

Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Ravenna

Anno 2019



Sezione Provinciale di Ravenna - Servizio Sistemi Ambientali

via Alberoni 17 - 48100 Ravenna - Tel 0544 – 210629- 30-31 – Fax 210650

Gli operatori di **ARPAE – Sezione di Ravenna** che hanno collaborato:

Gestione monitor e postazioni

Deborah Valbonetti
Emilio Rambelli

Analisi di laboratorio

Ivan Scaroni
Monica Pagnani
Michela Comandini
Marilena Montalti
Alberto Santolini
Davide Verna
Claudia Zigola

Elaborazione dati

Patrizia Luciali
Elisa Pollini
Deborah Valbonetti
Maria Antonia Cavuoto

Redazione relazione

Patrizia Luciali
Elisa Pollini
Deborah Valbonetti
Maria Antonia Cavuoto

Dal 2005 la Rete Regionale di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA) è certificata ISO 9001:2015 relativamente al processo di monitoraggio, acquisizione e validazione dati.



INDICE

	<i>Pag.</i>
1 - IL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA	1
1.1 Quadro normativo: limiti e valori di riferimento	1
1.2 Valori guida dell'OMS	4
1.3 Zonizzazione della Provincia di Ravenna	5
1.4 Limiti di quantificazione strumentali	6
2 – LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	7
2.1 Riconfigurazione della Rete Regionale	7
2.2 Configurazione attuale della Rete Regionale	8
2.3 Stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria di Ravenna	10
2.4 Stazioni della Rete Locale Industriale di Ravenna	12
3 - LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE NEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI RAVENNA	14
3.1 Gli indicatori meteorologici per lo studio della qualità dell'aria	14
3.2 Andamento meteorologico del 2016 nella Provincia di Ravenna	15
3.2.1 Temperatura	15
3.2.2 Precipitazioni	16
3.2.3 Intensità e direzione del vento	17
4 - VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI RAVENNA	18
4.1 Biossido di Zolfo SO ₂	18
4.2 Biossido di Azoto NO ₂ e Ossidi di Azoto NO _x	21
4.3 Monossido di Carbonio CO	28
4.4 Ozono	32

4.5 Benzene C₆H₆	39
4.6 Toluene C₇H₈ e Xileni C₈H₁₀	44
4.7 Particolato PM 10	48
4.8 Particolato PM 2,5	54
4.9 Analisi sul particolato	59
4.9.1 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	60
4.9.1.1 IPA nel PM _{2,5} e rapporto PM ₁₀ /PM _{2,5}	64
4.9.1.2 Rapporti diagnostici	66
4.9.2 Metalli	69
4.9.3 Diossine, Furani e Policlorobifenili	81
4.10 Deposizioni: Metalli, IPA, Diossine, Furani e Policlorobifenili	91
4.10.1 IPA	93
4.10.2 Metalli	94
4.10.3 PCB, Diossine, Furani	95

1 . IL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA

1.1 – Quadro normativo: limiti e valori di riferimento

La normativa di riferimento in materia di qualità dell'aria è il D.Lgs del 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".

In aprile 2017 è stato poi emanato il decreto «Procedure di garanzia di qualità per verificare il rispetto della qualità delle misure dell'aria ambiente, effettuate nelle stazioni delle reti di misura» (G.U. 26/04/2017, n. 96) che definisce le procedure di garanzia di qualità previste per verificare il rispetto della qualità delle misure dell'aria ambiente e demanda ad ISPRA l'adozione di apposite linee guida per garantire l'applicazione di procedure omogenee in tutto il territorio nazionale.

Il decreto DL.vo n.155/2010, oltre ad introdurre strumenti per contrastare più efficacemente l'inquinamento atmosferico, fornire una metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione), definisce i valori di riferimento che permettono di valutare la qualità dell'aria, su base annuale, considerando le concentrazioni dei diversi inquinanti.

In particolare, i valori limite e di riferimento per i diversi inquinanti, sono:

<i>INQUINANTE</i>	<i>PERIODO DI MEDIAZIONE</i>	<i>VALORE LIMITE</i>	
Biossido di zolfo	Orario (non più di 24 volte all'anno)	350	µg/m ³
	Giornaliero (non più di 3 volte all'anno)	125	µg/m ³
Biossido di azoto	Orario (per non più di 18 volte all'anno)	200	µg/m ³
	Annuo	40	µg/m ³
Benzene	Annuo	5	µg/m ³
Monossido di carbonio	Media max giornaliera su 8 ore	10	mg/m ³
Particolato PM 10	Giornaliero (non più di 35 volte all'anno)	50	µg/m ³
	Annuo	40	µg/m ³
Particolato PM 2.5	Annuo al 2015	25	µg/m ³
Piombo	Anno	0.5	µg/m ³

Tabella 1.1 - Valori limite (VL): Livello che *non deve essere superato*

<i>INQUINANTE</i>	<i>PERIODO DI MEDIAZIONE</i>	<i>Livelli critici per la vegetazione</i>	
Biossido di zolfo	Annuale	20	µg/m ³
	Invernale (1 ott.- 31 mar.)	20	µg/m ³
Ossidi di azoto (NOx)	Annuo	30	µg/m ³

Tabella 1.2 - Livelli critici per la vegetazione: Livello oltre il quale possono sussistere rischi o danni per ecosistemi e vegetazione, non per gli esseri umani

<i>INQUINANTE</i>	<i>PERIODO DI MEDIAZIONE</i>	<i>Soglia di Allarme</i>	
Biossido di zolfo	Per 3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 km ²	500	µg/m ³
Biossido di azoto	Per 3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 km ²	400	µg/m ³

Tabella 1.3 - Soglie di allarme per biossido di zolfo e di azoto.

Il Decreto mantiene in essere un sistema di sorveglianza dell'inquinamento da ozono su tutto il territorio nazionale, indicando *valori obiettivo*, *obiettivi a lungo termine*, *soglia di informazione* e *soglia di allarme*⁽¹⁾ da perseguire secondo una tempistica stabilita (Tabelle 1.4 e 1.5).

<i>Valori obiettivo</i>			
<i>Finalità</i>	<i>Periodo di mediazione</i>	<i>Valore obiettivo</i>	<i>Data raggiungimento</i> ⁽²⁾
Protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	120 µg/m³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2013 (dati 2010 – 2012)
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽¹⁾ Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	18000 µg/m³h come media su 5 anni	2015 (dati 2010 – 2014)
<i>Obiettivi a lungo termine</i>			
<i>Finalità</i>	<i>Periodo di mediazione</i>	<i>Obiettivo a lungo termine</i>	<i>Data raggiungimento</i> ⁽²⁾
Protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	120 µg/m³	Non definito
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽¹⁾ Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	6000 µg/m³h	Non definito

(1) AOT40 (espresso in µg/m³h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni > 80 µg/m³ e 80 µg/m³ rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale).

(2) Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo / l'obiettivo a lungo termine

Tabella 1.4 – Valori obiettivo e obiettivi a lungo termine per l'ozono.

<i>Finalità</i>	<i>Periodo di mediazione</i>	<i>Soglia</i>
Informazione	1 ora	180 µg/m³
Allarme	1 ora ⁽¹⁾	240 µg/m³

(1) Per l'applicazione dell'art.10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento per tre ore consecutive

Tabella 1.5 – Soglie di informazione e di allarme per l'ozono.

La registrazione del superamento della soglia di informazione o di allarme comporta l'obbligo, per la Regione (art.14 comma 1), di fornire al pubblico informazioni relativamente a:

¹ *Valore Obiettivo*: Livello da conseguire, *ove possibile*, entro una data prestabilita.

Obiettivo a lungo termine: Livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate

Soglia di Allarme: Livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

Soglia di Informazione: Livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana per alcuni gruppi sensibili, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

- superamenti registrati (località, tipo di soglia superata, data, ora di inizio e durata del fenomeno, concentrazione oraria più elevata e concentrazione media più elevata sulle 8 ore);
- previsioni sull'evoluzione del fenomeno con l'indicazione dell'area geografica prevedibilmente interessata dai superamenti;
- informazioni sui settori colpiti della popolazione e sui possibili effetti sulla salute e sulla condotta raccomandata (informazione sui gruppi di popolazione a rischio; descrizione dei sintomi riscontrabili gruppi di popolazione a rischio; precauzioni che i gruppi interessati devono prendere; riferimenti per ottenere ulteriori informazioni);
- informazioni sulle azioni preventive per la riduzione dell'inquinamento e/o per la riduzione dell'esposizione all'inquinamento con l'indicazione dei principali settori cui si riferiscono le fonti e delle azioni raccomandate per la riduzione delle emissioni.

Per assolvere a tali obblighi nel periodo estivo viene pubblicato uno specifico “Bollettino regionale per l'Ozono” consultabile alla pagina <http://www.arpa.emr.it/qualita-aria/bollettino-ozono/>.

Sempre per facilitare l'informazione e la diffusione dei dati di Qualità dell'aria, Arpa pubblica sul proprio sito web quotidianamente:

- il Bollettino Regionale, cioè le concentrazioni misurate dalle stazioni della rete di controllo della qualità dell'aria installate nel territorio provinciale (consultabile alla pagina: <http://www.arpa.emr.it/qualita-aria/bollettino-ga/>);
- le previsioni delle concentrazioni di PM10, PM2,5, Ozono e Biossido di Azoto su scala regionale. (*link*: http://www.arpa.emr.it/v2_aria.asp?idlivello=134&tema=previsioni)

Il Decreto 155/2010 fissa anche valori obiettivo (riportati in Tabella 1.6) per la concentrazione di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene nell'aria ambiente per evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi di tali inquinanti sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso.

Il valore obiettivo del benzo(a)pirene (1,0 ng/m³) viene usato come *marker* per il rischio cancerogeno degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

<i>Inquinante</i>	<i>Parametro</i>	<i>Valori Obiettivo</i>
Arsenico	Tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	6,0 ng/m ³
Cadmio		5,0 ng/m ³
Nichel		20,0 ng/m ³
Benzo(a)pirene		1,0 ng/m ³

Tabella 1.6 –Valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

La norma suggerisce, in un numero limitato di stazioni, di effettuare, contestualmente al benzo(a)pirene, la misurazione delle concentrazioni nell'aria ambiente di altri 6 IPA: benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e dibenzo(a,h)antracene, al fine di verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il benzo(a)pirene e gli altri idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica.

L'Agenzia per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato, fino ad ora, 48 IPA; la classificazione di alcuni dei composti che più frequentemente si ritrovano nell'aria sono riportati in tabella 1.7, dove sono evidenziati in grigio quelli richiamati dal DLvo 155/2010.

Nome	Classificazione IARC	Nome	Classificazione IARC
benzo[a]pirene	1	dibenzo[a,h]acridine	2B
benzo[a]antracene	2A	dibenzo[a,i]pirene	2B
dibenzo[a,h]antracene	2A	benzo[g,h,i]perilene	3
benzo[b]fluorantene	2B	metilfenantrene	3
benzo[j]fluorantene	2B	crisene	3
benzo[k]fluorantene	2B	antracene	3
indeno[1,2,3-cd]pirene	2B	fluorene	3
5-metil-crisene	2B		

Nota : 1: Cancerogeno 2A: Probabile cancerogeno per l'uomo
 2B: Possibile cancerogeno per l'uomo 3: Non classificabile come cancerogeno per l'uomo

Tabella 1.7 – Cancerogenicità dei principali IPA.

1.2 - Valori guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)

Nel 2005 l'OMS ha aggiornato le linee guida per la qualità dell'aria in riferimento a: particolato (PM10 e PM2.5), ozono, biossido di azoto e biossido di zolfo. Le linee guida (edizione 2000 e 2005) riportano **valori guida**, cioè concentrazioni in aria di inquinanti, associate a tempi di esposizione, al di sotto delle quali non sono attesi effetti avversi per la salute, secondo le evidenze scientifiche disponibili.

Sostanza	Valore guida	Tempo di mediazione
OMS – valori guida 2005		
NO ₂	40 µg/m ³	annuale
	200 µg/m ³	1 ora
SO ₂	20 µg/m ³	24 ore
	500 µg/m ³	10 min
O ₃	100 µg/m ³	8 ore
PM ₁₀	20 µg/m ³	annuale
	50 µg/m ³	24 ore
PM _{2.5}	10 µg/m ³	annuale
	25 µg/m ³	24 ore
OMS – valori guida 2000		
CO	100 mg/m ³	15 min
	60 mg/m ³	30 min
	30 mg/m ³	1 ora
	10 mg/m ³	8 ore
Toluene	260 µg/m ³	Media settimanale
Xileni	4800 µg/m ³	Media su 24 ore

Tabella 1.8 - Valori guida della qualità dell'aria indicati dall'OMS (edizione 2000 e 2005) (http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf) Solo per gli Xileni il riferimento è WHO: Xylenes, Environmental Health Criteria 190, World Health Organization, Geneva, CH, 1997

Sempre l'OMS, per alcuni inquinanti atmosferici ad azione cancerogena (Tabella 1.9), fornisce invece un calcolo di *indice di rischio unitario* per la popolazione, associato alla loro presenza nell'aria. La stima dell'incremento di *rischio unitario (U.R.)* è intesa come il rischio addizionale di cancro che può verificarsi in una ipotetica popolazione nella quale tutti gli individui siano continuamente esposti, dalla nascita e per tutto l'intero tempo di vita, ad una concentrazione dell'agente di rischio nell'aria che essi respirano pari ad $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

<i>Sostanza</i>	<i>Rischio unitario</i> Indice di rischio/tempo di vita ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹
BENZENE	6×10^{-6}
IPA (BaP)	8.7×10^{-2}
NICHEL	3.8×10^{-4}
ARSENICO	1.5×10^{-3}
CROMO esavalente	$(1.1 \div 13) \times 10^{-2}$

Tabella 1.9 Indice di rischio unitario (OMS)

1.3 - Zonizzazione della Regione Emilia Romagna e della Provincia di Ravenna

A norma del DL.vo 155/2010 la Regione Emilia Romagna ha effettuato la zonizzazione del proprio territorio in aree omogenee ai fini della valutazione della qualità dell'aria ([Delibera della Giunta regionale del 27/12/2011, n. 2001](#)), prevedendo la suddivisione del territorio in un agglomerato (Bologna) ed in tre zone omogenee: la zona "Appennino", la zona "Pianura Ovest" e la zona "Pianura Est" (Fig.1).

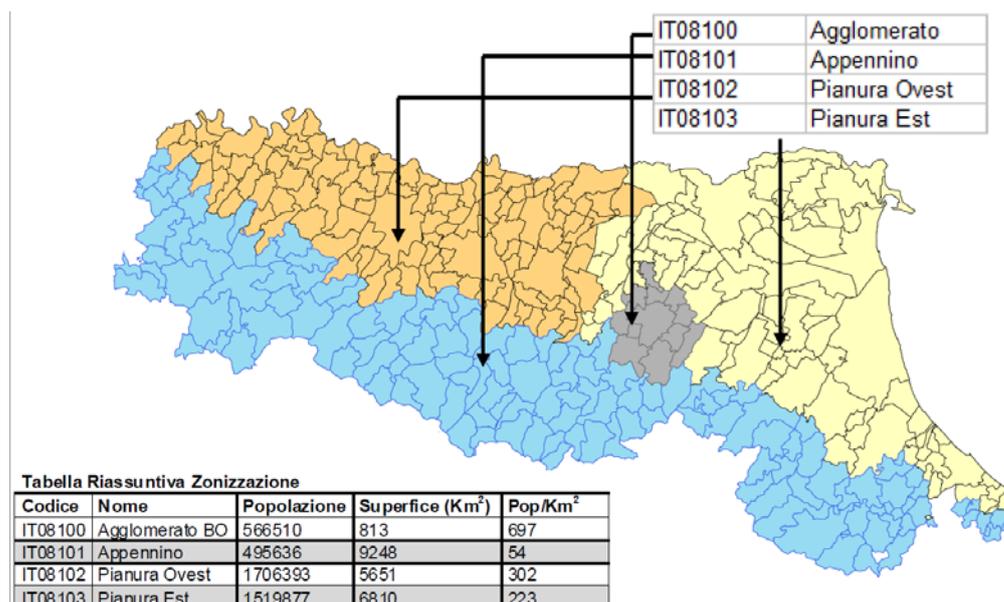


Figura 1.1 – Zonizzazione regionale (DLgs 155/2010 e DGR 2001/2011)

Il territorio della provincia di Ravenna risulta in parte nella zona “Appennino” ed in parte nella zona “Pianura Est”:

ZONA Pianura EST	Alfonsine, Bagnacavallo, Bagnara di Romagna, Castel Bolognese, Cervia, Conselice, Cotignola, Faenza, Fusignano, Lugo, Massa Lombarda, Ravenna, Russi, Sant'Agata sul Santerno, Solarolo
ZONA Appennino	Brisighella, Casola Val Senio, Riolo Terme

Tabella 1.7 – Zonizzazione per la Provincia di Ravenna (DLgs 155/2010 e DGR 2001/2011)

La Regione ha quindi il compito di effettuare la *valutazione della qualità dell'aria ambiente* (DLvo 155/10 art. 5, Allegato II, Appendice II e Appendice III) e predispone un *piano di qualità dell'aria* con le misure necessarie che, agendo sulle principali sorgenti di emissione che hanno influenza sulla aree di superamento, permettano di raggiungere i valori limite nei termini prescritti.

