIVALENTE, IL CONTRIBUTO ALLA SOMMATORIA IN TEQ DI OGNI CONGENERE CON CONCENTRAZIONE NON RILEVABILE SIA PARI ALLA METÀ DEL RISPETTIVO LIMITE DI QUANTIFICAZIONE (MEDIUM BOUND). ....	25
TABELLA 5: CONCENTRAZIONE MEDIA DI DIOSSINE, PCB E BENZO(A)PIRENE, ANALIZZATI SUI FILTRI DI PM <sub>10</sub> PER I DUE SITI DI CAMPIONAMENTO (PUNTO ZERO S.SEBASTIANO, PUNTO TRE VIA BARTOLONI) DIVISE PER SETTIMANE DI CAMPIONAMENTO. ....	26
TABELLA 6: CONFRONTO DATI DEPOSIMETRI CON CAMPIONAMENTI SIMILI SVOLTI A ROMA NEGLI ANNI PRECEDENTI.....	28

## LEGENDA

DAD	Diode Array Detector
HPLC	High Pressure Liquid Chromatography
MS	Mass Spectrometry Detector
PCBs	Policlorobifenili
PCDD	Policloro-dibenzo – diossine
PCDF	Policloro-dibenzo – furani
POPs	Persistent Organic Pollutants
TEF	Fattore di Tossicità equivalente
TEQ	Tossicità equivalente
TCDD	2,3,7,8 –tetracloro di benzo-p-diossina
U.d.M.	Unità di Misura
VOC	Composti organici Volatili
DL	Detection Limit

\* \* \*

Tabella di conversione dei sottomultipli di grammo utilizzati nel documento.

Tabella di conversione dei grammi	
mg	$10^{-3}$ g
µg	$10^{-6}$ g
ng	$10^{-9}$ g
pg	$10^{-12}$ g
fg	$10^{-15}$ g

## 1 INTRODUZIONE

L'Agenzia Regionale Protezione Ambientale del Lazio (ARPA Lazio), l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) ed altre Autorità hanno ricevuto numerose segnalazioni relative a roghi che frequentemente si sviluppano presso il Parco della Caffarella (Roma). Tali attività sono spesso di natura illecita e generano nella popolazione preoccupazione, a causa della generazione di sostanze nocive durante la combustione incontrollata di materiali di varia natura, come ad esempio plastiche, scarti contenenti composti clorurati, sostanze organiche. Generalmente, queste combustioni vengono attivate per smaltire accumuli di rifiuti e in alcuni casi per liberare i metalli contenuti negli stessi.



Figura 1: [https://www.ilmessaggero.it/roma/news/roghi\\_tossici\\_zona\\_trieste\\_caffarella\\_roma\\_ultime\\_notizie\\_news-5345961.html](https://www.ilmessaggero.it/roma/news/roghi_tossici_zona_trieste_caffarella_roma_ultime_notizie_news-5345961.html)

In generale, questi roghi hanno una dimensione ridotta rispetto ad altre tipologie di eventi (ad esempio: incendi di aree boschive, capannoni industriali, serbatoi di idrocarburi, discariche), inoltre dal punto di vista temporale è solitamente impossibile prevederne con precisione il momento in cui avvengono e la loro durata, di conseguenza, il rilascio di sostanze inquinanti in aria ambiente è noto dal punto di vista qualitativo, ma difficile da monitorare quantitativamente. Nel mese di luglio 2021,

l'ARPA Lazio e l'ISS, hanno avviato una campagna di misura nei dintorni del Parco della Caffarella. La campagna era finalizzata ad un monitoraggio ambientale di specifiche sostanze chimiche tossiche che generalmente vengono rilasciate durante i roghi tossici.

## 2 PROCESSI DI COMBUSTIONE

I processi di combustione generano una molteplicità di sostanze organiche dovute alla arsione incompleta, alle particolari condizioni di temperatura, umidità e alle tipologie di composti presenti nel comburente. La combustione favorisce la formazione di materiale organico volatile e semivolatile, nonché metalli che a seconda delle condizioni atmosferiche possono disperdersi nell'atmosfera e successivamente ricadere nelle zone più o meno limitrofe all'evento combustivo.

Per alcuni di questi composti la tossicità è riconosciuta dalla comunità scientifica e considerata dalla normativa vigente sulla qualità dell'aria ambiente (D.lgs. n.155/2010).

Diversi studi dimostrano che la concentrazione dei composti chimici liberati in atmosfera rappresentano un pericolo sia dal punto di vista ambientale che sanitario.

I composti organici generati in carenza di ossigeno possono essere aeriformi; la loro composizione chimica evidenzia un numero limitato di atomi di carbonio (più è basso più sono volatili, detti VOC)

e con catena:

1. Lineare

2. Aromatica

2.1. Monociclica

2.1.1. non sostituita (Benzene)

2.1.1. sostituita (toluene, xileni, nitrobenzeni)

2.2. Policiclica

2.2.1. non sostituita (IPA)

2.2.2. sostituita (es. Nitro-IPA)

Quando sono presenti materiali plastici (PVC), associati a metalli che fungono da catalizzatore (in primis il rame) e in particolari condizioni di temperatura, si generano le diossine. Con il termine generico di “diossine” si indica un gruppo di 210 composti chimici aromatici policlorurati, divisi in due famiglie: diossine PCDD e furani PCDF di cui la 2,3,7,8 – tetracloro di benzo -p-diossina (TCDD) è quella più conosciuta poichè più pericolosa (è usata come valore di riferimento per il calcolo della Tossicità Equivalente delle altre diossine) (Bertazzi, et al., 2001; Lohmann & Jones, 1998).

Le diossine sono composti poco solubili in acqua ma molto solubili nei tessuti adiposi e per questo motivo si accumulano negli individui e possono provocare alterazioni al corso normale del metabolismo animale. Proprio per la loro tendenza ad accumularsi nei tessuti viventi, anche un'esposizione prolungata a livelli minimi può causare danni (Steenland & Deddens, 2003). Inoltre, salendo nella catena trofica, la concentrazione di tali sostanze può aumentare (biomagnificazione), giungendo a esporre a rischio maggiore il vertice di detta catena (Czuczwa & Hites, 1984). Altri composti che destano preoccupazione durante un incendio sono i policlorobifenili (PCB) con una serie di 209 composti aromatici costituiti da molecole di bifenile variamente clorate. Questi composti sono molto stabili, resistenti ad acidi, alcali e alla fotodegradazione, non sono ossidabili, non attaccano i metalli, sono poco solubili in acqua, ma lo sono nei grassi e solventi organici; evaporano a temperature superiori a 300°C e si decompongono solo oltre 800-1000°C. I PCB venivano prodotti industrialmente fino al 1995. A differenza delle diossine, quindi, i PCB sono sostanze chimiche largamente prodotte in passato tramite processi industriali per le loro proprietà chimico-fisiche.

Solo 12 dei 209 congeneri di PCB presentano caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche paragonabili alle diossine e ai furani: questi vengono definiti PCB diossina simili (PCB-DL). Altri undici PCB non diossina simili, interessanti a livello sanitario e ambientale, completano il quadro dei PCB ricercati prevalentemente nelle matrici ambientali.

I PBDE (Poli bromo difenil eteri) sono stati utilizzati in una vasta gamma di prodotti, compresi i materiali da costruzione, elettronica, mobili, veicoli a motore, aeroplani, materie plastiche, schiume poliuretatiche e prodotti tessili. Essi sono strutturalmente simili ai PCB e altri composti poli-alogenati, costituiti da due anelli aromatici alogenati. Generalmente, visto che tali composti sono ubiquitari e possono essere liberati in atmosfera solo se i materiali vengono bruciati, si possono considerare come traccianti della combustione di materiale contenente tali sostanze (Sidhu, et al., 2005).

I composti descritti sono denominati microinquinanti, perché sono generalmente presenti nell'ambiente (aria, acqua, terreni, rifiuti e alimenti) in concentrazioni molto basse, pur tuttavia in grado di alterare l'equilibrio dell'ecosistema e di produrre effetti tossici; peraltro, hanno la caratteristica di essere molto stabili e, quindi, persistenti nell'ecosistema (POPs) (Comunità Europea, 2006).

### 3 LIMITI DI LEGGE

Il quadro normativo di riferimento relativo alla matrice aria è costituito dal Decreto legislativo 13 agosto 2010 n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" e, a livello regionale, dal Piano di risanamento della qualità dell'aria del Lazio, approvato con Delibera del Consiglio Regionale n.66 del 10 dicembre 2009 (il piano è in fase di aggiornamento e con la D.G.R. n.27 del 2 febbraio 2022 è stato trasmesso in Consiglio regionale per l'ultima fase dell'iter di approvazione).

Il Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155<sup>1</sup> per le sostanze generalmente emesse da un incendio norma la concentrazione del PM10 (media giornaliera - 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) la concentrazione del benzo[a]pirene a livello di media annua (1  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) oltre ad alcuni metalli presenti nel particolato atmosferico, anch'essi come media annua. In generale, i metalli pesanti sono presenti in atmosfera sotto forma di particolato aerotrasportato; le dimensioni delle particelle a cui sono associati e la

loro composizione chimica dipende fortemente dalla tipologia della sorgente di emissione; per questo motivo vengono generalmente misurati nelle polveri sospese. Infatti, il valore obiettivo è riferito al tenore dell'inquinante presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato. I valori obiettivo sono: As 6 ng/m<sup>3</sup>, Cd 5 ng/m<sup>3</sup>, Ni 20 ng/m<sup>3</sup>, Pb 0.5 µg/m<sup>3</sup>). Per quanto riguarda i VOC il solo limite di legge applicabile è quello previsto dal D.Lgs. 155/2010<sup>1</sup> per il benzene (media annua 5 ng/m<sup>3</sup>).

Sia le aldeidi che gli altri composti organici volatili non sono normati ma possono dare utili informazioni sui risultati ottenuti.

Per quanto riguarda le diossine le concentrazioni di tossicità equivalente in ambiente urbano di PCDD e PCDF sono stimate a circa 100 fg/m<sup>3</sup> (dati OMS) anche se con elevata variabilità di zona. Concentrazioni in aria di 300 fg/m<sup>3</sup> o superiori sono indicative della presenza di fonti di emissione locale che devono essere identificate e controllate (APAT, 2006; Viviano et al. 43/2006; Viviano et al. 2006). La concentrazione nell'aria, pur costituendo un contributo minore, è molto importante per la contaminazione della catena alimentare. Oggigiorno si può stimare un'assunzione media

---

Nota <sup>1</sup>

**Valori Limite per la protezione della salute umana (D. Lgs. 155/2010)**

Per comodità e completezza, qui di seguito sono riportati i valori limiti per la protezione della salute umana imposti dal D. Lgs. 155/2010 (e naturalmente anche dalla Direttiva 2008/50/CE). Da ricordare che tali valori limite sono riferiti sempre ad un arco temporale pari ad 1 anno civile.

**PM<sub>10</sub>:** Valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup> per le concentrazioni medie giornaliere da non superare per più di 35 volte nell'anno civile; Valore limite 40 µg/m<sup>3</sup> per la concentrazione media annuale.

**PM<sub>2.5</sub>:** Valore limite 25 µg/m<sup>3</sup> per la concentrazione media annuale da raggiungere entro il 2015. A partire dal 2009 è applicato un margine di tolleranza decrescente secondo un percentuale annua costante e tale da annullarsi il 2015. Nell'anno 2014 il valore limite incrementato del margine di tolleranza è pari a 26 µg/m<sup>3</sup>.

**NO<sub>2</sub>:** Valore limite di 200 µg/m<sup>3</sup> per le concentrazioni medie orarie da non superare più di 18 volte nell'anno civile; valore limite 40 µg/m<sup>3</sup> per la concentrazione media annuale.

**O<sub>3</sub>:** Valore limite di 180 µg/m<sup>3</sup> e 240 µg/m<sup>3</sup> per la concentrazione media oraria che rappresentano rispettivamente soglia di informazione e di allarme; Valore limite di 120 µg/m<sup>3</sup> come massimo giornaliero della media mobile su 8 ore da non superare più di 25 volte nell'anno civile.

**SO<sub>2</sub>:** Valore limite 350 µg/m<sup>3</sup> delle concentrazioni medie orarie; Valore limite 125 µg/m<sup>3</sup> per la concentrazione media giornaliera da non superare più di 3 volte nell'anno civile.

**CO:** Valore limite di 10 mg/m<sup>3</sup> come massimo giornaliero della concentrazione media mobile su 8 ore.

**Benzene:** Valore limite di 5 µg/m<sup>3</sup> per la concentrazione media annuale.

(U.S.A.) di circa 1 pg/Kg peso corporeo per un contenuto medio di circa 0.2 µg. Si consideri che il tempo medio di permanenza di diossine e furani nel corpo umano è di sette anni.

Si segnalano due utili riferimenti:

- 1) Un documento APAT su Diossine e Furani e PCB [2006], che descrive le normative e le linee guida in campo ambientale per i suddetti composti (APAT, 2006);
- 2) Il rapporto Istisan 06/43, che contiene valori riferiti al Lazio in aria; nello specifico, per l'area urbana di Roma viene riportato un intervallo di 11-38 fg I-TEQ/m<sup>3</sup>, mentre il sito remoto presso il Parco dei Monti Simbruini ha 2-6 fg I-TEQ/m<sup>3</sup> di diossine equivalenti (Viviano et al. , 43/2006; Menichini et al. 2007; Turrio-Baldassarri, et al., 2001).

Nella Tabella 1 sono riportati alcuni esempi di campionamenti in Europa di diossine e furani nel materiale particolato sospeso e nella deposizione atmosferica. Il German Expert Group (LAI) ha individuato alcuni valori guida per le deposizioni atmosferiche di PCDD/F e PCB<sub>DL</sub> in 4 pg TEQ/m<sup>2</sup>d (TEF per il calcolo del TEQ da indicazioni del WHO) siti urbani e un valore specifico per gli impianti industriali di 9 pg TEQ/m<sup>2</sup>d.

Tabella 1: Concentrazione media di PCDD/F rilevata in alcuni Paesi della UE in materiale particolato sospeso e nella deposizione atmosferica total (TEF per il calcolo del TEQ da indicazioni del NATO/CCMS) .

Paese	Materiale particolato sospeso (fg TEQ/m <sup>3</sup> )		Deposizione atmosferica totale (pg TEQ/m <sup>2</sup> d)	
	Siti urbani	Siti rurali	Siti urbani	Siti rurali
Austria	-	-	-	-
Belgio	68-129	70-125	0.9-12	0.7-3.1
Germania	-	-	0.5-464	7-17
Italia	47-277	-	-	-
Lussemburgo	54-77	30-64	-	-
Olanda	-	9-63	-	-
Svizzera	0.2-54	-	-	-
Regno Unito	17-103	6-12	0.4-312	Nv-517
Danimarca			300-31600	300-1700
Francia			100-147	20-50

#### 4 MISURE METEOROLOGICHE

Vengono riportate di seguito le misure meteorologiche effettuate nel periodo di campionamento presso la centralina di ARPA Lazio disposta sul tetto della sede dell’Agenzia di via Boncompagni 101, Roma a una distanza di circa 5 km dal sito di campionamento.

In Figura 2 è riportata la direzione del vento e velocità del vento media del periodo dal 9 al 16 luglio 2021 (in alto a sx), dal 16 al 23 luglio 2021 (in alto a dx), dal 23 al 30 luglio 2021 (in basso a sx) e dal 30 luglio al 6 agosto 2021.