L'Emilia Romagna, con Delibera di Giunta n. 1180 del 21 luglio 2014, ha adottato la Proposta di Piano Aria Integrato Regionale (**PAIR 2020**), approvato dalla Assemblea legislativa dell'Emilia-Romagna in aprile 2017.

1.4 – Limiti di quantificazione strumentali (LdQ)

Il limite di quantificazione è la concentrazione minima alla quale la misura strumentale quantitativa è fornita con ragionevole certezza statistica (predefinita).

I limiti di quantificazione degli analizzatori automatici in uso nella Rete Regionale di Qualità dell'aria sono:

<i>Inquinante</i>	<i>Limite di quantificazione L.Q.</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Espressione utilizzata in caso di valore inferiore a LQ</i>
NO₂	8	µg/m ³	<8
SO₂	10	µg/m ³	<10
O₃	8	µg/m ³	<8
PM₁₀	3	µg/m ³	<3
PM_{2.5}	3	µg/m ³	<3
CO	0,4	mg/m ³	<0,4
Benzene	0,1	µg/m ³	<0,1

2. LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

2.1 – Riconfigurazione della Rete Regionale

La Regione Emilia Romagna ha iniziato nel 2005 una prima modifica della struttura della Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA), terminata nella Provincia di Ravenna nel 2009. A questa è seguita una seconda revisione, avutasi a seguito della nuova zonizzazione regionale deliberata a fine 2011, e conclusasi a dicembre 2012 e quindi operativa dal 2013 – per rendere conforme la rete ai nuovi requisiti normativi nazionali e regionali (DLgs 155/2010 e DGR 2001/2011). La diversa suddivisione del territorio regionale in zone omogenee dal punto di vista della qualità dell'aria, ha richiesto anche un nuovo assetto della rete regionale di controllo della qualità dell'aria, che ha portato ad una ridefinizione della rete regionale, attualmente composta da 47 stazioni di misura (Fig.2.1), rispetto alle 63 precedentemente in funzione.

I punti di campionamento individuati sono finalizzati alla verifica del rispetto dei limiti:

- per la protezione della salute umana (*stazioni di Traffico Urbano, Fondo Urbano, Fondo Urbano Residenziale, Fondo Sub Urbano*) e
- per la protezione degli ecosistemi e/o della vegetazione (*Fondo rurale e Fondo remoto*).

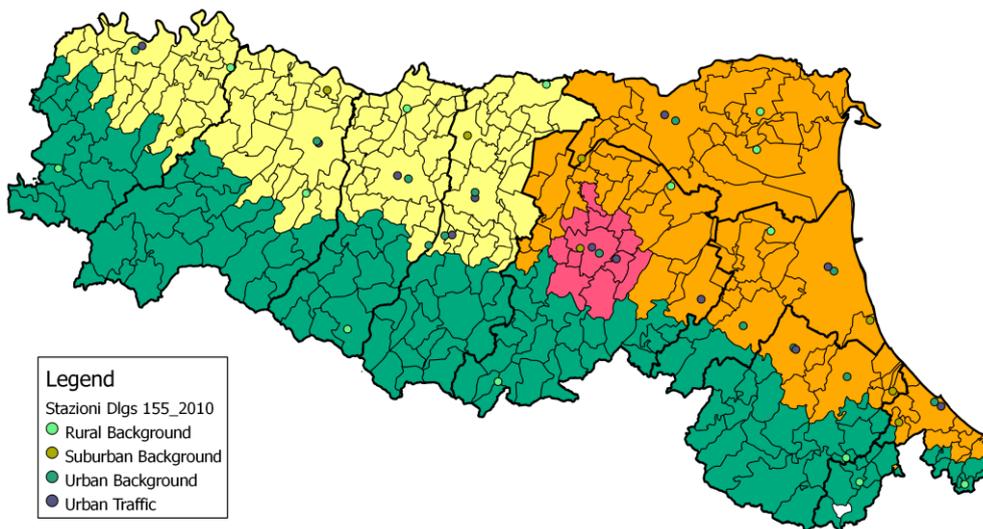


Figura 2.1 -
Dislocazione delle
stazioni nella rete
regionale

(DLgs 155/2010 e
DGR 2001/2011)

2.2 - Configurazione attuale della Rete di Ravenna

A Ravenna sono presenti 5 stazioni e della Rete Regionale di rilevamento della qualità dell'aria (RRQA) e due stazioni Locali - Rocca Brancaleone e Porto San Vitale – che hanno lo scopo di controllare e verificare gli impatti riconducibili prevalentemente all'area industriale/portuale. La cartina di Figura 2.2 fornisce un'indicazione della distribuzione spaziale delle stazioni all'interno del territorio provinciale, mentre la configurazione della rete e la relativa dotazione strumentale è riportata in Tabella 2.1.

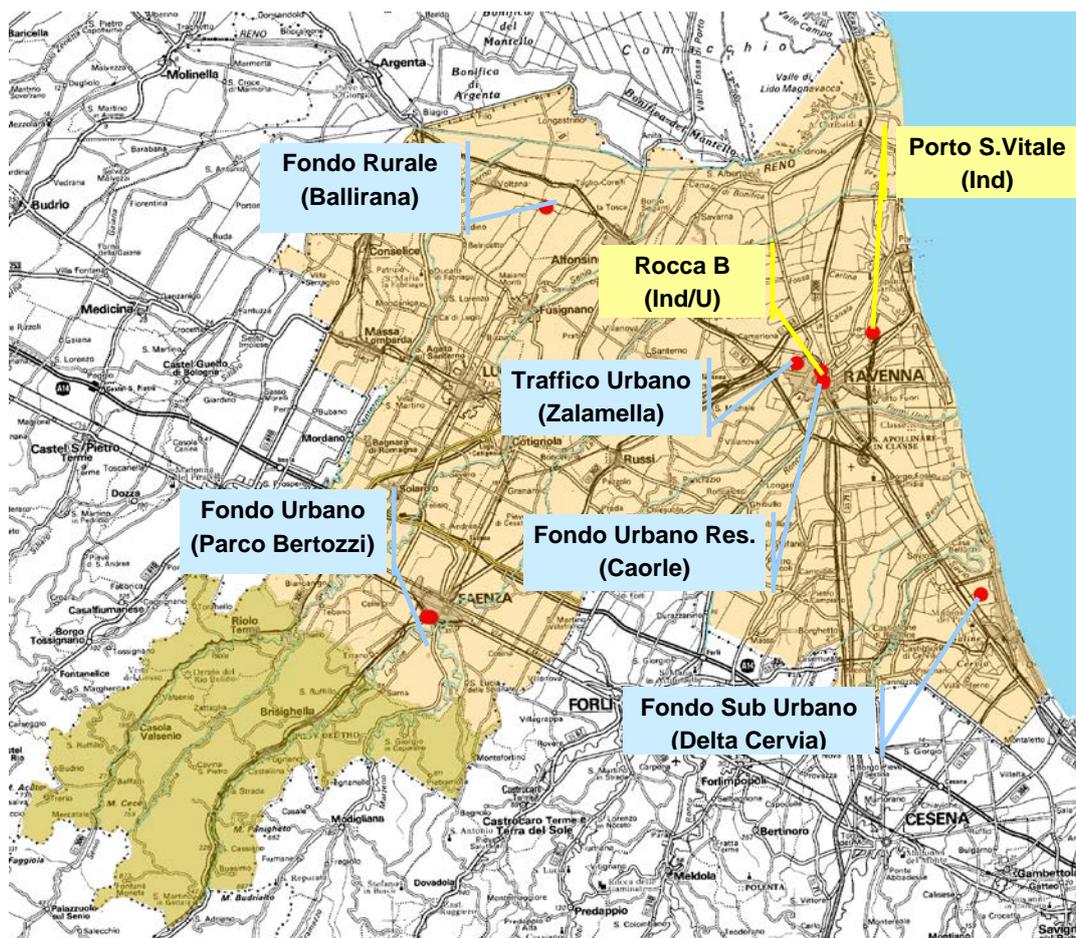


Figura 2.2 - Ravenna - Distribuzione spaziale delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria

Nella rete afferente alla provincia di Ravenna le stazioni sono tutte collocate in ZONA PIANURA EST, mentre la ZONA APPENNINO - in cui non si prevedono superamenti degli standard di qualità dell'aria e il monitoraggio è finalizzato alla verifica del mantenimento delle condizioni ambientali in essere - viene monitorata con la vicina stazione di Savignano di Rigo a Sogliano al Rubicone (fondo remoto) appartenente alla rete della provincia Forlì-Cesena e con rilevazioni periodiche effettuate con il laboratorio mobile.

Zona	Comune	Stazione	Tipo	Zona + Tipo	Inquinanti misurati							
					PM10	PM2.5	NOx	CO	BTX	SO2	O3	
	Alfonsine	Ballirana		<i>FRu</i>								
	Cervia	Delta Cervia		<i>FSubU</i>								
	Faenza	Parco Bertozzii		<i>FU</i>								
	Ravenna	Caorle		<i>FU-Res</i>								
	Ravenna	Zalamella		<i>TU</i>								
	Ravenna	Rocca Brancaleone		<i>Ind-U</i>								
	Ravenna	Porto San Vitale		<i>Ind</i>								

Legenda

Classificazione Zona	
	Urbana
	Suburbana
	Rurale

Classificazione Stazione	
	<i>Traffico</i>
	<i>Fondo</i>
	<i>Industriale</i>

Zona + tipo Stazione			
		<i>Fondo Rurale</i>	<i>FRu</i>
		<i>Fondo Sub Urbano</i>	<i>FsubU</i>
		<i>Fondo Urbano</i>	<i>FU</i>
		<i>Traffico Urbano</i>	<i>TU</i>
		<i>Indust. Urbana</i>	<i>Ind-U</i>
		<i>Industriale</i>	<i>Ind</i>

Tabella 2.1 – Configurazione della RRQA di Ravenna al 31/12/2019

Sempre a Ravenna, in prossimità della zona industriale, sono presenti sei stazioni fisse gestite dalla Società RSI per conto di un consorzio a cui partecipano numerose industrie del polo industriale. I dati rilevati dalla rete privata sono inviati al centro di calcolo della Sezione Arpa di Ravenna, ma la gestione e la validazione dei dati è effettuata dal gestore.

In tabella 2.2 è riportata la dotazione strumentale della rete privata:

Stazione	NOx	O3	SO2	PM10	PM 2.5	BTX
Germani	X		X	X	X	
Marani	X		X	X	X	X
AGIP 29				X	X	
Marina di Ravenna	X	X				
Zorabini	X	X	X			
Sant'Alberto	X					

Tabella 2.2 - Dotazione strumentale (inquinanti monitorati) nelle stazioni della rete privata (2019)

Nei capitoli successivi sono riportate esclusivamente le elaborazioni statistiche dei dati rilevati dalla RRQA e dalle stazioni Locali.

2.3 – Stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) di Ravenna

Si riportano le schede, con la documentazione fotografica e la localizzazione, delle stazioni di monitoraggio della rete pubblica nella configurazione 2018.

Stazione: <i>Ballirana (Alfonsine)</i>	Zona : <i>Agglomerato Pianura Est</i>
	
Tipo Stazione: Fondo Rurale	Coordinate geografiche:
Inquinanti: PM _{2,5} - NO _x - O ₃	UTM32 X: 736992 Y: 934882

Stazione: <i>Delta Cervia (Cervia)</i>	Zona : <i>Agglomerato Pianura Est</i>
	
Tipo Stazione: Fondo SubUrbano	Coordinate geografiche:
Inquinanti: PM ₁₀ - NO _x - O ₃	UTM32 X: 765899 Y: 908893

Stazione: *Parco Bertozzi (Faenza)*

Zona : *Agglomerato Pianura Est*



Tipo Stazione: **Fondo Urbano**

Coordinate geografiche:

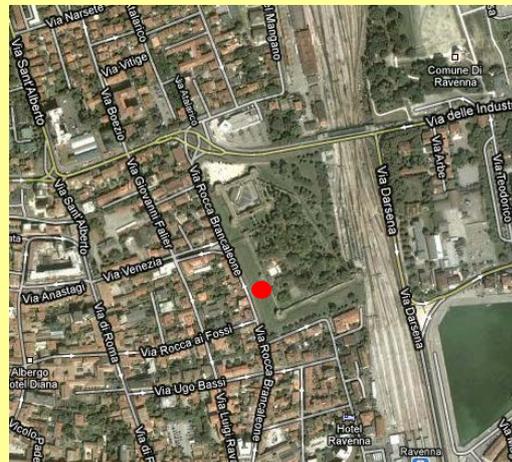
Inquinanti: **PM₁₀ – PM_{2.5} – NO_x – O₃**

UTM32 X: 729277 Y: 9007702

2.4 – Stazioni della Rete Locale industriale di Ravenna

Stazione:*Rocca Brancaleone (Ravenna)*

Stazione locale industriale



Tipo Stazione: **Industriale / Urbana**

Coordinate geografiche:

Inquinanti: **PM₁₀ - NO_x - SO₂- CO - O₃**

UTM32 X: 755267 Y: 923906

Stazione: Porto San Vitale (Ravenna)



Tipo Stazione: Industriale

Inquinanti: PM₁₀ – PM_{2,5} - NO_x - SO₂- CO - O₃ - BTX

Stazione locale industriale



Coordinate geografiche:

UTM32

X: 758889

Y: 926401

Dal 2014 il monitoraggio della qualità dell'aria nell'area portuale viene effettuato utilizzando la nuova stazione locale denominata "Porto San Vitale". Dotata di strumenti in grado di misurare tutti gli inquinanti previsti dall'attuale normativa, è situata a circa 200 metri dalla postazione "SAPIR" che, dopo 23 anni di onorato servizio, nel 2014 è stata dimessa.

3 - LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE NEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI RAVENNA

3.1 - Gli indicatori meteorologici per lo studio della qualità dell'aria

L'atmosfera rappresenta l'ambiente dove gli inquinanti, immessi da varie sorgenti, si diffondono, vengono dispersi e subiscono trasformazioni del loro stato fisico e chimico.

Le condizioni meteorologiche interagiscono, quindi, in vari modi con i processi di formazione, dispersione, trasporto e deposizione degli inquinanti ed alcuni indicatori meteorologici possono essere posti in relazione con tali processi.

- La **temperatura dell'aria**: ad elevate temperature sono, in genere, associati elevati valori di ozono, mentre basse temperature, durante il periodo invernale, sono spesso correlate a condizioni di inversione termica che tendono a confinare gli inquinanti in prossimità della superficie e quindi a fare aumentare le concentrazioni misurate.
- Le **precipitazioni e la nebbia** influenzano la deposizione e la rimozione umida di inquinanti. 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, in particolare le particelle fini.
- **L'intensità del vento** influenza il trasporto e la diffusione degli inquinanti; elevate velocità del vento tendono a favorire la dispersione degli inquinanti immessi vicino alla superficie.
- La **direzione del vento** influenza in modo diretto la dispersione degli inquinanti.

Di seguito si riportano le elaborazioni, relative alla Provincia di Ravenna, effettuate utilizzando i dati di tre stazioni meteorologiche rappresentative del territorio provinciale: una stazione in area urbana (Ravenna), una in area collinare (Brisighella) ed infine una nell'entroterra faentino (Granarolo Faentino) (Fig.3.1). Tali dati sono gestiti dal servizio idro-meteo-clima di Arpae.

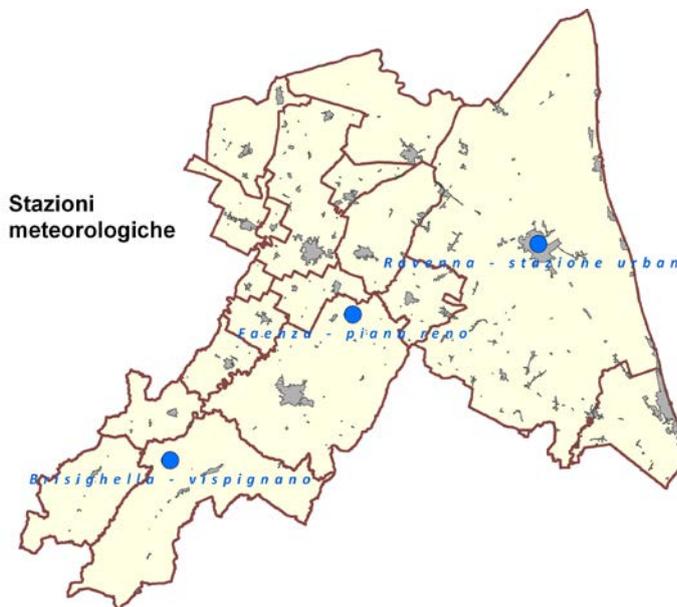


Figura 3.1 - Dislocazione delle stazioni meteorologiche

3.2 - Andamento meteorologico del 2019 nella Provincia di Ravenna

3.2.1 – Temperatura

In figura 3.2 sono riportate le temperature medie, minime e massime mensili per l'anno 2019 misurate nelle stazioni di Ravenna e Faenza.

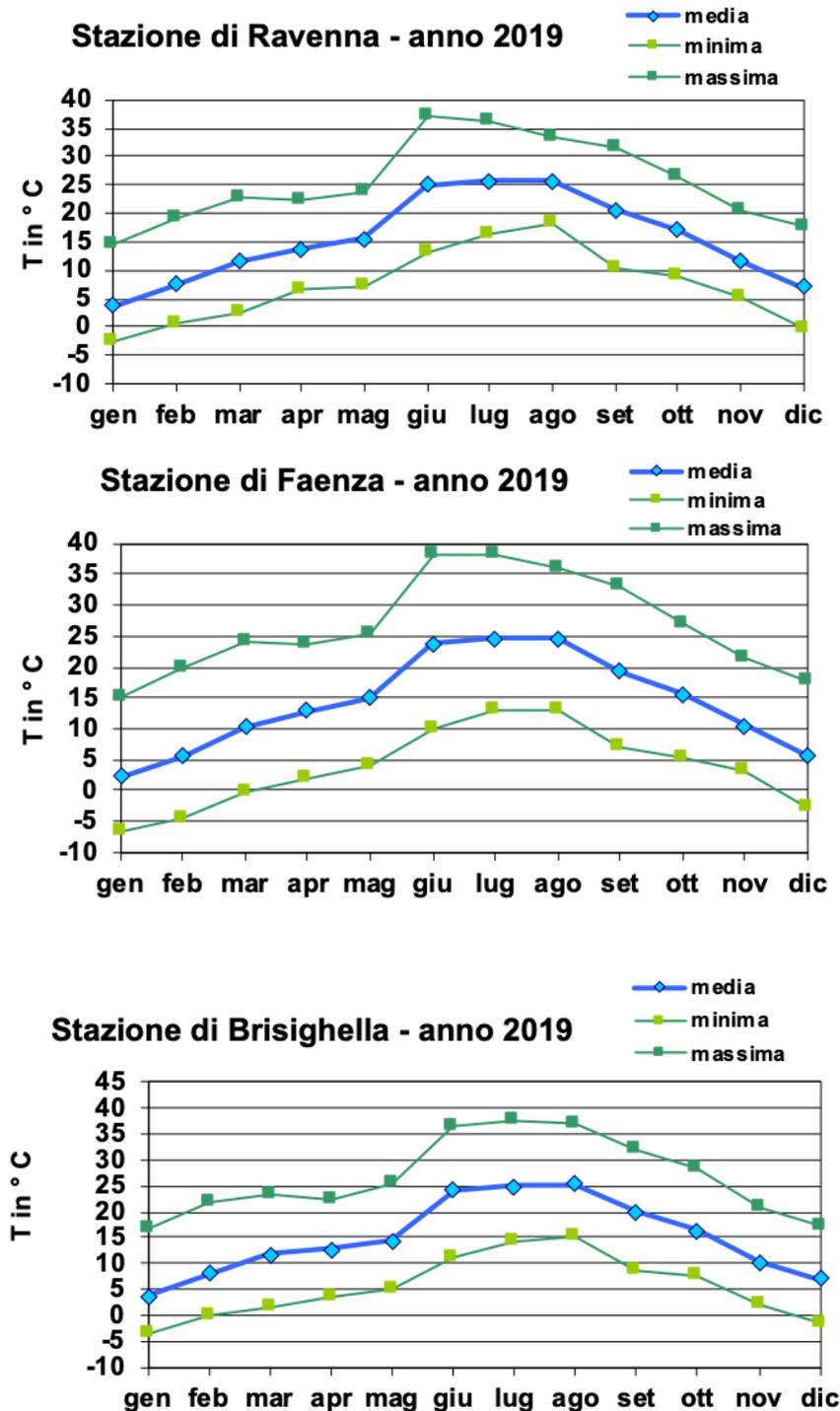


Figura 3.2
Medie, minimi e massimi mensili delle temperature – Anno 2019

Il 2019 è stato caratterizzato da temperature minime rigide nel mese di gennaio e da temperature massime elevate (sui 40°C) ma superiori rispetto all'anno precedente, e del tutto comparabili nel trimestre estivo. Questo andamento delle temperature rilevate risulta evidente in tutte le stazioni, con variazioni più marcate fra le temperature minime e massime nell'entroterra rispetto alla stazione di Ravenna, che risente maggiormente dell'azione mitigatrice del mare.

3.2.2 – Precipitazioni

In figura 3.3 sono rappresentate la precipitazione cumulata mensile ed il numero di giorni con precipitazione superiore a 0.3 mm (limite di significatività) nelle tre stazioni meteorologiche e presso la stazione della qualità dell'aria di Porto San Vitale. In questa ultima stazione, infatti, vengono rilevati anche alcuni parametri meteorologici.

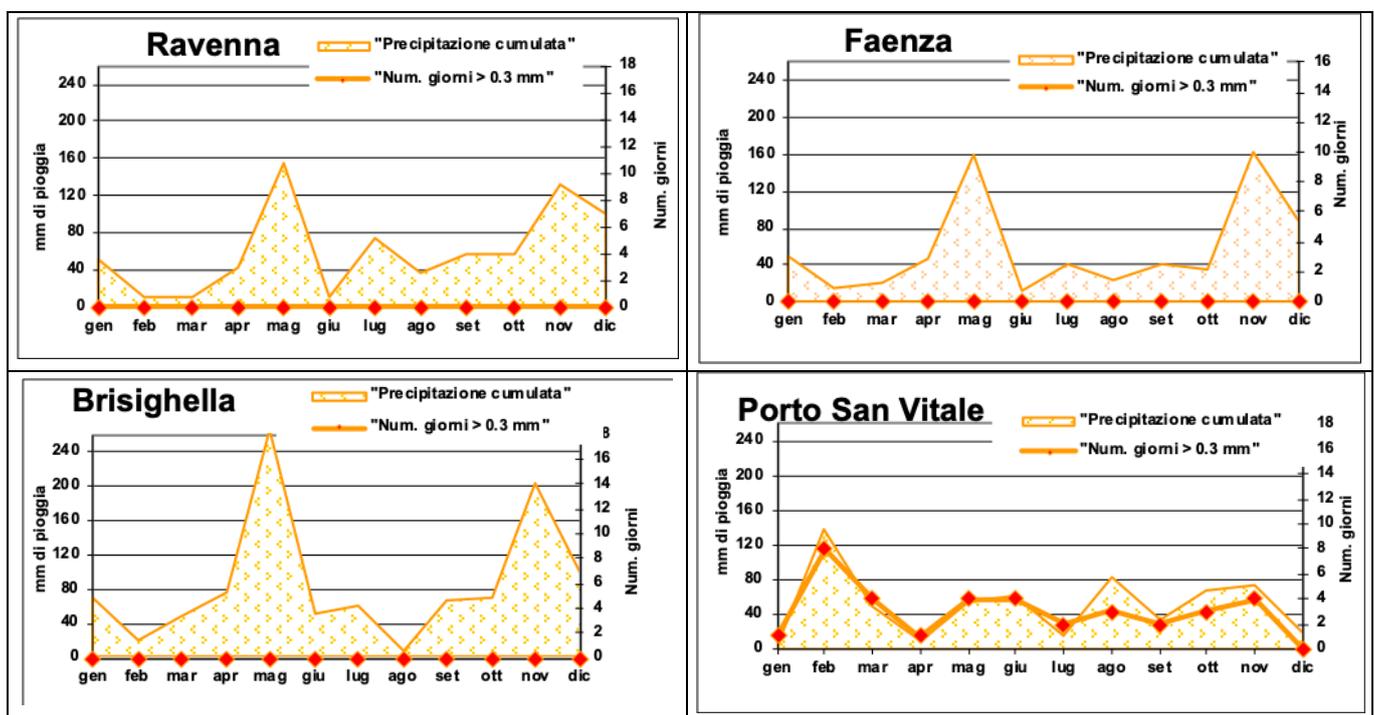


Figura 3.3

Precipitazione cumulata mensile e numero di giorni con precipitazione superiore a 0.3 mm – Anno 2019

Gli andamenti delle precipitazioni sono molto simili sul territorio provinciale: i mesi più piovosi sono stati aprile e maggio, con 240 mm di pioggia caduta nella stazione di Brisighella e 160 mm a Ravenna e Faenza; febbraio e giugno, invece, sono stati i mesi più secchi, con il minimo di precipitazione; per la stazione di Brisighella anche il mese di agosto ha registrato il minimo di precipitazione. Nel 2018 il mese più piovoso era stato febbraio, con valori analoghi ai massimi di aprile e maggio 2019. In generale il 2019 è stato un anno meno piovoso rispetto al 2018, in particolare si evidenzia l'assenza di precipitazioni superiori a 0,3 mm.

A Porto San Vitale le precipitazioni cumulate misurate sono significativamente inferiori rispetto alle altre stazioni ma si sono registrate precipitazioni maggiori di 0,3 mm nel mese di febbraio.

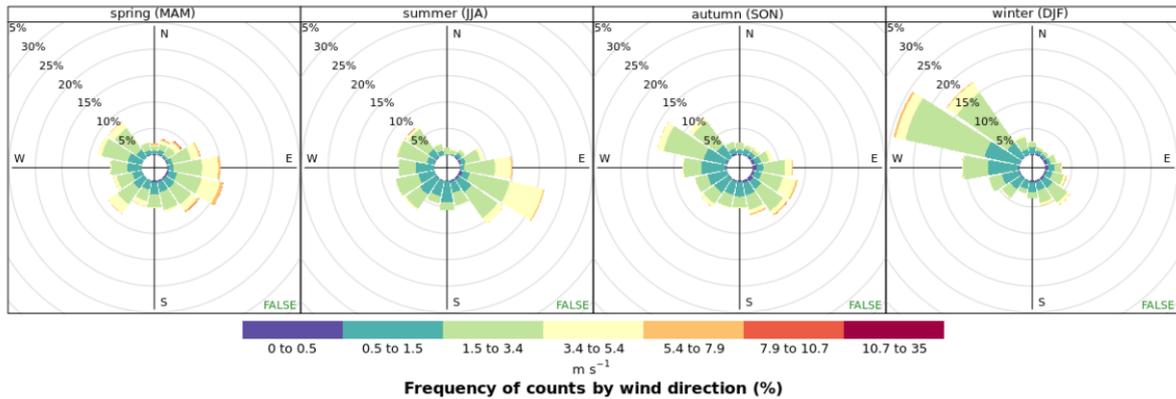
3.2.3 – Intensità e direzione del vento

In Figura 3.4 sono rappresentate le rose dei venti stagionali, in termini di direzione ed intensità, relative alle stazioni di Ravenna (Piazza Caduti), Granarolo Faentino e Porto San Vitale.

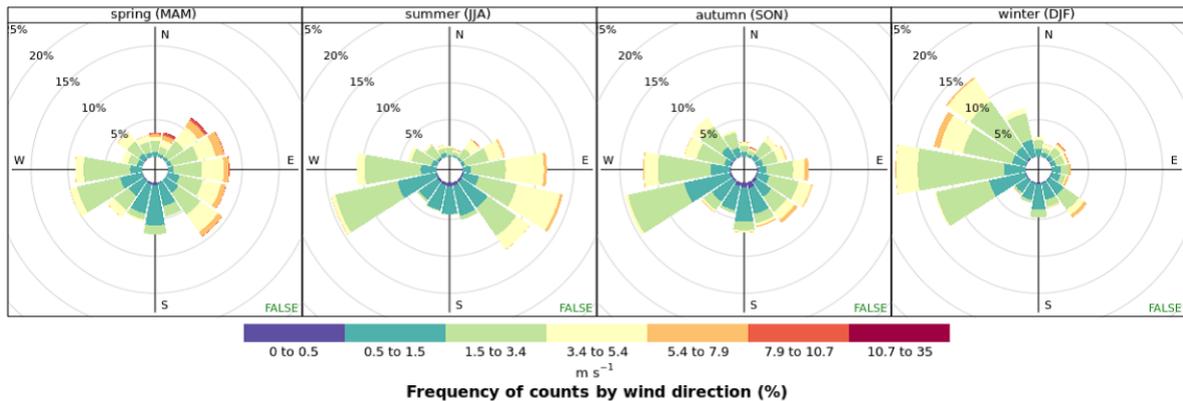
Le rose dei venti del 2019 sono state calcolate dai dati elaborati dal servizio IdroMeteoClima di Arpae e dai dati raccolti dalla stazione di Porto San Vitale.

Per le tre stazioni si evince che durante la stagione invernale ed autunnale, prevalgono i venti occidentali, mentre per la stagione primavera – estate, risulta evidente l'influenza delle brezze di mare di direzione E-SE.

Ravenna- Piazza Caduti



Ravenna – Porto San Vitale



Granarolo faentino

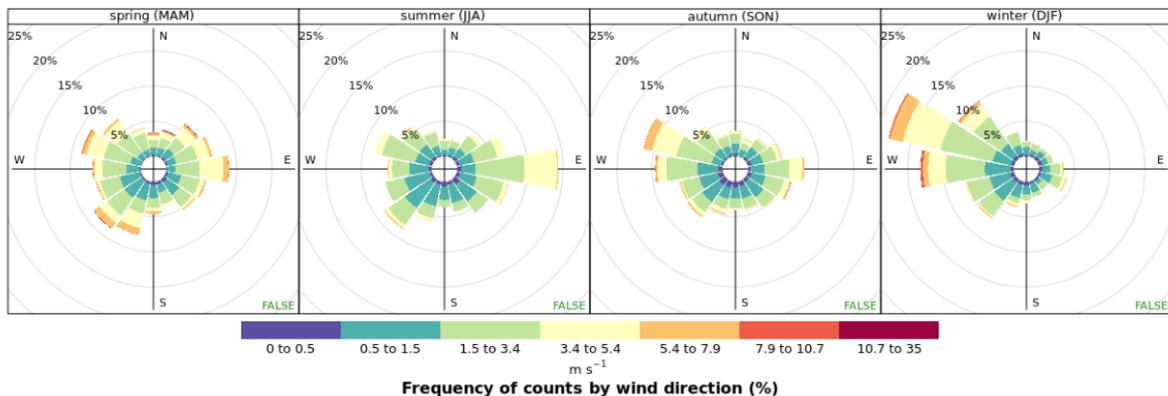


Figura 3.4 - Rosa dei venti stagionale delle stazioni di Ravenna, Porto San Vitale e Granarolo faentino – Anno 2019

4 - VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI RAVENNA

4.1 Biossido di Zolfo SO₂

Il biossido di zolfo è il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono. Nell'atmosfera l'anidride solforosa (SO₂) è ossidata ad anidride solforica (SO₃).

E' un gas incolore, dall'odore acre e pungente, irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie.

In atmosfera, attraverso le reazioni con l'ossigeno e l'acqua, contribuisce alla formazione della piogge acide provocando effetti tossici sui vegetali, acidificazione dei corpi idrici ed effetti corrosivi su materiali da costruzione, in particolare sui monumenti. Le emissioni antropiche derivano prevalentemente dall'utilizzo di combustibili solidi e liquidi contenenti zolfo, ad esempio gasolio, nafta, carbone, legna e altro. Fino a qualche decennio fa anche a livello locale la misura di SO₂ costituiva il principale indicatore dell'inquinamento di origine antropica.