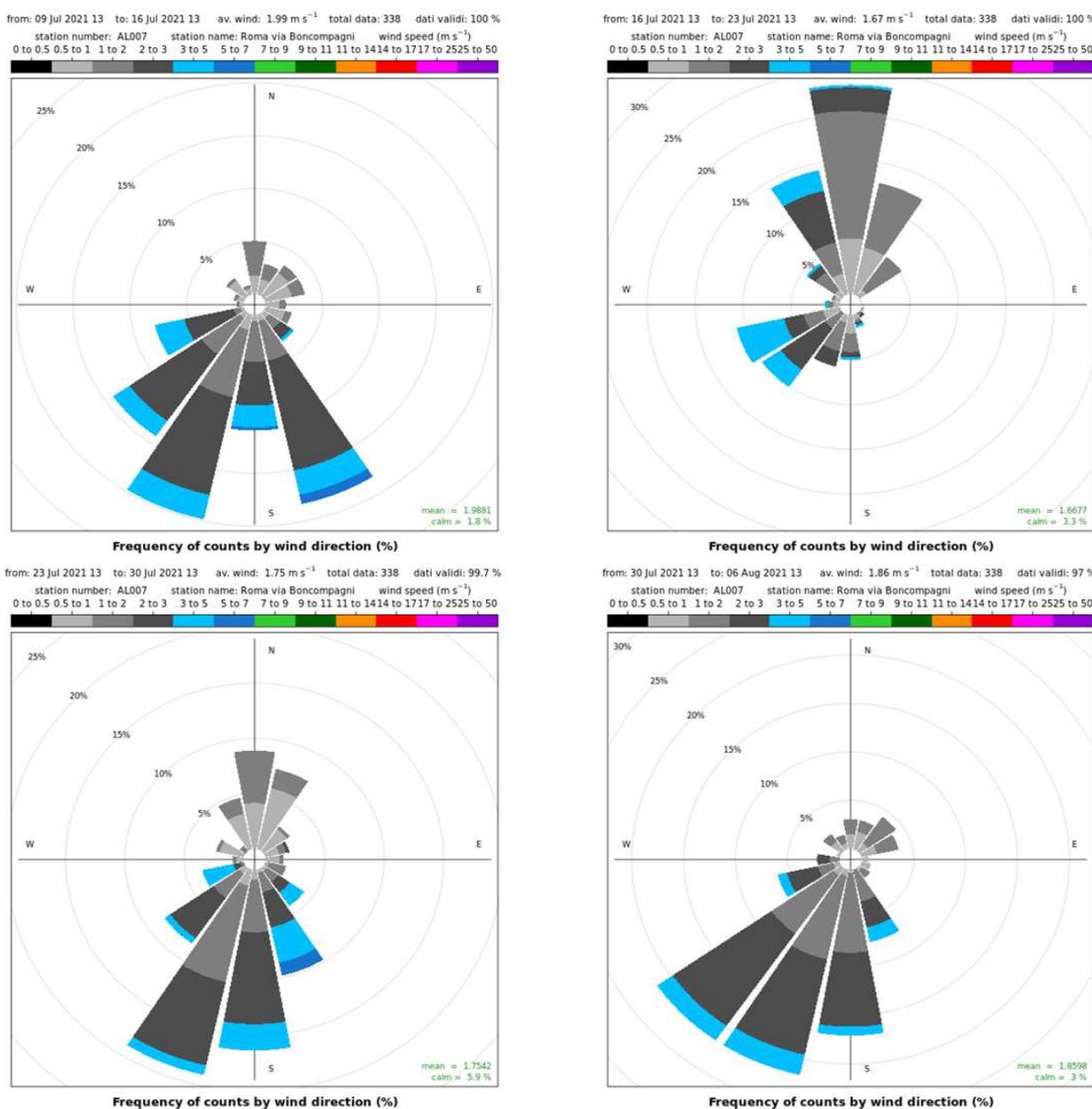


Figura 2: Direzione del vento e velocità a Via Boncompagni Roma

Nella figura sottostante (Figura 3) si riporta: l'andamento giornaliero del vento medio, della precipitazione cumulata e della radiazione globale per il periodo 08 luglio al 06 agosto 2021 registrato a via Boncompagni 101.

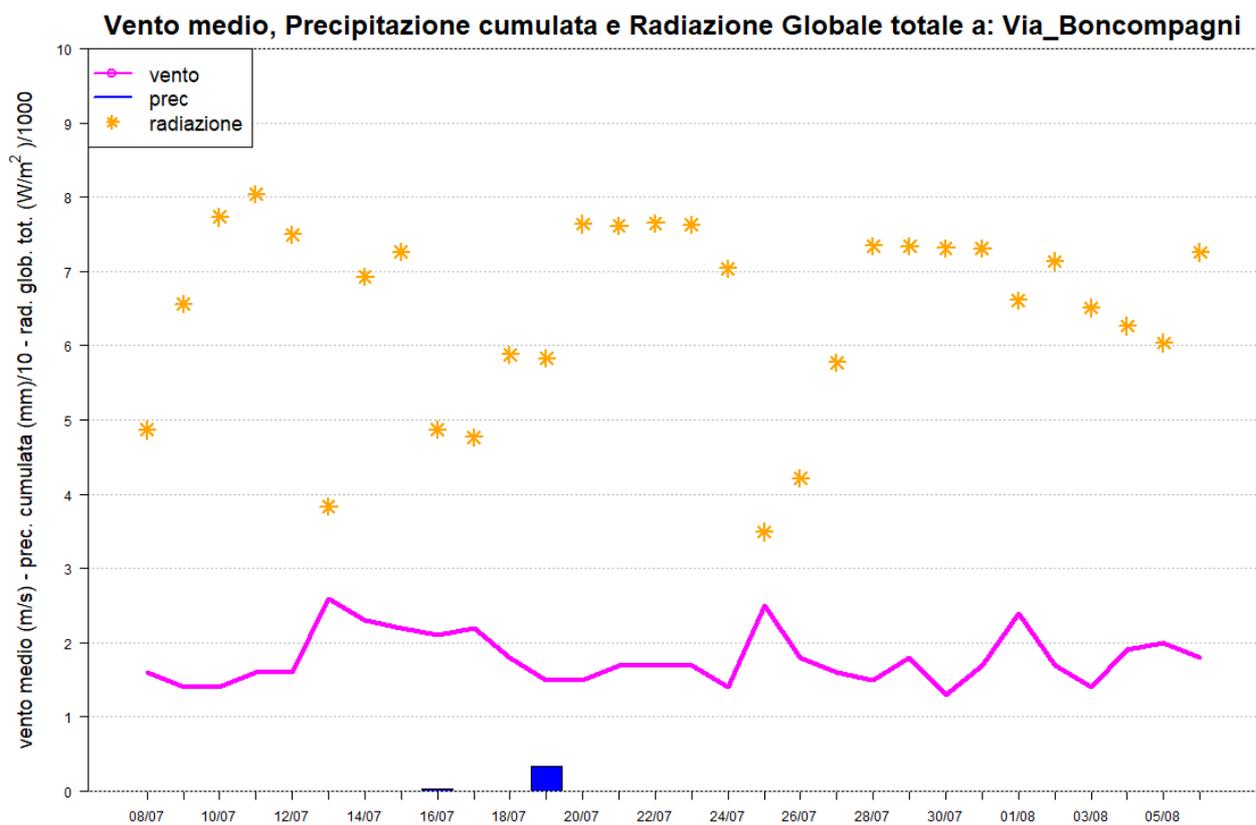


Figura 3: Andamento giornaliero del vento medio, della precipitazione cumulata e della radiazione globale.

Nella Figura 4 sono riportati i box plot e whiskers per la temperatura (in °C), l'umidità relativa (in %) e la pressione atmosferica (mbar – 1000).