Negli ultimi anni le concentrazioni sono notevolmente diminuite e quasi sempre risultano inferiori al limite di quantificazione strumentale.

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di biossido di Zolfo (SO ₂)	2009 - 2019		

Il biossido di zolfo viene misurato nella stazione di Fondo urbano di Caorle e nelle stazioni Locali di Rocca Brancaleone e Porto San Vitale, dislocate nella città di Ravenna, dov'è presente un importante polo industriale, con numerose potenziali fonti di emissione di tale inquinante, e un importante porto commerciale che contribuisce, con le emissioni navali, alle concentrazioni diffuse di questo inquinante.

Le concentrazioni di biossido di zolfo rilevate nel 2019, così come da diversi anni, sono molto contenute (meno del 2% dei dati supera il limite di quantificazione strumentale, pari a 10 µg/m³), e i livelli sono notevolmente inferiori rispetto a quelli stabiliti dalla normativa vigente. I

Il rispetto dei limiti non rappresenta più un problema e già da un ventennio (dal 1999) non si verificano superamenti dei limiti di legge.

Anche il valore normativo più restrittivo previsto per questo inquinante (20 µg/m³)¹ non è stato raggiunto almeno da quattordici anni in nessuna postazione.

¹ **Livello critico invernale per la protezione della vegetazione:** è calcolato come media dei dati orari rilevati dal 1° ottobre al 31 marzo e non deve superare i 20 µg/m³

SO₂ [L.Q. = 10 µg/m ³]				Concentrazioni in µg/m³		Limiti normativi			
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	20 µg/m ³		<i>Max 24</i>	<i>Max 3</i>
						<i>Media anno</i>	<i>Media inverno</i>	<i>N° Sup. 350 µg/m³ orari</i>	<i>N° Sup. 125 µg/m³ gg</i>
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	98	< 10	32	< 10	< 10	0	0
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	96	< 10	46	< 10	< 10	0	0
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	< 10	65	< 10	< 10	0	0

Tabella 4.1 – SO₂: Parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme (concentrazioni espresse in µg/m³)

L'andamento delle concentrazioni dal 2009 al 2019, riportato in Tabella 4.2 e nelle Figure 4.1 e 4.2, conferma i valori contenuti sopracitati (inferiori al limite di quantificazione della strumentazione fissato a 10 µg/m³).

Tabella 4.2 - Andamento temporale di SO₂ dal 2009 al 2019 (concentrazioni espresse in µg/m³)

Stazione: Caorle

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media annuale	5	5	3	3	5	4	4	2	3	3	1
Media inverno	8	3	3	5	3	5	2	2	3	2	1
50°Percentile	4	4	3	3	5	3	4	1	2	2	0
90°Percentile	-	-	-	-	-	8	9	8	6	7	2
95°Percentile	-	-	-	-	-	10	10	12	8	9	3
98°Percentile	12	12	7	8	11	13	11	19	9	10	5
Max	46	61	44	37	40	45	44	28	73	32	32
> 350 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	91	99	99	97	99	97	95	98	93	96	98

Stazione: Rocca Brancaleone

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	2	3	4	4	6	6	5	2	3	2	3
Media inverno	2	4	5	6	7	7	5	3	3	4	3
50°Percentile	1	3	4	3	6	5	4	0	3	2	3
90°Percentile	-	-	-	-	-	10	11	7	6	5	6
95°Percentile	-	-	-	-	-	11	13	9	7	6	8
98°Percentile	8	8	11	12	13	13	16	11	10	9	9
Max	32	36	60	41	43	74	32	53	56	46	45
> 350 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	91	98	98	98	99	95	94	96	100	99	96

Stazione: SAPIR (fino al 2013) e Porto San Vitale (dal 2014)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	10	7	7	4	4	5	5	4	4	4	4
Media inverno	9	6	9	5	6	6	4	6	4	4	4
50°Percentile	7	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3
90°Percentile	-	-	-	-	-	8	8	8	7	8	8
95°Percentile	-	-	-	-	-	12	11	12	10	10	10
98°Percentile	42	32	40	25	22	19	15	19	16	17	13
Max	177	93	183	180	63	111	61	72	70	65	72
> 350 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	99	98	94	93	93	96	98	98	99	99

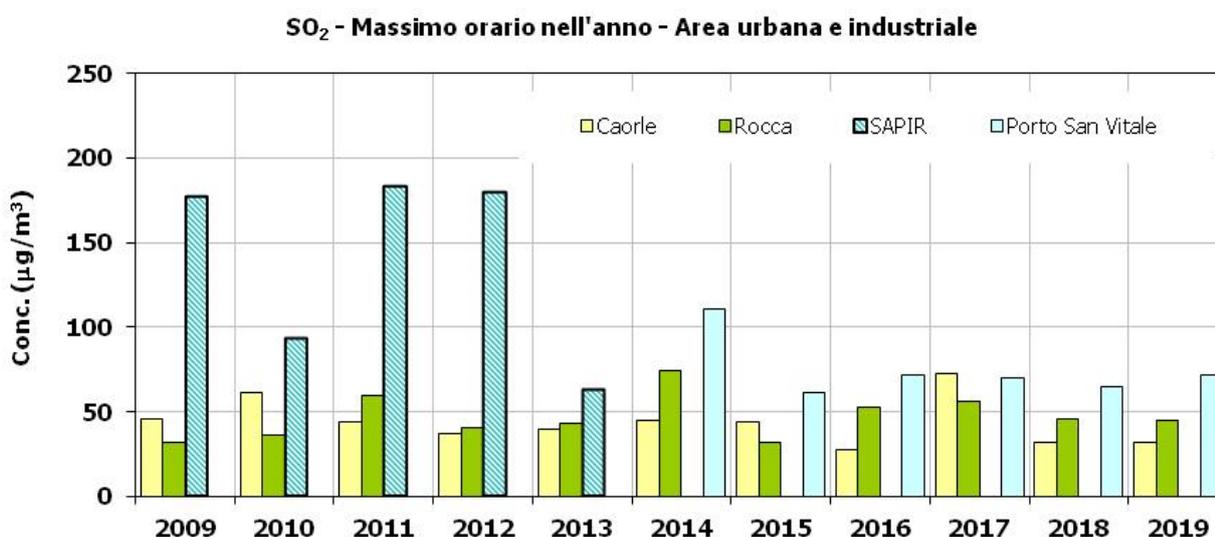


Figura 4.1 - Massimo orario - Area urbana e industriale di Ravenna

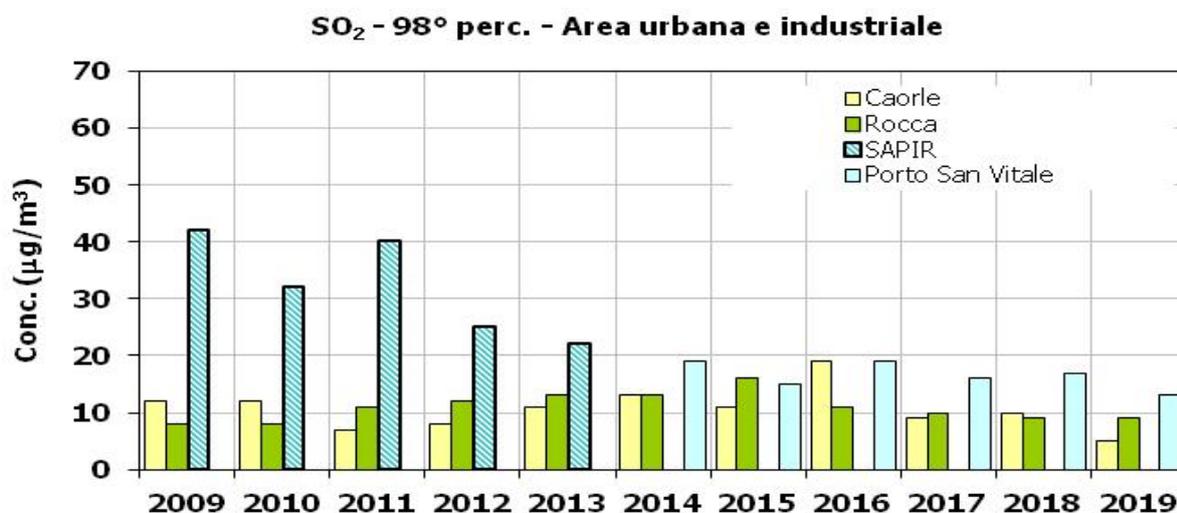


Figura 4.2 - 98° percentile medie orarie - Area urbana e industriale di Ravenna

4.2 Biossido di Azoto NO₂ e Ossidi di Azoto NO_x

Con il termine ossidi di azoto (NO_x) viene indicato genericamente l'insieme dei due più importanti ossidi di azoto a livello di inquinamento atmosferico: il monossido di azoto (NO) e il biossido di azoto (NO₂). Il primo è un gas inodore e incolore che costituisce la componente principale delle emissioni di ossidi di azoto nell'aria e viene gradualmente ossidato a NO₂, gas di colore rosso-bruno, caratterizzato da un odore acre e pungente. Il biossido di azoto (NO₂) viene normalmente generato a seguito di processi di combustione ad elevata temperatura: le principali sorgenti emissive sono il traffico veicolare, gli impianti di riscaldamento ed alcuni processi industriali; è per lo più un inquinante secondario, che svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico e delle piogge acide, ed è tra i precursori di alcune frazioni significative di particolato.

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di biossido di azoto (NO ₂)	2009 – 2019		
Superamenti dei limiti di legge per il biossido di azoto (NO ₂)	2009 - 2019		

Il biossido di azoto viene misurato in tutte le stazioni della Rete di Ravenna (comprese quelle Locali), anche perché è un inquinante che ha importanti interazioni sul ciclo di formazione del particolato e dell'ozono.

Il valore limite di 40 µg/m³ della media annuale di biossido di azoto è rispettato in tutte le stazioni della Provincia dal 2010, con un trend in diminuzione dal 2008 – 2009 ed una sostanziale stabilità dal 2010. E' comunque indispensabile mantenere alta l'attenzione su questo inquinante, sia per le interazioni esistenti tra NO_x, particolato e O₃, sia per le criticità riscontrate a livello regionale, in particolari nelle concentrazioni medie annuali.

NO_2 [L.Q. = $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$]				Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Limiti Normativi		Riferimenti OMS
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<i>Max 18</i>	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$
						<i>Media anno</i>	<i>N° Sup. $200 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$</i>	<i>Max orario</i>
Ballirana	Alfonsine	Fondo Rurale	99	< 8	51	13	0	51
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	99	< 8	56	14	0	56
Parco Bertozzi	Faenza	Fondo Urbano	99	< 8	77	15	0	77
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	97	< 8	91	20	0	91
Zalamella	Ravenna	Traffico	95	< 8	119	28	0	119
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	94	< 8	99	22	0	99
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	98	< 8	77	22	0	77

 Tabella 4.3 – NO_2 : Parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

I limiti di lungo (media annuale) e di breve periodo (massimo della media oraria) del biossido di azoto nell'anno 2019 sono stati rispettati in tutte le stazioni della Rete Regionale e di quella Locale. La media annuale più elevata ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stata rilevata nella stazione di traffico (Zalamella), dove si è registrato anche il massimo orario più alto ($119 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nel grafico di Figura 4.3 sono rappresentate le concentrazioni medie annue di NO_2 confrontate con il valore limite (linea rossa): dal 2009 si ha una diminuzione della media annuale e negli anni successivi le concentrazioni tendono a stabilizzarsi su valori sempre inferiori al limite anche nella stazione industriale-portuale (Porto San Vitale).

Le concentrazioni medie misurate nel 2019 confermano la stabilità dei valori.

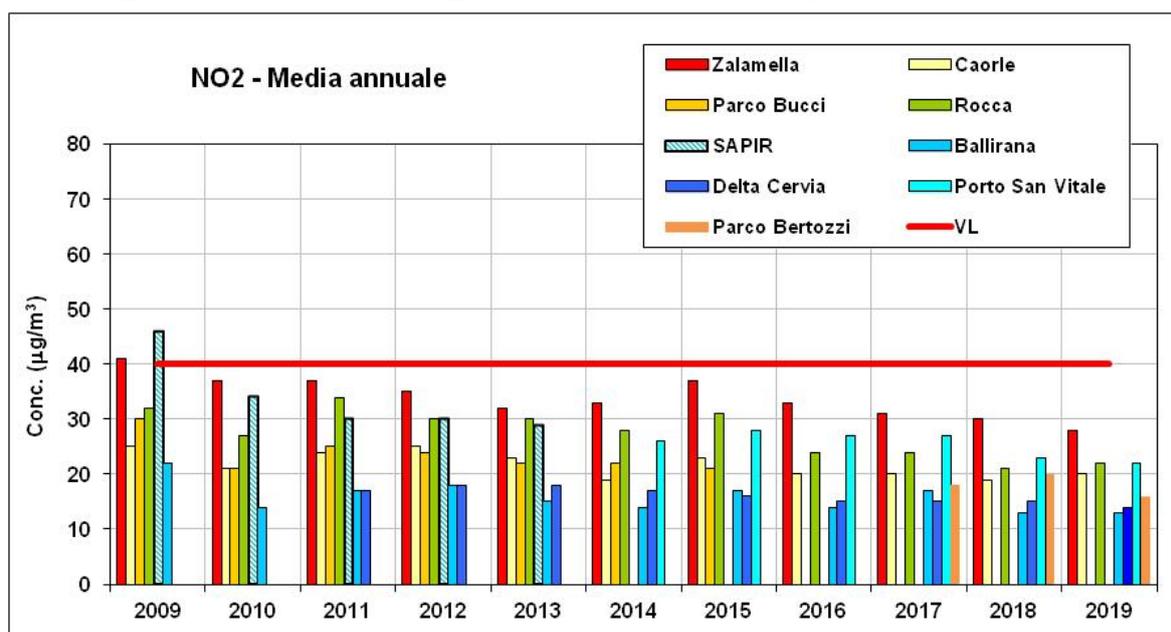


Figura 4.3 – Medie annuali - Area urbana e industriale di Ravenna

Nelle Figure 4.4 e 4.5 sono riportate le concentrazioni medie mensili del 2019 per le stazioni in area urbana ed industriale (Figura.4.4) e per le stazioni di fondo sub urbano e rurale (Figura.4.5). L'andamento è simile in tutte le stazioni: le concentrazioni più alte si rilevano nei mesi invernali mentre, in generale, i valori assoluti delle stazioni di fondo sono più bassi.