## Temperatura, Umidita' Rel. e Press. a:Via\_Boncompagni

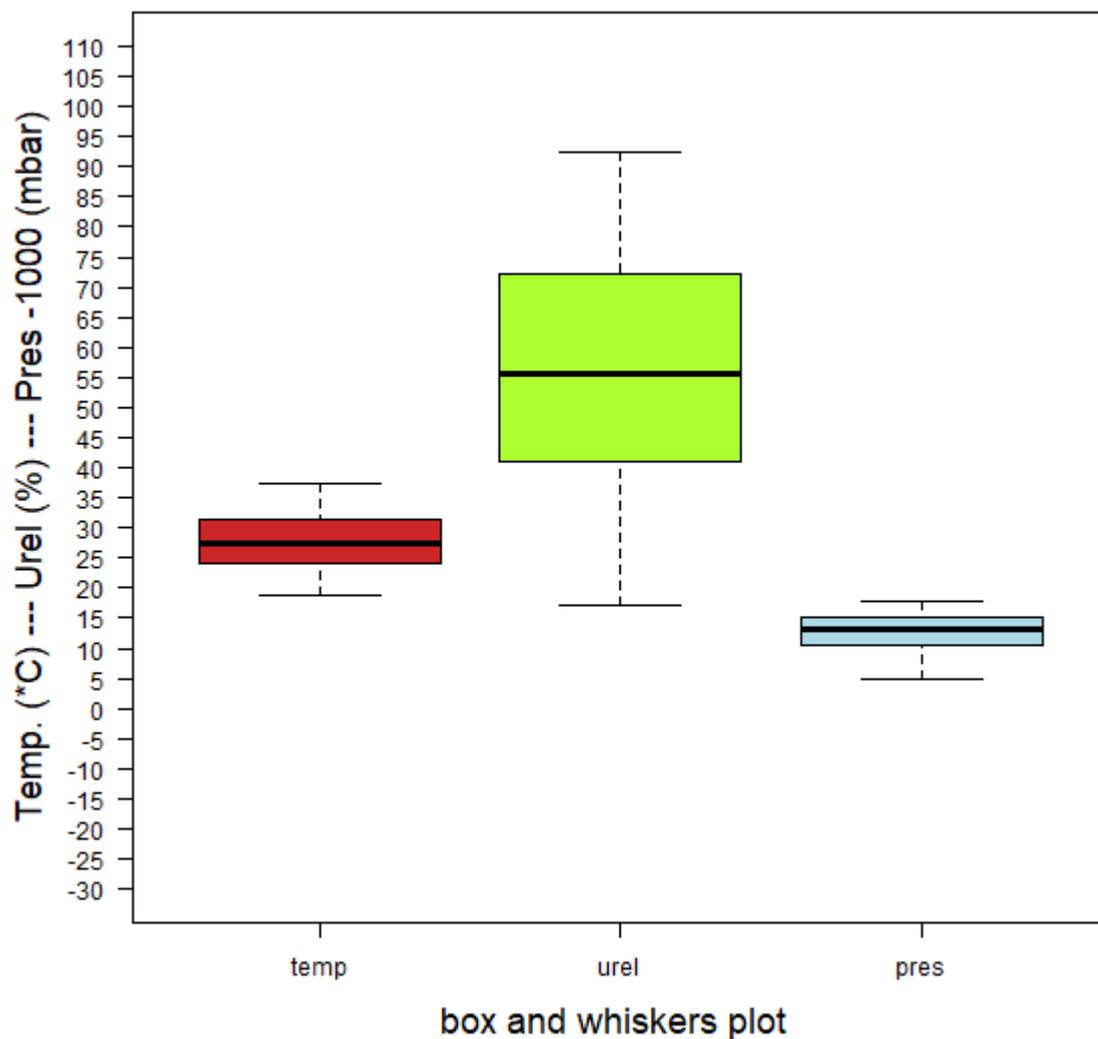


Figura 4: Box plot e whiskers per la temperatura (in °C), l'umidità relativa (in %) e la pressione atmosferica (mbar – 1000).

### 5 MONITORAGGIO

Il monitoraggio è stato svolto attraverso l'utilizzo combinato di diverse tecnologie di campionamento:

- **campionatori passivi ("Radiello")** per i composti organici volatili e le aldeidi (Figura 5);
- **deposimetri** per la determinazione delle deposizioni totali (seche più umide) di microinquinanti (Figura 5);
- **campionatori PM10** con successiva analisi di microinquinanti sui filtri (Figura 5).

I campionatori “Radiello” per VOC e per aldeidi sono costituiti da una cartuccia con un tubo in rete di acciaio inossidabile (5 mm) con maglia di  $3 \times 8 \mu\text{m}$ , riempito con materiale in grado di “catturare” le sostanze inquinanti.

Il deposimetro è costituito da un contenitore cilindrico in vetro pyrex ed è utilizzato per la determinazione delle deposizioni totali (seche + umide) del particolato sul suolo. I risultati rappresentano la quantità di inquinante depositata su 1 mq al giorno.

Il campionamento del materiale particolato è stato effettuato per mezzo di campionatori portatili equipaggiati con testa di prelievo per polveri  $\text{PM}_{10}$ . Nello strumento possono essere inseriti in maniera sequenziale filtri per la captazione, tramite aspirazione forzata dell’aria ambiente, del particolato sospeso. Lo strumento utilizzato è conforme alla norma UNI EN 12341: 2014.



### Campionatore Passivo



### Deposimetro



Figura 5: Immagini della strumentazione utilizzata per il campionamento.

Nella Figura 6 è rappresentata l'area oggetto di indagine e la localizzazione dei punti di misura:

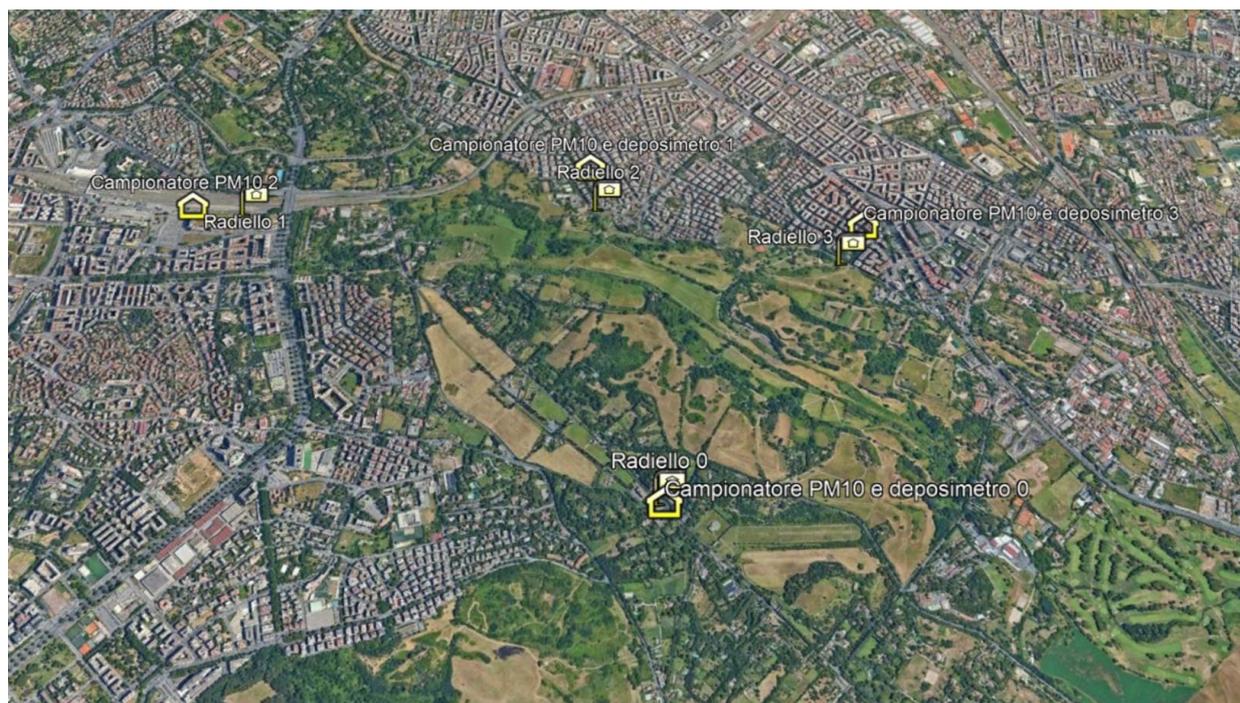


Figura 6: Mappa del parco della Caffarella e dei punti in cui sono stati effettuati i campionamenti.

**Punto 0, Bianco:** Campionatore PM10, deposimetro e Campionatori passivi radiali (Presso Parrocchia S. Sebastiano fuori le mura Via Appia Antica 136)

**Punto1:** Campionatore PM10, e Campionatori passivi radiali (Presso via Bartolomeo Diaz/Martin Alonzo Pinzon)

**Punto2:** Campionatore PM10, deposimetro e Campionatori passivi radiali (Presso via Macedonia/Via della Caffarelletta)

**Punto3:** Campionatore PM10, deposimetro e Campionatori passivi radiali (Presso via Ettore Ciccotti/Via Franco Bartoloni)

Durante il monitoraggio si sono avute delle criticità che non hanno reso possibile la sua completa attuazione:

- il campionatore PM10 nel punto 1, nonostante sia rimasto in funzione nel periodo di campionamento, tra il 16 luglio e il 6 agosto 2021 non ha mai campionato, a causa di un problema tecnico e dell'impossibilità di accesso del personale per i controlli della strumentazione.
- il campionatore PM10 nel punto 2 è stato spento dai residenti dello stabile in quanto troppo rumoroso.
- il campionatore PM10 nel punto 3 le settimane di campionamento si sono ridotte a tre (dal 8-30 luglio 2021) a causa della richiesta di rimozione da parte dei proprietari del terrazzo che "ospitava" lo strumento.

## 6 RISULTATI

### a) COV -ALDEIDI

Per la misura di COV ed Aldeidi sono stati posizionati campionatori tipo passivo modello radiello® nei 4 siti di misura. I campionamenti sono stati effettuati per 4 settimane, sostituendo le coppie di fiale settimanalmente. Questi campionatori passivi consentono di misurare i livelli di concentrazione sia delle aldeidi (fiala 1) che altre sostanze organiche volatili (fiala 2). Per le metodiche di analisi si applicano in linea di principio le norme:

- UNI EN ISO 16017: “Campionamento ed analisi di composti organici volatili, mediante tubo di adsorbimento/desorbimento termico/cromatografia gassosa capillare. Parte 2. Campionamento per diffusione.
- UNI EN 14662: per il benzene “Metodo normalizzato per la misurazione delle concentrazioni di benzene” Parte 5. Campionamento diffusivo seguito da desorbimento con solvente e gascromatografia.

Al fine di poter avere elementi di riferimento e confronto, si riportano di seguito alcune informazioni relativamente ai COV che sono stati ritrovati durante il monitoraggio.

Esaminando i diversi inquinanti, considerando sia i limiti legislativi, presenti solo per il benzene, le indicazioni della OMS contenute nelle Air Quality Guidelines, si può osservare quanto segue:

**Benzene:** tra i COV rilevati è l'unico che presenta attualmente un limite di legge: valore limite annuale è di 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -D.Lgs 155/2010. In Italia il valore è rispettato in tutte le aree urbane e attualmente le concentrazioni sono quasi ovunque inferiori a 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Valori più elevati, ma sempre

all'interno del limite previsto dalla legislazione, si registrano in vicinanza di alcune specifiche sorgenti di emissione industriale o nelle aree urbane con maggior traffico.

**Toluene:** le indicazioni contenute nelle Air Quality Guidelines dell'OMS riportano, relativamente ai livelli ambientali osservati, concentrazioni medie più elevate in ambienti urbani dove il range varia tra 5 e 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre in aree rurali i valori sono generalmente inferiori a 5,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Come linea guida per la tutela della salute l'OMS indica un valore 260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come valore medio settimanale, mentre come valore di concentrazione di soglia olfattiva indica un valore di 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media su 30 minuti.

**Formaldeide:** La formaldeide è l'aldeide più comune nell'ambiente. Il fondo naturale naturale è  $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con una media di circa 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Negli ambienti urbani, le concentrazioni nell'aria esterna sono più variabili e dipendono dalle condizioni locali; le medie annuali sono di solito tra 1 e 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Picchi di concentrazione a breve termine, si misurano in aree con traffico pesante o durante condizioni meteorologiche particolari (inversioni termiche), e si possono misurare valori fino a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Come valore guida l'OMS indica, per la tutela da effetti sensoriali irritativi per la popolazione generale, una concentrazione di 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come valore medio calcolato su 30 minuti. La formaldeide generalmente presenta valori più elevati nel periodo estivo.

**Acetaldeide:** campionamenti long-term (da 1 mese ad 1 anno) condotti in aree rurali, urbane ed industriali in 14 siti in Canada hanno evidenziato concentrazioni variabili tra 0,39 e 3,35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con concentrazione media di 1,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nelle aree urbane le concentrazioni di 24 h hanno mostrato valori maggiori di 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con un massimo di 16,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In 11 campioni raccolti in aree residenziali-industriali, sempre canadesi, i valori medi sono di 2,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con livelli che variano tra 1,4 a 2,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentrazione media riscontrata in aree rurali è uguale o inferiore a 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In Italia uno studio condotto in Piemonte in 9 siti in aree rurali, alpine, urbane ed industriali ha

evidenziato concentrazioni variabili tra  $<0,02$  e  $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con concentrazioni medie tra  $0,59$  e  $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Una sorgente significativa di acetaldeide è la combustione della biomassa.

**Acetone:** concentrazioni tipiche in aree urbane degli USA misurano valori di circa  $16,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In aree rurali canadesi sono stati misurati livelli di  $4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In aree urbane sono stati misurati valori di concentrazione orari tra  $2,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , attribuibili per la maggior parte alle emissioni veicolari.

**Acroleina:** la rassegna della OMS evidenzia per campionamenti di 24h condotte in aree urbane canadesi valori minori di  $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In sette aree urbane sono stati rilevati valori variabili tra  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $2.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , concentrazioni fino a  $1.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in aree suburbane e concentrazioni massime di  $0.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in aree rurali. Il valore più elevato di acroleina misurato su campionamenti settimanali condotti per un periodo di tre mesi è stato di  $1.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il periodo estivo (giugno-agosto) risulta essere quello associato alla misura dei valori più alti di concentrazione. L'acroleina viene prodotta durante la combustione dei combustibili e da materia organica. I veicoli a motore sono una sorgente di emissione.

**Propionaldeide:** non esistono molti dati sulle concentrazioni ambientali di questa sostanza. Una concentrazione media di  $9.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come concentrazione media, che include tutti i diversi contesti territoriali, è stato misurato negli anni '80 dalla U.S. E.P.A. Negli anni 2000, in Messico in ambiente outdoor sono stati rilevati livelli variabili tra  $0.2$  e  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A Los Angeles sono stati misurati valori inferiori a  $14 \text{ ppb}$  ( $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) durante episodi di smog fotochimico.