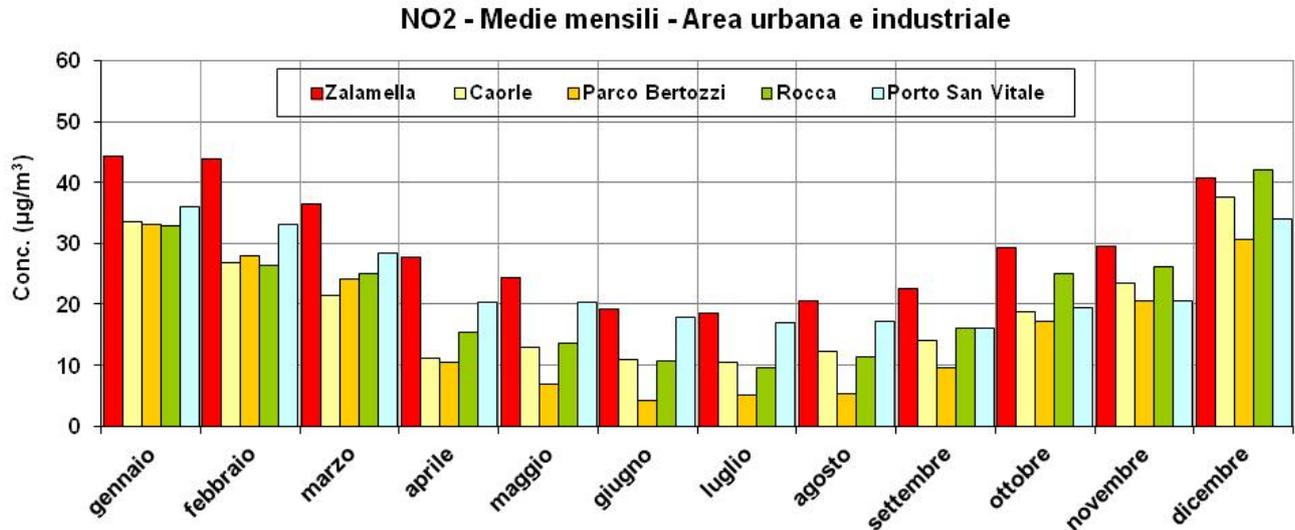


Figura 4.4 Medie Mensili - Area urbana e Industriale

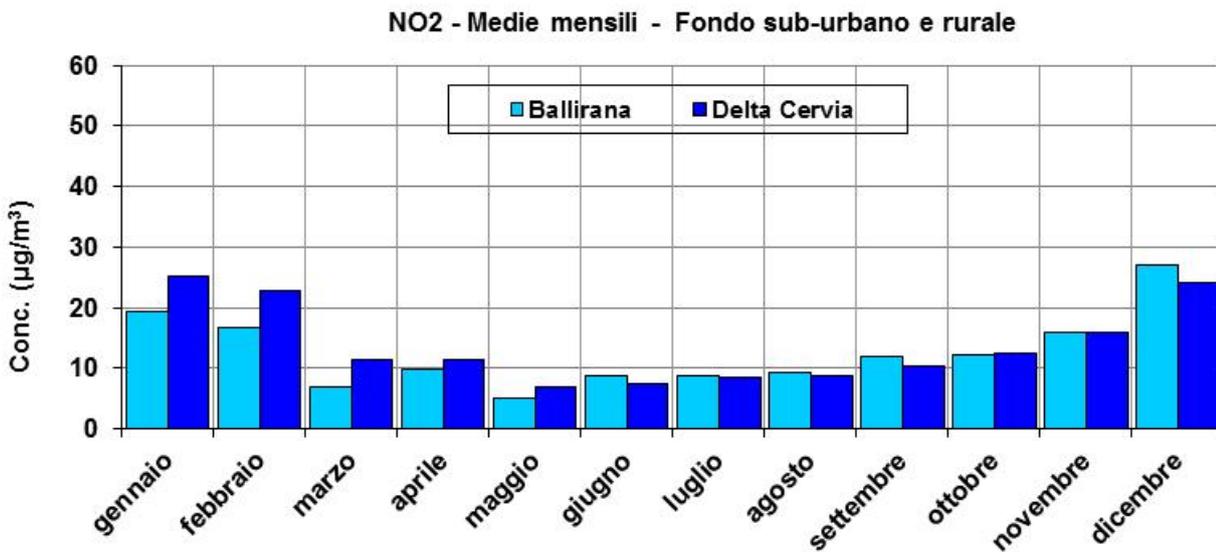
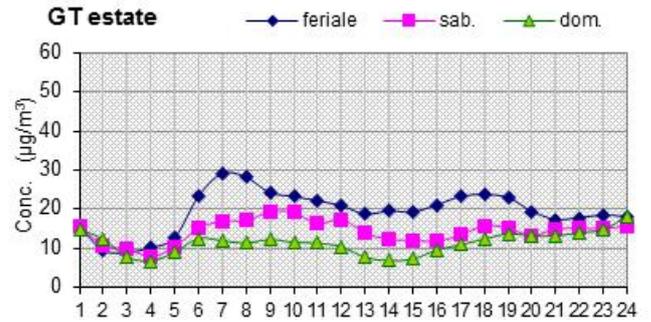
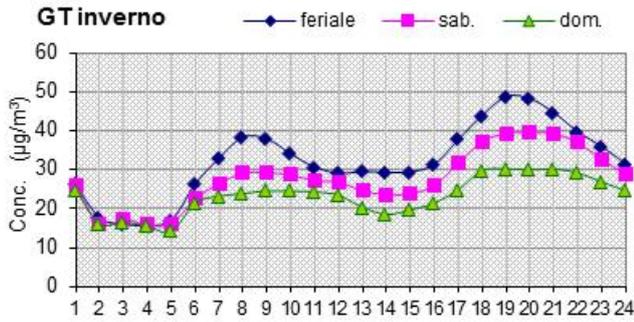
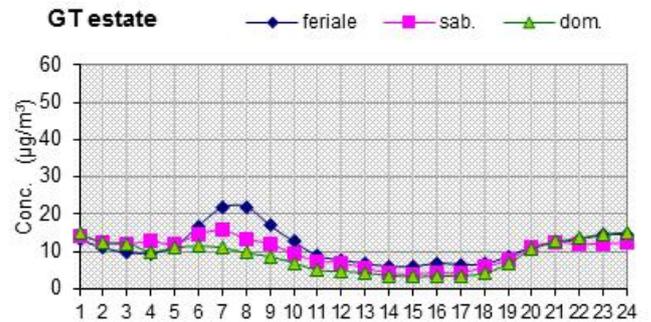
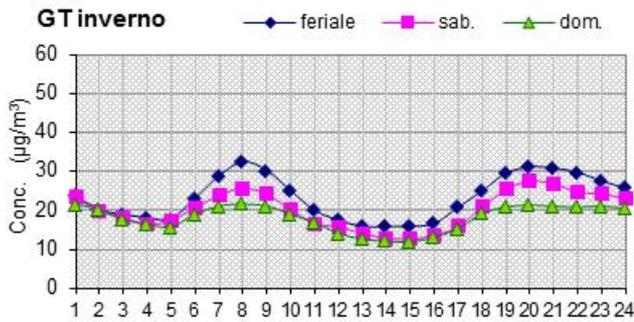


Figura 4.5 Medie Mensili – Fondo Sub-urbano e Rurale

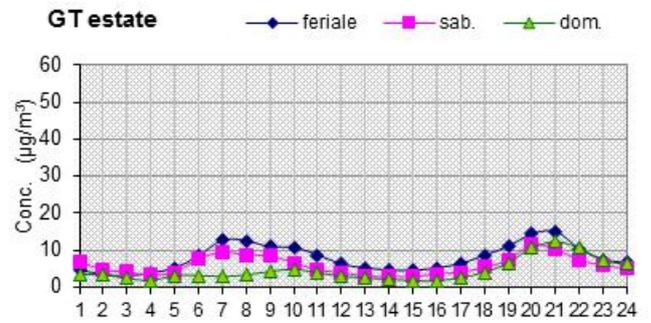
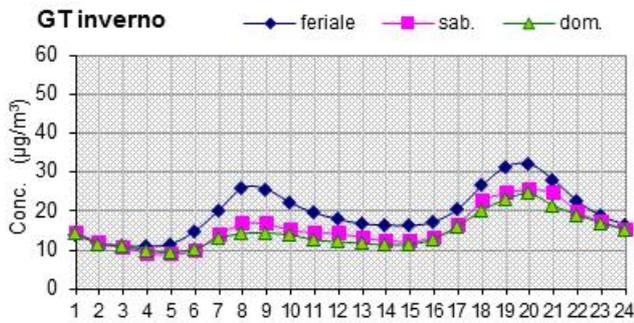
Per visualizzare l'andamento giornaliero di un inquinante si può utilizzare il grafico del «giorno tipico - GT». Il GT si calcola effettuando la media dei dati rilevati alla stessa ora del giorno in un periodo di riferimento, questo per tutte le 24 ore di una giornata: rappresenta quindi un ipotetico giorno "medio" che permette di evidenziare le situazioni ricorrenti e minimizzare le fluttuazioni casuali. I grafici che seguono (Figura 4.6) sono relativi al GT dell'NO₂ del semestre estivo e del semestre invernale, distinguendo i giorni feriali, prefestivi e festivi.



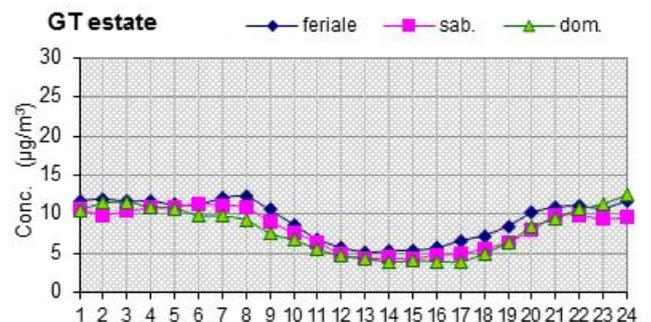
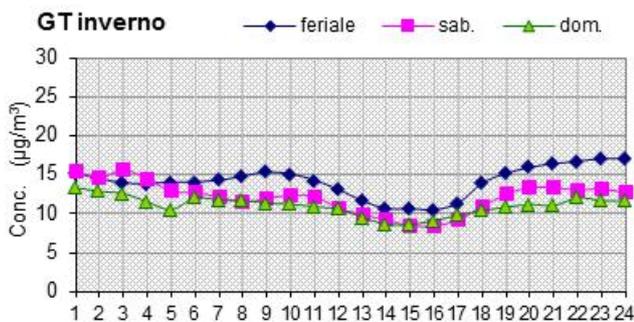
Zalamella – Traffico Urbano(TU) – Area urbana



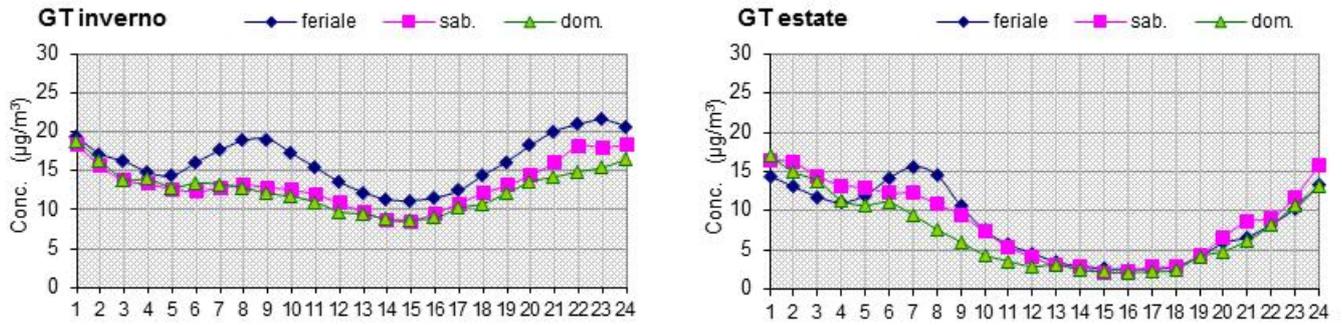
Caorle – Fondo Urbano Residenziale(FU-Res) – Area urbana



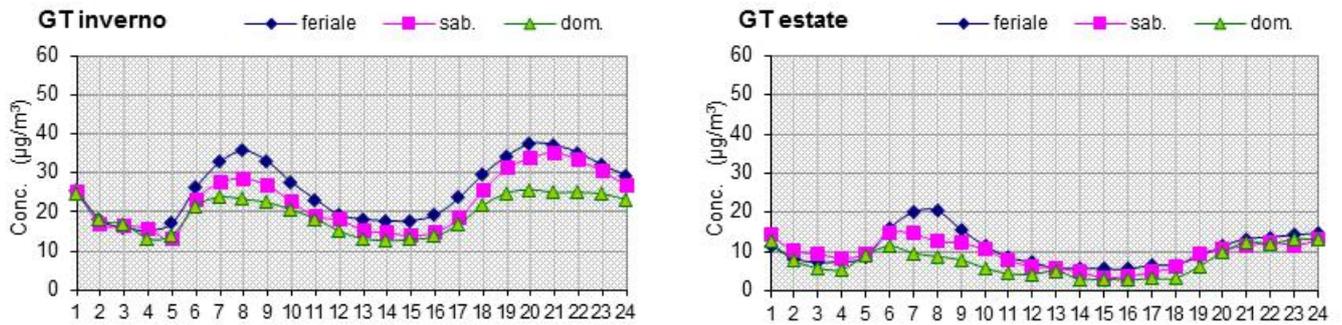
Parco Bertozzi – Fondo Urbano (FU) – Area urbana



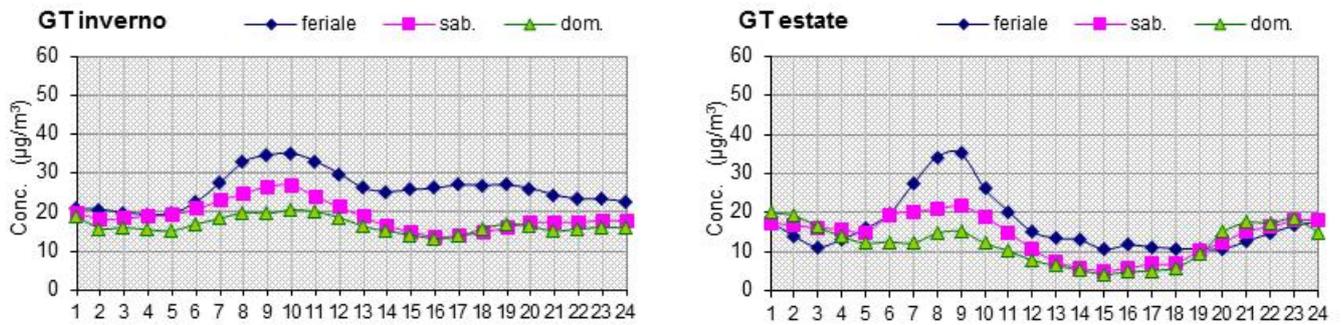
Ballirana – Fondo Rurale(FU-R)



Delta Cervia – Fondo SubUrbano(FSub-U)



Rocca Brancaleone – LOCALE - Industriale Urbana (Ind/U) – Area urbana



Porto San Vitale – LOCALE - Industriale (Ind) – Area industriale

Figura 4.6 – Biossido di azoto - giorni tipici – stazioni della rete di controllo della qualità dell'aria

Infine, in Tabella 4.4, sono riportati alcuni parametri statistici relativi alle concentrazioni orarie per la serie storica dal 2009 al 2019:

Tabella 4.4 - Andamento temporale di NO₂ dal 2009 al 2019 (concentrazioni espresse in µg/m³)

Stazione: Zalamella

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	41	37	37	35	32	33	37	33	31	30	28
50°Percentile	38	33	35	31	29	31	33	30	27	27	25
90°Percentile	-	-	-	-	-	55	65	58	59	53	50
95°Percentile	-	-	-	-	-	66	78	70	70	62	59
98°Percentile	96	88	94	94	84	79	96	84	87	73	73
Max	182	151	166	182	161	171	144	133	152	119	119
> 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	100	99	99	98	97	100	99	96	94	95	95

Stazione: Caorle

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	25	21	24	25	23	19	23	20	20	19	20
50°Percentile	22	17	20	19	17	15	17	16	15	15	15
90°Percentile	-	-	-	-	-	41	49	43	46	42	43
95°Percentile	-	-	-	-	-	47	58	50	54	49	49
98°Percentile	67	63	64	76	65	55	68	58	62	58	57
Max	96	99	104	166	136	120	99	85	103	93	91
> 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	92	96	98	98	99	95	94	98	96	95	97

Stazione: Parco Bucci (fino al 2015) e Parco Bertozzi (dal 2016)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	29	21	25	24	22	22	21	18	20	16	15
50°Percentile	22	15	20	19	17	19	16	13	15	11	11
90°Percentile	-	-	-	-	-	42	44	40	45	38	35
95°Percentile	-	-	-	-	-	48	52	48	54	46	42
98°Percentile	82	68	66	75	63	54	62	56	63	55	49
Max	132	127	111	157	98	100	96	92	121	92	77
> 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	100	99	100	98	99	88	86	95	95	95	99

Stazione: Ballirana

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	22	14	17	18	15	14	17	14	17	13	13
50°Percentile	19	10	12	13	11	12	15	10	14	10	10
90°Percentile	-	-	-	-	-	28	34	31	35	29	27
95°Percentile	-	-	-	-	-	33	39	39	42	36	33
98°Percentile	62	51	54	65	50	37	45	44	48	44	38
Max	139	96	85	117	92	58	74	70	74	70	51
> 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	92	95	99	98	96	95	90	98	99	99	99

Stazione: Delta Cervia

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	-	17	18	18	17	16	15	15	15	14	14
50° Percentile	-	14	15	15	13	13	12	12	11	11	11
90° Percentile	-	-	-	-	-	36	36	32	37	32	30
95° Percentile	-	-	-	-	-	42	42	39	44	38	36
98° Percentile	-	54	50	59	52	48	48	46	50	45	41
Max	-	102	73	109	92	73	72	71	85	69	56
> 200 µg/m³	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	-	94	97	99	93	92	94	97	97	99	99

Stazione: Rocca Brancaleone

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	32	27	34	30	30	28	31	24	24	21	22
50° Percentile	29	24	30	25	27	25	27	20	20	18	18
90° Percentile	-	-	-	-	-	49	59	46	50	43	47
95° Percentile	-	-	-	-	-	57	66	55	58	51	55
98° Percentile	78	76	86	83	71	71	74	64	67	57	65
Max	118	129	194	153	130	149	110	101	118	122	99
> 200 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	97	94	98	98	99	93	98	94	97	95	94

Stazione: SAPIR(fino al 2013) e Porto San Vitale (dal 2014)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	46	34	30	30	29	26	28	27	27	23	22
50° Percentile	43	33	28	27	26	25	26	26	24	21	19
90° Percentile	-	-	-	-	-	45	51	51	52	43	42
95° Percentile	-	-	-	-	-	51	58	57	59	50	48
98° Percentile	117	79	72	80	70	57	67	64	67	58	54
Max	188	143	151	137	130	98	106	118	98	82	77
> 200 µg/m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	91	96	97	95	93	94	96	99	92	96	98

Per gli ossidi di azoto (NO_x) la normativa fornisce un valore limite annuale per la protezione della vegetazione pari a 30 µg/m³ (somma di monossido e biossido di azoto calcolata in ppm ed espressa come biossido di azoto) e dà indicazioni circa il posizionamento delle stazioni in cui verificare il rispetto del limite. In particolare, i punti di campionamento destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione dovrebbero essere ubicati a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dagli agglomerati o da impianti industriali e da autostrade.