**Benzaldeide:** generalmente le concentrazioni in aria ambiente di benzaldeide non sono rilevabili, se non in aree dove attività produttive possono esserne la sorgente di emissione. In aree suburbane negli USA sono state rilevate concentrazioni medie di  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  variabili tra  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Butiraldeide:** sono state identificate soglie olfattive con le seguenti concentrazioni 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 3,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 13,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Concentrazioni ambientali misurate su 24 h variano tra 0,03 e 0,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Texas). Anche questa sostanza viene rilevata solo in prossimità di sorgenti industriali. A Los Angeles, durante episodi di smog fotochimico, si è arrivati a misurare 20,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con un valore medio di 4,39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Uno studio condotto in aree rurali, alpine, urbane ed industriali in 9 siti in Piemonte ha evidenziato concentrazioni variabili tra 0,22 e 3,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con concentrazioni medie tra 1,1 e 1,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Valeraldeide:** può essere rilasciata come emissione fuggitiva durante la produzione ed il suo uso, dalla vegetazione, prodotti alimentari, combustione di legna e da motori. La valeraldeide è stata rilevata in aria nella vicinanza di siti di smaltimento dei rifiuti, nell'aria di aree urbane e suburbana, oltre che in aria interna. I valori ambientali in aria variano dal non rilevabile fino a 38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Esaldeide/Esanale:** Viene utilizzato ampiamente come additivo alimentare. La concentrazione media di esaldeide nell'aria ambiente e in aria indoor, in misure effettuate nell'Italia settentrionale, ha evidenziato concentrazioni tra < 2,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Le analisi condotte hanno anche ricercato: 2-Metilpentano, Diclorometano, Metilciclopentano, Cloroformio, 2-Metilesano, Cicloesano, Eptano, Tricloroetilene, Metilcicloesano, Tetracloroetilene, Etilbenzene, m,pXilene, Stirene, oXilene, 1,3,5Trimetilbenzene, 1,4Diclorobenzene e per le aldeidi Isovaleraldeide, valraldeide, o Tolualdeide, m-Tolualdeide, p-Tolualdeide, 2,5 DMBA.

Queste sostanze sono sempre risultate al di sotto del limite di quantificazione analitico.

Tabella 2: Valori dei VOC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ): tutte le 4 settimane i valori sono sempre sotto il limite di rilevabilità

<b>Analita</b>	<b>Valori</b>
2MePentano	< 2
Diclorometano	< 2
Meciclopentano	< 2
Cloroformio	< 2
2Me Esano	< 2
Cicloesano	< 2
Benzene	<0,1
Eptano	< 2
Tricloroetilene	< 2
MeCicloesano	< 2
Toluene	<1
Tetracloroetilene	< 1
Etilbenzene	< 1
m,pXilene	< 1
Stirene	< 1
oXilene	< 1
1,3,5 Trimetilbenzene	< 1,5
1,4 Diclorobenzene	< 1,5

Tabella 3: Risultati dei aldeidi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) per ogni settimana di misura.

SETTIMANA 1									
9-16 luglio 2021	Formaldeide	Acetaldeide	Acetone	Propionaldeide	Crotonaldeide	Butiraldeide	Benzaldeide	Valeraldeide	Esaldeide
Punto Zero (S.Sebastiano)	14,30	6,86	6,83	2,37	<LOQ	5,31	0,45	1,85	2,49
Punto Uno (Diaz/Pinzon)	14,17	5,68	7,32	2,32	3,35	6,70	0,52	1,16	2,73
Punto Due (Macedonia/Caffarelletta)	15,94	5,80	6,58	2,34	<LOQ	6,35	<LOQ	1,92	3,31
Punto Tre (Bartoloni/Ciccotti/Momsen)	15,31	5,32	6,30	2,27	<LOQ	5,87	0,50	1,57	2,83
<b>media</b>	<b>14,93</b>	<b>5,91</b>	<b>6,76</b>	<b>2,33</b>	<b>3,35</b>	<b>6,06</b>	<b>0,37</b>	<b>1,63</b>	<b>2,84</b>
SETTIMANA 2									
16-23 luglio 2021	Formaldeide	Acetaldeide	Acetone	Propionaldeide	Crotonaldeide	Butiraldeide	benzaldeide	Valeraldeide	Esaldeide
Punto Zero (S.Sebastiano)	11,93	5,82	8,37	2,07	<LOQ	5,59	<LOQ	1,07	2,46
Punto Uno (Diaz/Pinzon)	12,46	5,92	9,05	1,99	<LOQ	5,19	<LOQ	1,09	2,06
Punto Due (Macedonia/Caffarelletta)	12,63	5,52	7,76	2,11	<LOQ	5,78	<LOQ	1,59	2,78
Punto Tre (Bartoloni/Ciccotti/Momsen)	11,17	5,38	8,20	1,83	<LOQ	4,85	<LOQ	0,93	2,74
<b>media</b>	<b>12,05</b>	<b>5,66</b>	<b>8,34</b>	<b>2,00</b>		<b>5,35</b>		<b>1,17</b>	<b>2,51</b>
SETTIMANA 3									
23-30 luglio 2021	Formaldeide	Acetaldeide	Acetone	Propionaldeide	Crotonaldeide	Butiraldeide	Benzaldeide	Valeraldeide	Esaldeide
Punto Zero (S.Sebastiano)	13,63	8,45	11,98	2,53	<LOQ	4,98	0,62	1,44	3,69
Punto Uno (Diaz/Pinzon)	14,21	7,56	10,84	2,17	<LOQ	5,84	0,40	1,31	3,41
Punto Due (Macedonia/Caffarelletta)	15,43	8,26	11,84	2,53	<LOQ	4,88	<LOQ	1,39	4,29
Punto Tre (Bartoloni/Ciccotti/Momsen)	13,19	7,09	10,08	2,26	<LOQ	5,12	<LOQ	1,22	3,52
<b>media</b>	<b>14,12</b>	<b>7,84</b>	<b>11,19</b>	<b>2,37</b>		<b>5,21</b>	<b>0,51</b>	<b>1,34</b>	<b>3,73</b>
SETTIMANA 4									
30 lug-6 ago 2021	Formaldeide	Acetaldeide	Acetone	Propionaldeide	Crotonaldeide	Butiraldeide	Benzaldeide	Valeraldeide	Esaldeide
Punto Zero (S.Sebastiano)	12,18	6,32	7,81	2,01	<LOQ	5,42	<LOQ	1,42	4,61
Punto Uno (Diaz/Pinzon)	14,30	6,15	7,36	1,91	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2,22
Punto Due (Macedonia/Caffarelletta)	12,34	5,48	6,71	1,60	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Punto Tre (Bartoloni/Ciccotti/Momsen)	12,72	5,45	6,83	1,81	<LOQ	6,30	<LOQ	1,62	4,54
<b>media</b>	<b>12,89</b>	<b>5,85</b>	<b>7,18</b>	<b>1,83</b>		<b>5,86</b>		<b>1,52</b>	<b>3,79</b>

## Metodologia analitica

Al campionatore passivo specifico per COV (radiello), costituito da una cartuccia in rete cilindrica d'acciaio inossidabile rivestita di carbone attivo, vengono aggiunti 2 ml di disolfuro di carbonio (CS<sub>2</sub>). Il desorbimento della cartuccia di carbone viene effettuato tramite bagno a ultrasuoni, per la durata di 30 minuti. L'analisi degli estratti dei COV viene effettuata tramite GC/MS.

Metodo strumentale per COV GC/MS (SCAN)

-Gas-cromatografo Agilent Technologies mod.6890N interfacciato ad uno spettrometro di massa 5973N.

-Colonna DB5-MS (lunghezza colonna 60 mt., diametro interno 0.25 mm. , 1µm spessore film).

-Temperatura Iniettore: 280°C.

-Gas di trasporto elio (1.6ml/min.)

- Temperatura del forno: isoterma iniziale a 35°C x 4'; gradiente di temperatura di 4°C/min. fino a 120°C (isoterma 2'); gradiente di temperatura di 10°C/min. fino a 200°C (isoterma per 5').

## Metodologia analitica per Aldeidi

La determinazione delle Aldeidi è stata effettuata mediante uso di un Radiello® specifico per la Formaldeide ma in grado di rivelare anche la presenza di Acetone e altre aldeidi, in particolare: Acetaldeide, Acroleina, Propionaldeide, Crotonaldeide, Butiraldeide, Benzaldeide, Isovaleraldeide, Valeraldeide, o-Tolualdeide, m-tolualdeide, p-tolualdeide, Esaldeide, 2,5-dimetilbenzaldeide.

Il Radiello utilizzato è costituito da una cartuccia chemiadsorbente in rete cilindrica d'acciaio inossidabile (100 mesh) con un diametro pari a 5,9 mm, riempita di florisil rivestito di 2,4-dinitrofenilidrazina (2,4-DNPH).

Il trattamento del campione ha previsto la seguente procedura. Il contenuto del Radiello è stato trattato con 2 ml Acetonitrile per 30 minuti a temperatura ambiente. L'estratto di Acetonitrile è stato filtrato su filtro di Nylon da 0,45 µm. L'estratto filtrato è stato trasferito in vials di vetro per la successiva analisi strumentale.

L'analisi quantitativa delle aldeidi presenti nell'estratto è stata effettuata mediante rette di taratura esterne, costruite diluendo opportunamente una miscela standard di riferimento certificato di aldeidi già derivatizzate con 2,4-dinitrofenilidrazina (2,4-DNPH) e trasferite in vials di vetro per l'analisi strumentale.

L'analisi è stata condotta mediante strumentazione HPLC/UV-DAD PerkinElmer modello Flexar LC 200 Micro Pump High Pressure Binary con Serie 200 Autosampler nelle seguenti condizioni:

Colonna: Restek C18 3µm, 100x 4,6 mm

Flusso: 0,8 mL/min

Fase mobile: Acqua e miscela Metanolo/ACN Detector: Lunghezza d'onda 358nm

Tutte le determinazioni strumentali sono state effettuate su un'aliquota di campione. Tutte le aldeidi sono state confermate spettrofotometricamente.

#### Limiti di quantificazione per le aldeidi

Analita	LOQ (µg/ml)	LOQ (µg/m <sup>3</sup> )
Formaldeide	0,100	0,20
Acetaldeide	0,099	0,23
Acroleina	0,099	0,60
Acetone	0,101	0,26
Propionaldeide	0,102	0,52
Butiraldeide	0,100	1,80
Benzaldeide	0,102	0,22
Crotonaldeide	0,102	1,84
Esaldeide	0,102	1,12
Valeraldeide	0,102	0,75

## b) Deposizioni

I deposimetri sono stati installati in tre siti di misura, come indicato nella Figura 6, per un periodo di 28-29 giorni, dal 8-9 luglio fino al 6 agosto 2021 rispettivamente per via Macedonia e S.Sebastiano, mentre per il sito di via Bartoloni per un periodo di 22 giorni dal 8 al 30 luglio 2021.

I risultati sono riportati nella Tabella 4.

*Tabella 4: Risultati diossine da deposimetro nel comprensorio limitrofo al Parco della Caffarella, si evidenzia che per il calcolo della tossicità equivalente, il contributo alla sommatoria in TEQ di ogni congenere con concentrazione non rilevabile sia pari alla metà del rispettivo limite di quantificazione (medium bound).*

	U.d.m.	Punto 0 (S.Sebastiano)	Punto 2 (Macedonia/Caffarelletta)	Punto 3 (Bartoloni/Ciccotti)
		dal 9 luglio al 6 agosto	dal 8 luglio al 6 agosto	dal 8 al 30 luglio
Tossicità equivalente Diossine	pg/m <sup>2</sup> /d	12	12	12
Tossicità equivalente Diossine + PCBs diossina simili	pg/m <sup>2</sup> /d	15	15	16
PCB	pg/m <sup>2</sup> /d	10173	7892	6453
Benzo(a)pirene	ng/m <sup>2</sup> /d	5.1	7	2.7

La tossicità equivalente delle Diossine è uguale sia nei siti di monitoraggio (Macedonia e Bartoloni) che nel sito di bianco (S.Sebastiano), inoltre risulta essere sostanzialmente uguale anche aggiungendo i PCB<sub>LD</sub>.

I valori analizzati hanno un valore superiore a quelli individuati come valore guida in Germania (4) e in Francia (<5.4) ma questo è dovuto all'utilizzo del principio precauzionale "medium bound" per il calcolo della tossicità equivalente. Per tutti i congeneri non rilevabili è stato considerato un contributo pari alla metà del limite di quantificazione.

Qualora si considerassero solo i microinquinanti rilevati, il valore di TEQ risultante sarebbe più basso dei valori guida (riportati nelle ultime due colonne), in quanto inferiore a 1 pg/m<sup>2</sup>/d (sia come TEQ Diossine, sia come TEQ Diossine più PCB<sub>LD</sub>) per tutti e tre i punti di campionamento.

### Analisi particolato atmosferico

Nei giorni dal 8 luglio al 6 agosto 2021, è stato fatto un campionamento di PM10 presso due siti (in realtà dovevano essere 4 ma a causa di alcune problematiche descritte sopra si sono ridotti a due).

I filtri di PM10 campionati sono stati appositamente divisi in settimane (9-16 luglio 2021 (1° settimana), 16-23 luglio 2021 (2° settimana), 23-30 luglio 2021 (3° settimana) e dal 30 luglio 2021 al 6 agosto 2021 (4° settimana) solo per il sito di bianco a S. Sebastiano.

Tabella 5: Concentrazione media di diossine, PCB e benzo(a)pirene, analizzati sui filtri di PM10 per i due siti di campionamento (punto zero S. Sebastiano, punto tre via Bartoloni) divise per settimane di campionamento.

FILTRI PM10

SITO	NRG	DATE	DIOSSINE	PCB	Benzo(a)pirene
			fg/m <sup>3</sup> (Teq)	pg/m <sup>3</sup> (Teq)	ng/m <sup>3</sup>
Punto 0	2021016293	10-17/07/2021	7	9.7	0.02
Punto 3	2021016309		8	10.4	<0.01
Punto 0	2021016297	17-24/07/2021	8	9.7	0.02
Punto 3	2021016310		109	14.9	<0.01
Punto 0	2021016301	24-31/07/2021	9	11.3	0.05
Punto 3	2021016311		150	11.3	<0.01
Punto 0	2021016304	31-06/07/2021	194	12.9	0.04
Punto 3	-		-	-	-

Per quanto riguarda i PCB e il Benzo(a)pirene i valori sono simili nei due siti di campionamento per tutte e tre le settimane, per quanto riguarda le diossine la concentrazioni riscontrate nel punto 3 nella seconda e terza settimana sono risultate più alte di quelle del punto di zero. Si sottolinea tuttavia, come già evidenziato, che le concentrazioni di tossicità equivalente in ambiente urbano di questi inquinanti sono stimati pari a circa 100 fg/m<sup>3</sup> con elevata variabilità da zona a zona. Le concentrazioni non hanno mai superato i 300 fg/m<sup>3</sup> indicativi di fonti di emissione localizzate che nel caso dovrebbero essere identificate e controllate ((WHO, 2000; APAT, 2006; Viviano et al. 43/2006; Viviano et al. 2006).

## 6 CONCLUSIONI

I dati di concentrazione media settimanale dei **Composti organici volatili (VOC)** e delle **Aldeidi** misurati durante la campagna di monitoraggio attraverso l'utilizzo di campionatori passivi, non hanno evidenziato il raggiungimento di valori tali da segnalare criticità di tipo sanitario.

I valori dei VOC risultano per tutte le 4 settimane sotto il limite di quantificazione analitico. Anche il benzene, unico inquinante normato come limite annuale dal D.Lgs 155/2010 (valore limite annuale  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) risulta sempre  $<0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Per la formaldeide si misurano concentrazioni in linea con quelle tipiche delle aree urbane.

Si sottolinea che le misure effettuate sono state rilevate su una settimana, quindi eventuali picchi orari o giornalieri non sono identificabili.

Per quanto riguarda le **analisi dei microinquinanti**, dai dati misurati nelle “**deposizioni**”, non si evidenziano differenze sostanziali tra il sito identificato come bianco e i punti scelti per il campionamento identificati in seguito alle segnalazioni dei residenti.