Nella RRQA della provincia di Ravenna la stazione che soddisfa questi criteri è quella di fondo rurale "Ballirana" e, anche in questa postazione, la concentrazione media annuale misurata nel 2019 è inferiore al limite per la protezione della vegetazione (Tabella 4.5).

NO_x	Riferimenti normativi		Ballirana
D.Lgs. 155/2010	Protezione della vegetazione Media annuale	30 µg/m ³	20 µg/m ³

 Tabella 4.5 - NO_x: media annuale 2019

4.3 Monossido di Carbonio CO

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore e inodore generato dalla combustione incompleta delle sostanze contenenti carbonio, in condizioni di difetto di aria, cioè quando il quantitativo di ossigeno non è sufficiente ad ossidare in modo completo le sostanze organiche.

La principale sorgente è il traffico veicolare. Le concentrazioni di CO emesse dai veicoli sono correlate alle condizioni di funzionamento del motore e i picchi più elevati si registrano durante le fasi di decelerazione e con motore al minimo. La continua evoluzione tecnologica ha permesso negli ultimi anni una consistente riduzione di questo inquinante.

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di monossido di carbonio (CO)	2009 - 2019		

L'attuale configurazione della Rete Regionale prevede la misura del monossido di carbonio (CO) nella sola postazione di traffico urbano, dove potenzialmente la concentrazione di tale inquinante è più elevata: nel nostro caso il CO è rilevato nella stazione "Zalamella".

A Ravenna, tale inquinante viene misurato anche nella stazione Locale di Rocca Brancaleone (industriale/urbana) e, dal 2014, in quella Locale Industriale di Porto San Vitale.

I valori di monossido di carbonio mostrano una continua diminuzione nell'ultimo decennio.

Il valore limite per la protezione della salute umana (media massima giornaliera su otto ore minore di 10 mg/m³) è ampiamente rispettato in tutte le stazioni della Provincia di Ravenna già da molti anni e, pertanto, questo inquinante non si può definire critico su quest'area.

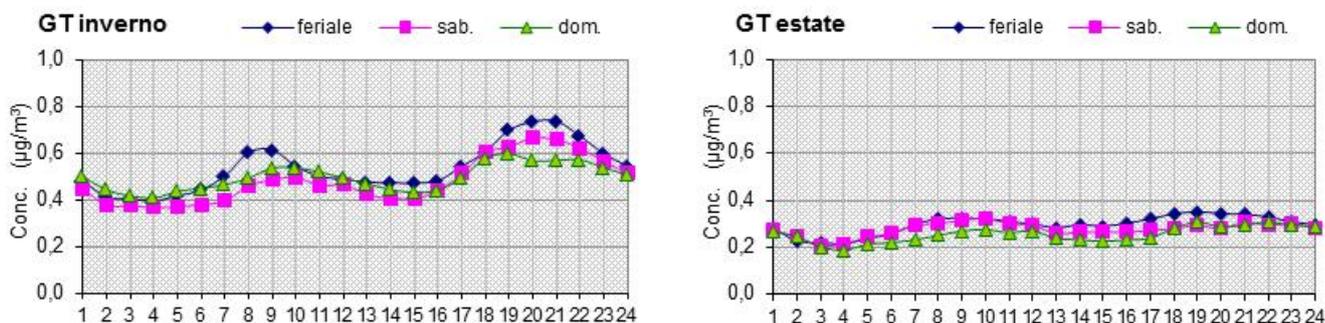
CO [L.Q. = 0,4 mg/m ³]				Concentrazioni in mg/m³			Limiti Normativi	Riferimenti OMS	
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza %	Minimo	Massimo	Media	Media Max 8 ore	Media Max 1 ora	Media Max 8 ore
							10 mg/m ³	30 mg/m ³	10 mg/m ³
Zalamella	Ravenna	Traffico	98	< 0,4	2,9	0,5	1,0	2,9	1,0
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urban	98	< 0,4	2,0	< 0,4	0,6	2,0	0,6
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	< 0,4	1,3	< 0,4	0,6	1,3	0,6

Tabella 4.6 – CO: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

Il valore limite per la protezione della salute umana indicato dal D.Lgs. 155/2010 - media massima giornaliera su otto ore pari a 10 mg/m³ - non è mai stato superato. Il valore più alto, registrato nella stazione di traffico, è pari a 1,0 mg/m³ (1/10 del limite); inoltre in tutte le postazioni, più del 75% dei dati non ha superato il limite di quantificazione strumentale (0,4 mg/m³).

Analizzando il trend degli ultimi anni (Tabella 4.7) si può notare che i valori sono molto bassi e decisamente inferiori al limite di legge. Tale andamento, ormai consolidato, induce a valutare che anche in futuro questo inquinante non presenterà particolari criticità.

In figura 4.7 si riportano i giorni tipici feriali, prefestivi e festivi, suddivisi per il periodo invernale (gen-mar e ott-dic) ed estivo (apr-set). Le concentrazioni sono un po' più elevate nel periodo invernale, ma restano sempre molto contenute. Nel grafico invernale della stazione di traffico (Zalamella) si intravedono due "picchi": uno intorno alle 8 e l'altro intorno alle 20, in corrispondenza degli orari di punta del traffico cittadino. Agli stessi orari sono presenti concentrazioni mediamente più alte anche a Rocca Brancaleone, sebbene la variazione – come si vede nel grafico corrispondente - sia meno pronunciata anche perché la stazione è più distante dalla strada.



Zalamella – Traffico Urbano – Area urbana

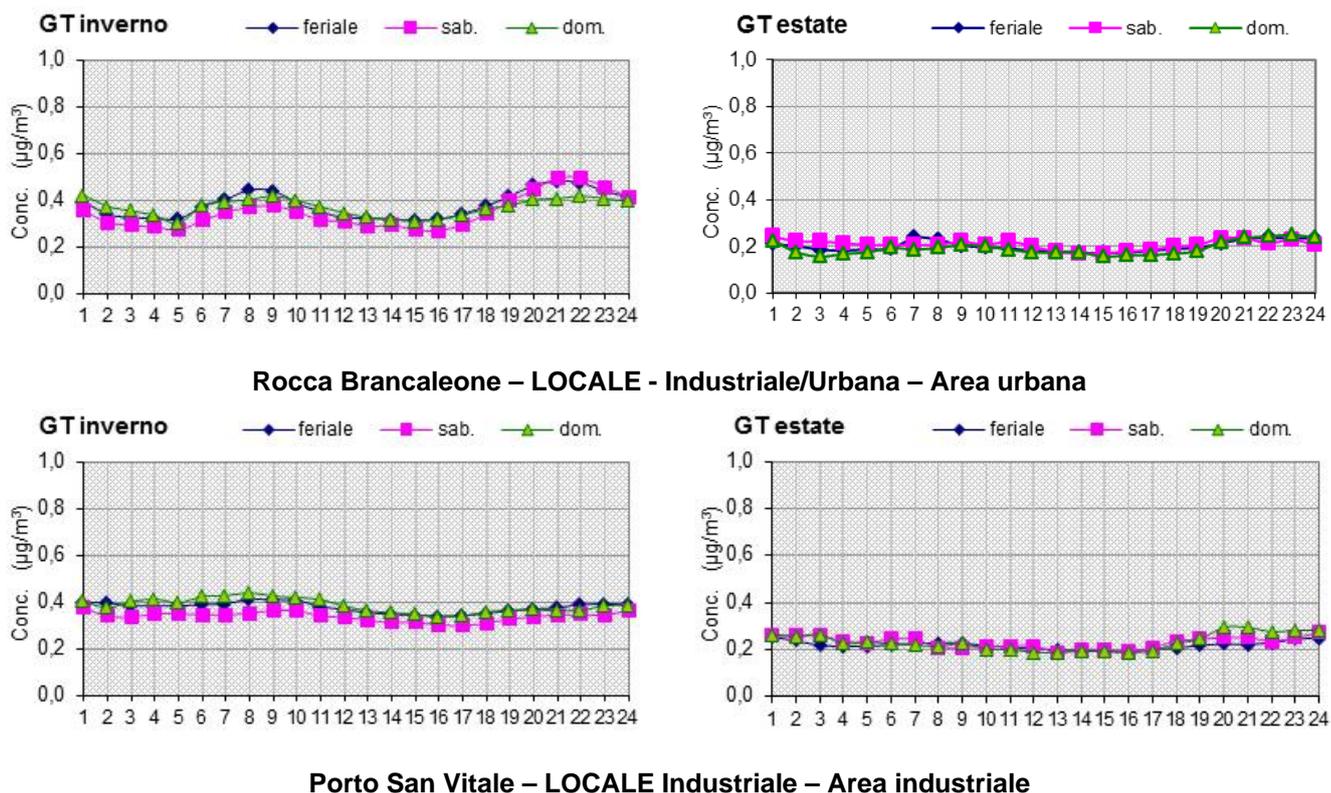


Figura 4.7 – Monossido di carbonio - Giorni tipici – anno 2019

La Tabella successiva riporta le elaborazioni statistiche di tutte le concentrazioni di CO rilevate (anche inferiori al limite di quantificazione) nel periodo 2009 ÷ 2019.

Tabella 4.7 - Andamento temporale di CO dal 2009 al 2019 (concentrazioni espresse in mg/m³)

Stazione: Zalamella

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5
50°Percentile	0.5	0.3	0.4	0.3	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4
90°Percentile	-	-	-	-	-	0.9	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8
95°Percentile	-	-	-	-	-	1.1	1.2	1.1	1.1	0.9	1.0
98°Percentile	1.6	1.6	1.4	1.4	1.5	1.3	1.6	1.4	1.3	1.1	1.2
Max	3.3	3.7	3.7	3.8	4.4	2.9	3.2	3.1	3.1	3.0	2,9
Max media 8 h	2.2	2.5	2.9	2.4	3.3	0.6	0.8	0.7	0.8	1.2	1.0
% dati validi	99	98	99	98	98	100	99	100	98	100	98

Stazione: Rocca Brancaleone

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
50°Percentile	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3
90°Percentile	-	-	-	-	-	0.5	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6
95°Percentile	-	-	-	-	-	0.6	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7
98°Percentile	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	0.8	1.1	1.0	1.1	0.9	0.8
Max	2.5	2.6	2.7	2.7	2.4	2.2	2.6	2.1	2.1	2.9	2.0
Max media 8 h	1.7	1.9	1.8	1.5	1.9	0.3	0.5	0.6	0.6	0.8	0.6
% dati validi	98	98	98	98	100	98	99	100	100	97	98

Stazione: Porto San Vitale

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	-	-	-	-	-	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
50°Percentile	-	-	-	-	-	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
90°Percentile	-	-	-	-	-	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5
95°Percentile	-	-	-	-	-	0.7	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6
98°Percentile	-	-	-	-	-	0.8	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7
Max	-	-	-	-	-	1.3	1.8	3.2	2.8	2.6	1.3
Max media 8 h	-	-	-	-	-	0.3	0.5	0.4	0.5	0.6	0.6
% dati validi	-	-	-	-	-	94	96	99	98	99	99

4.4 Ozono O₃

L'Ozono O₃ è un gas molto reattivo presente in atmosfera. Negli strati alti (stratosfera) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla terra formando un strato protettivo che filtra i raggi ultravioletti del sole, mentre nei strati più bassi (troposfera), se presente in concentrazioni elevate provoca disturbi irritativi all'apparato respiratorio e danni alla vegetazione.

L'Ozono di origine naturale si forma per interazione tra composti organici emessi in natura e l'ossigeno dell'aria sotto l'irradiazione solare, mentre quello di origini antropica si forma a seguito di reazioni con sostanze precursori quali composti organici volatili (COV) e ossidi di azoto. L'immissione di inquinanti primari, prodotti da traffico, processi di combustione, solventi delle vernici, evaporazione di carburanti, etc., favorisce la produzione di un eccesso di Ozono rispetto alle quantità presenti in natura durante i mesi estivi.

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria a livello del suolo di Ozono	2009 – 2019		
Superamento dei valori obiettivo previsti dalla normativa per l'Ozono	2009 – 2019		

L'ozono viene misurato nelle stazioni di Fondo: urbano, sub-urbano e rurale, dove si prevede che le concentrazioni rilevate siano più elevate, in virtù dell'origine secondaria di questo inquinante.

A Ravenna si effettuano misure di ozono anche nelle stazioni Locali: Rocca Brancaleone (industriale/urbana) e Porto San Vitale (industriale).

I valori di ozono misurati nel 2019 confermano il persistere di una situazione critica per questo inquinante, con superamenti dei valori obiettivo oltre il limite di 25 giorni annui in due stazioni su sei (nel 2018 erano quattro). Il valore della soglia d'informazione è stato superato in 5 stazioni per un massimo di 8 superamenti nella stazione di Fondo sub-urbano di Delta Cervia.

Il trend osservabile rimane stabile, con anni più o meno critici strettamente correlati alla meteorologia stagionale, come si è osservato anche negli anni precedenti e più in generale in tutta la Regione; la situazione di criticità diffusa osservata è riconducibile all'origine fotochimica e alla natura esclusivamente secondaria di questo inquinante, che rende la riduzione delle concentrazioni più complicata rispetto agli inquinanti primari: spesso, infatti, i precursori dell'ozono sono prodotti anche a distanze notevoli rispetto al punto in cui vengono misurate le concentrazioni maggiori di questo inquinante, rendendo decisamente più difficile pianificare azioni di risanamento/mitigazione.

O_3 [L.Q. = $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$]				Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Soglia informazione		Soglia allarme	Rif. OMS			
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza%	Minimo	Massimo	$180 \mu\text{g}/\text{m}^3$		$240 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
						ore di Sup.	giorni di Sup.	ore di Sup	Max Media 8 ore			
Ballirana	Alfonsine	Fondo Rurale	97	< 8	204	2	1	0	161			
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	96	< 8	216	8	2	0	195			
Parco Bertozzi	Faenza	Fondo Urbano	98	< 8	165	0	0	0	154			
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	97	< 8	198	7	3	0	186			
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	98	< 8	184	1	1	0	168			
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	98	< 8	192	7	2	0	172			
obiettivi a lungo termine												
O_3	N. gg superamenti di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ della media massima di 8 h da non superare per più di 25 gg (media 3 anni)									AOT 40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$) 18000 media 5 anni		
	Stazione	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	Anno	Media 3 anni	Anno
Ballirana	0	0	0	3	9	1	2	0	15	16	17616	16853
Delta Cervia	1	4	1	15	18	10	2	0	51	58	30593	30889
Parco Bertozzi	0	0	0	5	12	5	2	0	24	29	18595	21147
Caorle	0	2	0	10	5	8	3	0	28	36	23608	25748
Rocca Brancaleone	0	0	0	3	9	2	0	0	14	26	19393	20698
Porto San Vitale	0	0	0	8	10	3	1	0	22	24	18833	18837

Tabella 4.8 – O3: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

Il D.Lgs. 155/2010, oltre agli obiettivi a lungo termine (sintetizzati in Tabella 4.8), riporta:

- la soglia di informazione: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi della popolazione particolarmente sensibili, il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive;
- la 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 l'adozione di provvedimenti immediati.

In particolare, si raggiunge la soglia di informazione quando la media oraria è maggiore di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre la soglia di allarme si raggiunge se la media oraria è superiore a $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per tre ore consecutive.