Le concentrazioni di microinquinanti organici (riportate nella Tabella 6) risultano simili sia nel confronto con il punto di “bianco” che con i valori monitorati a Roma dall'ARPA Lazio negli anni precedenti.

Tabella 6: Confronto dati deposimetri con campionamenti simili svolti a Roma negli anni precedenti.

	U.d.M.	Campo Rom via Salone	via Saredo	via Saredo	via Salviati	la Barbuta	Via Macedonia	S. Sebastiano	Via Bartoloni
Tossicità equivalente Diossine	pg/m <sup>2</sup> /d	2.2	8.4	7.9	4.1	3.2	12	12	12
Tossicità equivalente Diossine + PCBs diossina simili	pg/m <sup>2</sup> /d	6.6	67.6	15.4	12,0	7,6	15.1	15.1	15.7

I valori di **diossine e furani e PCB<sub>LD</sub> sul particolato atmosferico (PM10)** risultano in linea con i valori di tossicità equivalente stimati in ambiente urbano (pari a circa 100 fg/m<sup>3</sup>, con elevata variabilità da zona a zona) e con valori più bassi di 300 fg/m<sup>3</sup> indicativi di fonti di emissione localizzate che nel caso dovrebbero essere identificate e controllate.

Nella Figura 7 sono riportati i valori misurati nella campagna presso il Parco della Caffarella confrontati con i valori guida OMS (100-300 fg/m<sup>3</sup>) e i valori di background rurali in Europa, i valori di background urbano in Italia, il range nella Città di Roma.

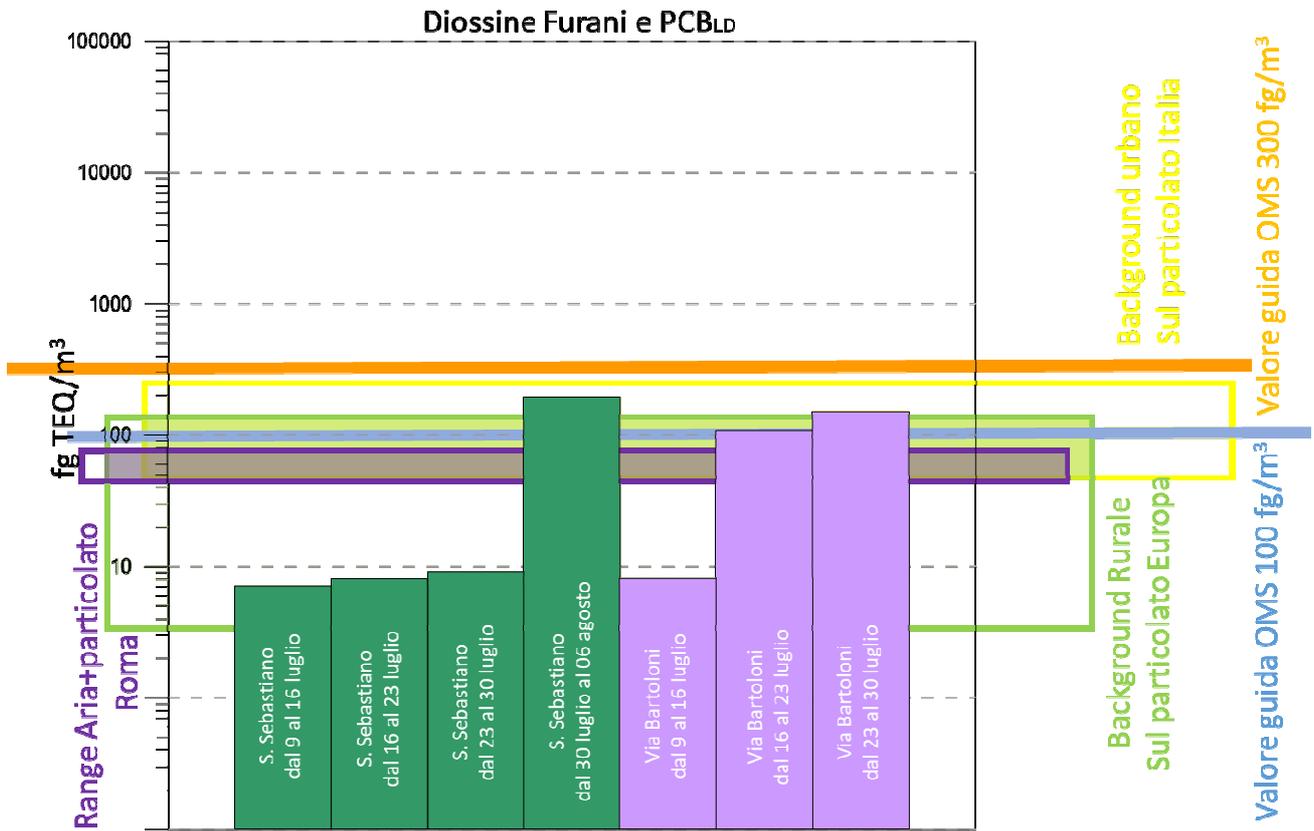


Figura 7: Valori di diossine furani e PCB<sub>LD</sub> per la campagna di misura al Parco della Caffarella confrontata con i valori guida OMS e con i valori bibliografici.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- APAT. (2006). *Diossine Furani e PCB*.
- Bertazzi, P., Consonni, D., Bachetti, S., Rubagotti, M., Baccarelli, A., Zocchetti, C., & Pescatori, A. C. (2001). Health Effects of Dioxin Exposure: A 20-Year Mortality Study. *American Journal of Epidemiology*, 153(<https://doi.org/10.1093/aje/153.11.1031>), 1031-1044.
- Comunita Europea. (2006). *2006/507/CE: Decisione del Consiglio, del 14 ottobre 2004, relativa alla conclusione, a nome della Comunità europea, della convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti*. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea.
- Czuczwa, J. M., & Hites, R. A. (1984). Environmental fate of combustion-generated polychlorinated dioxins and furans. *Environ. Sci. Technol.*, 18 (6)(DOI: 10.1021/es00124a010), 444–450.
- Lohmann, R., & Jones, K. C. (1998). Dioxins and furans in air and deposition: A review of levels, behaviour and processes. *The science of the total Environment*, 219 53-81.
- Menichini, E., Iacovella, N., Monfredini, F., & Turrio-Baldassarri, L. (2007). Atmospheric pollution by PAHs, PCDD/Fs and PCBs simultaneously collected at a regional background site in central Italy and at an urban site in Rome. *Chemosphere*(69), 422-434.
- Nimis, L., & Bargagli, R. (1999). Linee-Guida per l'utilizzo di licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli intraccia.
- Sidhu, S., Gullett, B., Striebich, R., Klosterman, J., Contreras, J., & De Vito, M. (2005). Endocrine disrupting chemical emissions from combustion sources: diesel particulate emissions and domestic waste open burn emissions. *Atmospheric Environment*, 801-811.
- Steenland, K., & Deddens, J. (2003). Dioxin: Exposure Response Analyses and Risk Assessment. *Industrial health*, 41, 175-180.
- Turrio-Baldassarri, L., Abate, V., Di Domenico, A., Iacovella, N., La Rocca, C., & Menichini, E. (2001). PCDD, PCDF, PCB and PAH in outdoor air in Rome: Comparison with a remote area. *Organohalogen Compound*(51), 18–21.
- Viviano, G., Mazzoli, P., & Settimo, G. (2006). Microinquinanti organici e inorganici. *Rapporti Istisan*, 06/43(ISSN 1123-3117).
- Viviano, G., P. Mazzoli, & G. Settimo. (06/43). Microinquinanti organici e inorganici nel comune di Mantova: studio dei livelli ambientali. Istituto Superiore di Sanità. (Organization, 2000)
- WHO. (2000). Air Quality Guidelines for Europe. OrganizationWorld Health, regional publications. European series ;No. 91.