Come già citato, l'ozono è un inquinante secondario e si forma a seguito di complesse reazioni fotochimiche (favorite dalla radiazione solare) che coinvolgono inquinanti primari (o precursori) immessi direttamente in atmosfera, quali gli ossidi di azoto e i composti organici volatili.

Pertanto, le stazioni in cui misurare questo inquinante sono le stazioni di fondo:

Finalità della misurazione	Tipo di stazione	Stazioni RRQA Ravenna
protezione della salute umana	Fondo Urbano	Parco Bertozzi e Caorle
protezione della salute umana/ protezione della vegetazione	Fondo Sub Urbano	Delta Cervia e Ballirana

A Ravenna l'ozono si misura anche in entrambe le stazioni Locali, in quanto tali postazioni sono vicine alla zona industriale, quindi a fonti significative di inquinanti precursori.

Siccome la concentrazione d'ozono dipende dall'intensità della radiazione solare, l'andamento delle concentrazioni di ozono troposferico ha una spiccata stagionalità (le più significative si rilevano nel periodo primavera-estate come illustrato nelle Figure 4.8 e 4.9 – media mensile anno 2019) e mostra un caratteristico andamento giornaliero, con il massimo di concentrazione in corrispondenza delle ore di maggiore insolazione (ore 13 ÷ 14 - Figura 4.10 – giorno tipico per il semestre estivo).

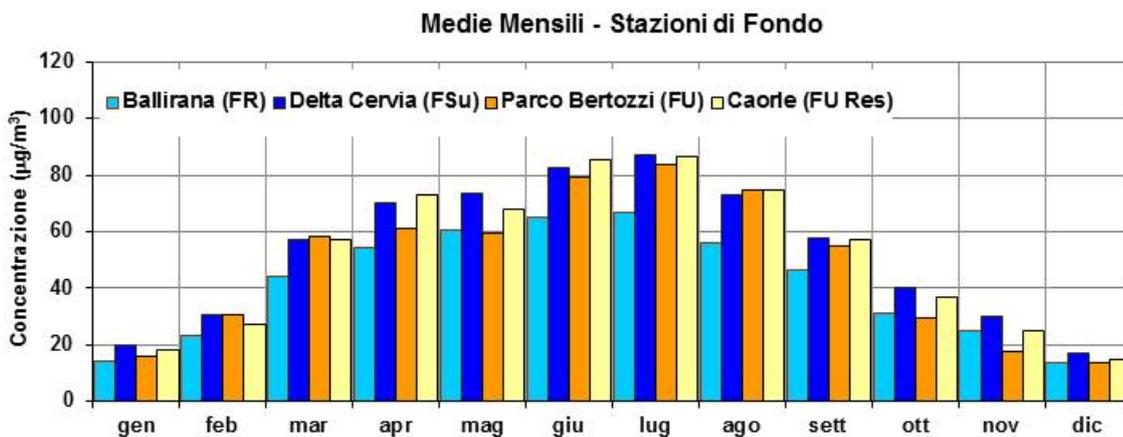


Figura 4.8 Concentrazioni medie mensili Stazioni di Fondo – anno 2019

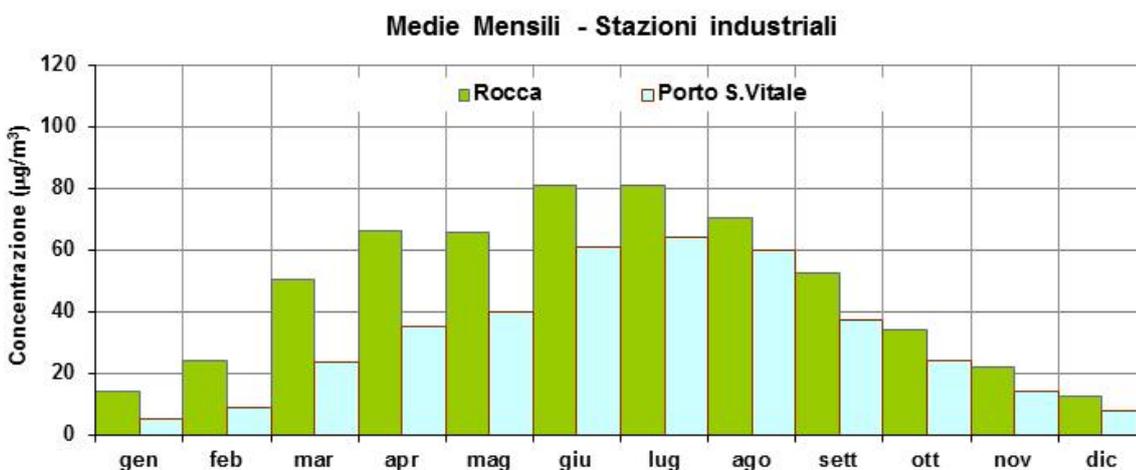
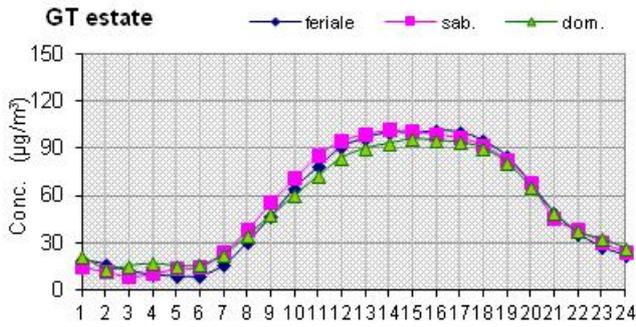


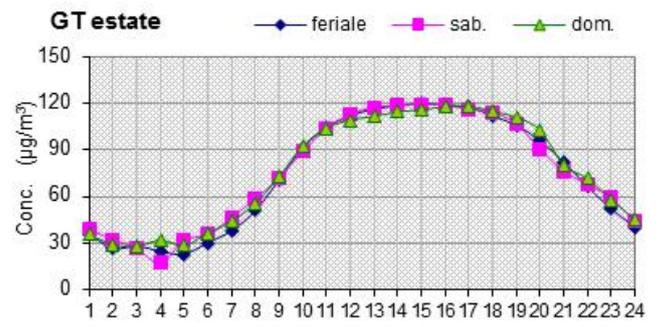
Figura 4.9 Concentrazioni medie mensili Stazioni LOCALI Industriali – anno 2019

Gli andamenti giornalieri delle concentrazioni di ozono nelle stazioni sono molto simili: il minimo tra le 6 e le 7 del mattino (quando si raggiunge il massimo di diffusione dell'ozono prodotto il giorno precedente) ed il massimo nelle ore centrali del pomeriggio, quando è maggiore l'insolazione e quindi più intensa la formazione dell'inquinante.

Stazioni di Fondo

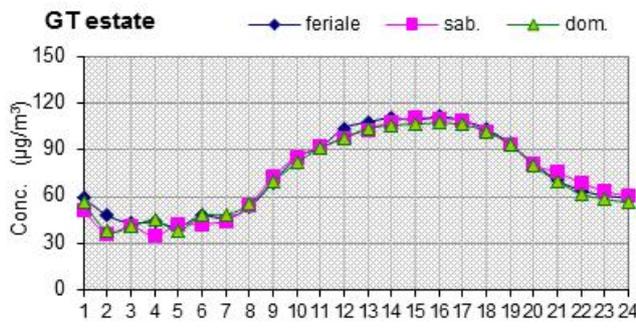


Ballirana (FR)

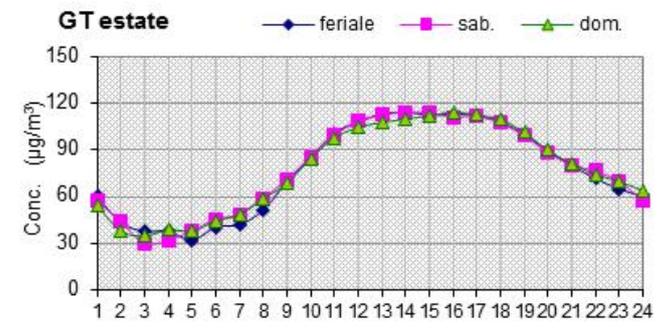


Delta Cervia (FSubU)

Stazione di Fondo Urbano

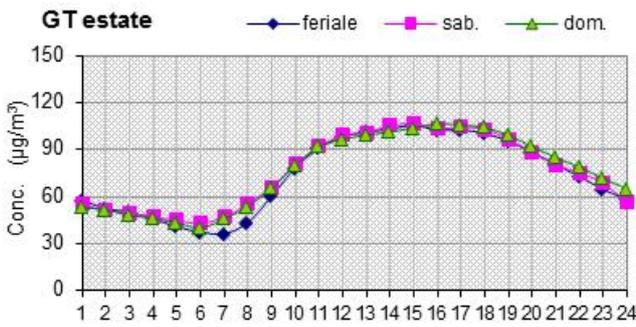


Parco Bertozzi (FU)

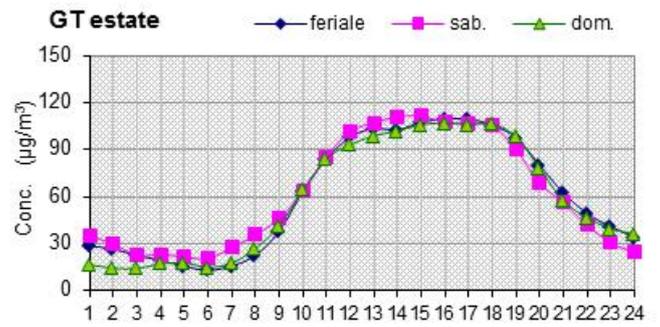


Caorle (FU Res)

Stazioni LOCALI Industriali



Rocca Brancaleone (Ind./Urbana)



Porto San Vitale (Ind)

Figura 4.10 - Ozono: giorni tipici estivi – anno 2019

Nel 2019 il limite per la protezione della salute umana (superamento della media massima giornaliera su 8 h di 120 µg/m³ per più di 25 giorni, calcolata come media degli ultimi tre anni) è stato superato nelle stazioni di Fondo sub-urbano (Delta Cervia, 58 giorni), Fondo urbano residenziale (Caorle, 36 giorni) e Fondo urbano (Parco Bertozzi, 29 giorni).

Il numero di giorni di superamento dei 120 µg/m³ dal 2009 al 2019 è riportato in Figura 4.11.

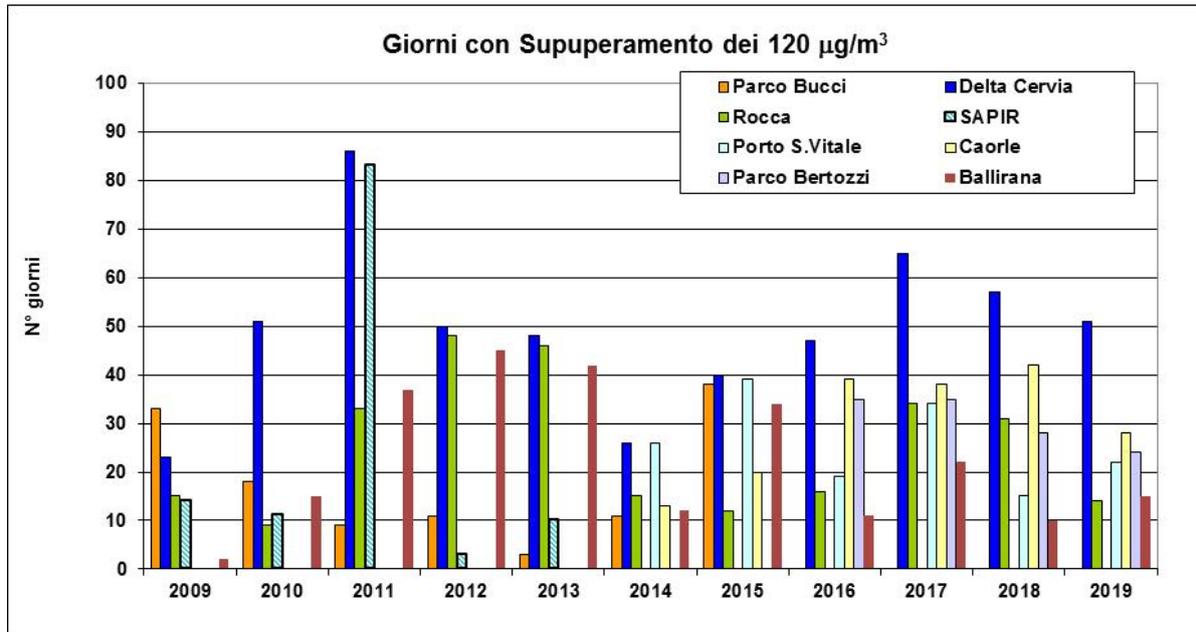


Figura 4.11 Giorni con superamento dei 120 µg/m³- periodo 2009 - 2019

Per quanto riguarda gli episodi acuti, la soglia di informazione (180 µg/m³) è stata superata in tre giornate: 27 giugno, 2 e 26 luglio, cos' come mostrato in Tabella 4.9, mentre la soglia di allarme (240 µg/m³) non è mai stata raggiunta.

giorno di sup.	Caorle	Delta Cervia	Ballirana	Rocca B	Porto S.Vitale
27 giugno 2019					
2 luglio 2019					
26 luglio 2019					

Tabella 4.9 – O3: giorni di superamento della soglia di informazione

Infine, si riportano in Tabella 4.10 alcuni parametri statistici relativi all'ozono, calcolati nel periodo dal 2009 al 2019.

Tabella 4.10 - Andamento temporale dell'ozono dal 2009 al 2019 (concentrazioni espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)**Stazione: Parco Bucci (fino al 2015) e Parco Bertozzi (dal 2016)**

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	-	-	-	-	-	39	43	49	51	48	48
50°Percentile	-	-	-	-	-	32	34	45	48	44	45
90°Percentile	-	-	-	-	-	86	99	98	100	98	96
95°Percentile	-	-	-	-	-	100	115	112	113	112	110
98°Percentile	-	-	-	-	-	114	133	128	130	127	123
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	180	156	158	154	140	164	187	178	180	173	165
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	33	18	9	11	3	11	38	35	35	28	24
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	96	100	99	98	97	95	99	99	98	98

Stazione: Ballirana

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	-	-	-	-	-	41	41	39	41	36	42
50°Percentile	-	-	-	-	-	34	31	32	34	28	35
90°Percentile	-	-	-	-	-	92	99	88	93	87	92
95°Percentile	-	-	-	-	-	103	114	101	106	100	105
98°Percentile	-	-	-	-	-	114	128	113	122	113	119
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	144	168	168	204	190	180	171	156	182	156	204
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2	15	37	45	42	12	34	-	22	10	15
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	3	2	0	0	0	1	0	1
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	--	88	99	99	98	94	90	98	99	99	97

Stazione: Delta Cervia

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	-	-	-	-	-	47	49	51	56	52	53
50°Percentile	-	-	-	-	-	40	43	46	50	45	47
90°Percentile	-	-	-	-	-	102	105	106	114	111	109
95°Percentile	-	-	-	-	-	113	119	120	126	123	121
98°Percentile	-	-	-	-	-	125	133	133	141	134	133
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	186	191	184	186	214	190	196	167	198	185	216
N° giorni sup 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23	51	86	50	48	26	40	47	65	52	51
N° giorni sup 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1	2	1	3	6	1	1	0	4	1	2
N° giorni sup 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	81	97	99	99	96	96	94	93	94	95	96

Stazione: Caorle

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	-	-	-	-	-	46	47	51	54	53	52
50°Percentile	-	-	-	-	-	44	44	49	53	50	50
90°Percentile	-	-	-	-	-	94	96	104	107	107	101
95°Percentile	-	-	-	-	-	104	109	116	118	119	113
98°Percentile	-	-	-	-	-	118	123	130	135	133	127
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-	177	198	187	190	174	198
N° giorni sup $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-	13	20	39	38	42	28
N° giorni sup $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-	0	1	2	2	0	3
N° giorni sup $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
% dati validi	-	-	-	-	-	98	96	96	93	97	97

Stazione: Rocca Brancaleone

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	-	-	-	-	-	47	42	45	48	48	48
50°Percentile	-	-	-	-	-	44	37	40	45	43	46
90°Percentile	-	-	-	-	-	97	91	94	100	101	97
95°Percentile	-	-	-	-	-	107	103	106	111	114	107
98°Percentile	-	-	-	-	-	119	115	120	127	128	119
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	154	170	175	197	205	181	187	181	179	170	184
N° giorni sup $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	15	9	33	48	46	15	12	16	34	31	14
N° giorni sup $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	2	6	1	1	1	0	0	1
N° giorni sup $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	96	99	98	98	98	99	99	100	99	98

Stazione: SAPIR (fino al 2013) e Porto San Vitale (dal 2014)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	-	-	-	-	-	36	37	32	34	30	32
50°Percentile	-	-	-	-	-	21	21	19	16	12	15
90°Percentile	-	-	-	-	-	93	97	88	95	89	93
95°Percentile	-	-	-	-	-	110	116	103	111	104	108
98°Percentile	-	-	-	-	-	127	134	122	130	119	122
Max orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	157	180	195	144	170	203	211	180	203	161	192
N° giorni sup $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	14	11	83	3	10	26	39	19	34	15	22
N° giorni sup $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	6	0	0	3	2	0	1	0	0
N° giorni sup $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	99	97	99	95	94	90	96	99	97	99	98

4.5 Benzene C₆H₆

Il benzene è una sostanza chimica liquida e incolore dal caratteristico odore pungente.

È il più comune e il più largamente utilizzato degli idrocarburi aromatici ed è impiegato come antidetonante nelle benzine. I veicoli a motore rappresentano infatti la principale fonte di emissione per questo inquinante che viene immesso nell'aria con i gas di scarico. Un'altra sorgente di benzene è rappresentata dalle emissioni di solventi prodotte da attività artigianali ed industriali come ad esempio: produzione di plastiche, resine, detergenti, vernici, collanti, inchiostri, adesivi, prodotti per la pulizia, ecc.

Oltre ad essere uno dei composti aromatici più utilizzati è anche uno dei più tossici, classificato dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) come cancerogeno di classe I per l'uomo.

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di Benzene (C ₆ H ₆)	2009 – 2019		

In considerazione del fatto che il Benzene è classificato dalla IARC cancerogeno di classe 1, a scopo cautelativo, viene rilevato in tutte le stazioni dell'area urbana di Ravenna. In particolare, nella stazione di traffico urbano (Zalamella) ed industriale (Porto San Vitale) viene eseguito un monitoraggio in continuo con dati orari, mentre a Caorle e Rocca Brancaleone il monitoraggio è settimanale, con campionatori passivi.

I valori più elevati sono registrati nella stazione di traffico.

Nel 2019 le concentrazioni medie annue del benzene sono inferiori ai limiti normativi, con valori simili a quelli rilevati negli ultimi anni.

La situazione, in relazione al rispetto del limite di legge, non è critica ma, considerata l'accertata cancerogenicità del composto e le concentrazioni comunque significative che si possono registrare durante i mesi invernali, la valutazione dello stato dell'indicatore non può essere considerata positiva.

Benzene C₆H₆ [L.Q. = 0,1 µg/m ³]				Concentrazioni in µg/m ³				Limite Normativo
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo orario</i>	<i>Massimo orario</i>	<i>Media Max giornaliera</i>	<i>Media Max settimanale</i>	5 µg/m ³
								<i>Media annuale</i>
Zalamella	Ravenna	Traffico	95	< 0,1	8,5	3,9	3,0	1,0
Carole (*)	Ravenna	Fondo Urb. Res	100	-	-	-	2,4	0,8
Rocca Brancaleone (*)	Ravenna	Locale Ind/Urban	100	-	-	-	2,1	0,8
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	95	< 0,1	4,2	3,3	2,0	0,6

Tabella 4.11 – C₆H₆ : parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme – strumentazione in continuo e campionatori passivi (Caorle, Rocca)

Per il benzene il limite per la protezione della salute umana, entrato in vigore il 1° gennaio 2010, è pari a 5 µg/m³ come media annuale.

In Tabella 4.11 sono riassunti i parametri statistici relativi alle concentrazioni di benzene rilevate a Ravenna : monitoraggio con strumentazione in continuo e campionatori passivi.

Il benzene (insieme ad altri COV, in particolare toluene e xileni) viene misurato:

- con strumentazione in continuo che fornisce dati con cadenza oraria nella postazione di traffico urbano (Zalamella) e in quella Locale Industriale di Porto San Vitale;
- con campionatori passivi a cadenza settimanale nelle altre due postazioni di Ravenna: fondo urbano residenziale (Caorle), Industriale/Urban (Rocca Brancaleone, rete locale).

Il campionatore passivo è un dispositivo capace di raccogliere gas dall'atmosfera ad una velocità controllata dalla diffusione molecolare e non richiede movimento attivo dell'aria. E' costituito da un tubo contenente un adsorbente che fissa l'inquinante; quando inizia il campionamento il tubo viene liberato dal contenitore ermetico e montato su apposito supporto che permette la diffusione degli inquinanti e contemporaneamente evita l'azione degli agenti atmosferici. Al momento dell'installazione viene annotata la data, l'ora e la postazione. Alla fine del campionamento il tubo viene richiuso nel contenitore, sigillato (segnando la data e l'ora) e portato in laboratorio per l'analisi. La determinazione analitica dei composti organici viene effettuata per gascromatografia dopo l'estrazione con una soluzione di solfuro di carbonio.

Dalla quantità totale di composti organici volatili rilevati, noto il volume d'aria "campionata", possono essere determinate le concentrazioni di COV in atmosfera espresse in µg/m³, fra cui il benzene. Il campionatore viene cambiato ogni settimana: il dato che si ottiene è una concentrazione media settimanale e da questa vengono poi calcolate la media annuale (parametro di riferimento legislativo per il benzene) e le medie mensili.

In tutte le stazioni la media annuale è inferiore al limite normativo, con concentrazioni che oscillano fra 1,0 µg/m³ a Zalamella e 0,6 µg/m³ a San Vitale, entrambi valori in linea con quelli registrati negli anni precedenti. Nelle postazioni in cui la misura è integrata sulla settimana, le concentrazioni

medie annuali si sono assestate già da qualche anno su valori prossimi a $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e il 2019 ha confermato questa tendenza.

In Figura 4.12 sono rappresentate le concentrazioni medie annuali a partire dal 2009: il valore limite, entrato in vigore nel 2010, è sempre stato rispettato e, a partire dal 2009, la concentrazione annuale è stabilmente inferiore a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

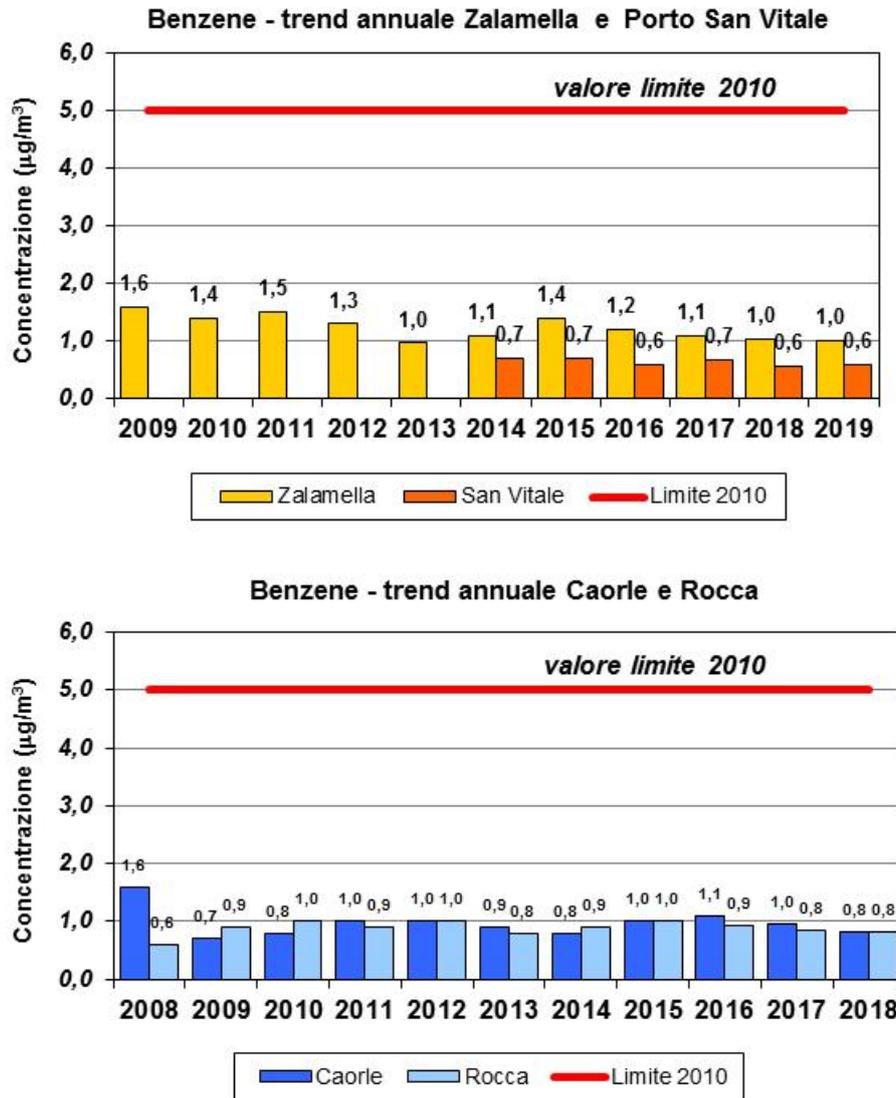


Figura 4.12 - Confronto con i valori limite- D.lgs. 155/10

I grafici successivi (Figure 4.13 e 4.14) riportano le concentrazioni medie mensili: valori molto prossimi ai $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o superiori, sono stati rilevati solo a Zalamella nei mesi di gennaio e dicembre, periodo in cui anche gli altri inquinanti (ad esclusione dell'ozono) manifestano le concentrazioni più elevate. Il trend annuale delle concentrazioni è comunque simile sia nelle postazioni con campionatori in continuo che in quelle con campionatori passivi.

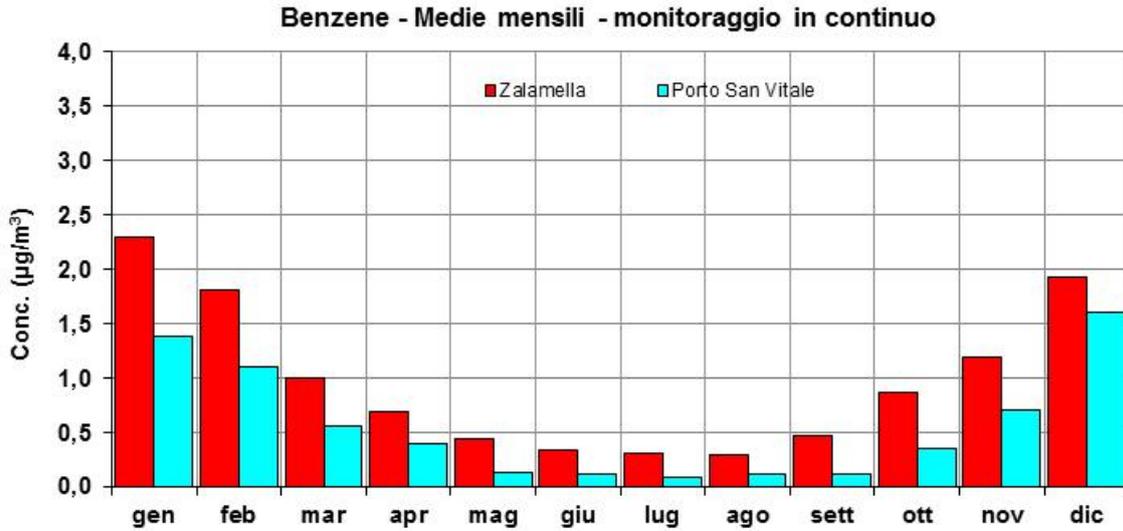


Figura 4.13 - Concentrazioni medie mensili: Zalamella e Porto San Vitale - monitoraggio continuo - Anno 2019

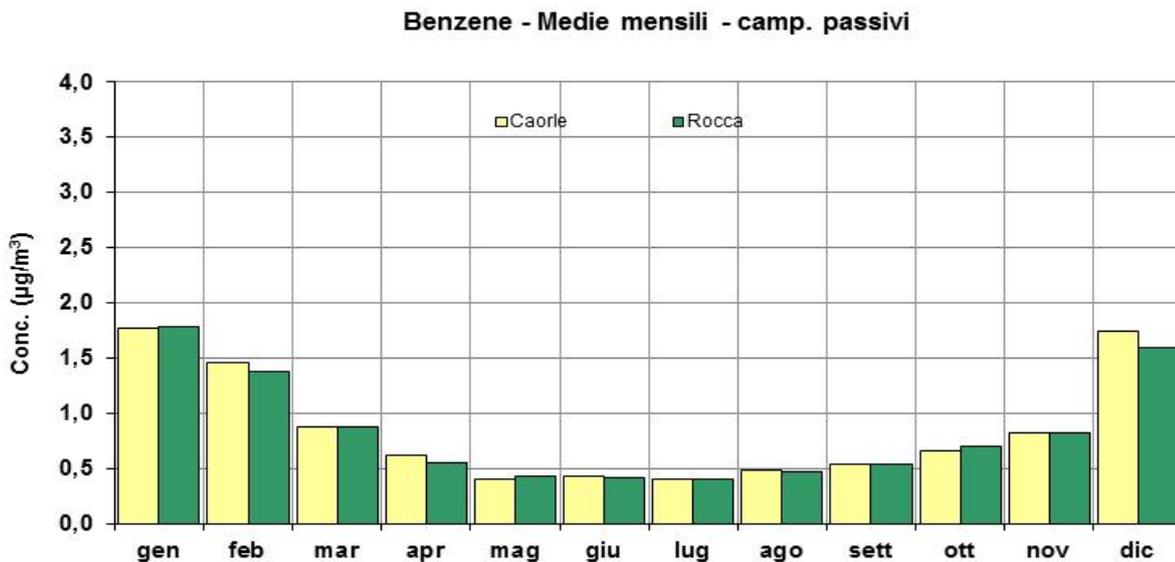


Figura 4.14 - Concentrazioni medie mensili: Caorle, Rocca - campionatori passivi - Anno 2019

La Tabella 4.12 riporta alcuni parametri statistici delle concentrazioni di benzene a partire dal 2009. Si osserva, negli anni, una progressiva diminuzione della concentrazione e, ad oggi, il dato risulta stabile su valori contenuti. Tale riduzione è essenzialmente riconducibile alla limitazione del contenuto massimo di benzene e degli idrocarburi aromatici nelle benzine².

² Già la legge 413/97 fissava per il benzene e per gli aromatici limiti massimi in percentuale volumetrica (1% in vol per il benzene e 40% in vol per gli aromatici). Il Decreto Legislativo n.66/2005 (recepimento Direttiva 98/70/CE) prevedeva per le benzine i seguenti valori massimi:

- tenore di Piombo: 0.005 g/l,
- contenuto di benzene: 1 % vol;
- contenuto di zolfo: 150 mg/kg fino al 31/12/2004, poi dal 1/1/2005: 50 mg/kg;
- contenuto di aromatici: 42% vol. fino al 31/12/2004, poi dal 1/1/2005, il 35% vol.

Il D.Lgs. n.55/2011 (recepimento della direttiva 2009/30/CE) ha poi stabilito le *specifiche ecologiche* della benzina. Fra queste, i seguenti limiti:

Analisi degli idrocarburi: olefinici 18,0% (v/v) – aromatici 35,0% (v/v) - benzene) 1,0% (v/v)
 Tenore di zolfo: 10,0 mg/kg Tenore di piombo: 0,005 g/l

Tabella 4.12 - Andamento temporale di Benzene dal 2009 al 2019 (concentrazioni espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stazione: Zalamella

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	1.6	1.4	1.5	1.3	1.3	1.1	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
50°Percentile	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.9	0.7	0.6	0.7	0.6
90°Percentile	-	-	-	-	-	2.3	2.9	2.5	2.7	2.3	2.2
95°Percentile	-	-	-	-	-	2.9	3.9	3.4	3.6	2.8	3.0
98°Percentile	5.4	4.7	5.5	5.5	5.1	3.9	5.3	4.5	4.7	3.6	3.8
Max	12.8	11.6	12.4	16.0	16.8	12.3	48.7	10.7	18.7	10.4	8.5
N° giorni > 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
N° giorni >10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% dati validi	91	98	94	94	91	95	95	96	94	95	93

Stazione: Carole (campionatori passivi)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
% dati validi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media annua	0.7	0.8	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0	1.1	1.0	0.8	0.8
Max settimana	1.4	2.3	3.1	2.6	2.9	1.9	3.0	3.5	2.9	2.3	2.4

Stazione: Rocca Brancaleone (campionatori passivi)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
% dati validi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media annua	0.6	0.9	1.0	0.9	1.0	0.8	0.9	1.0	0.9	0.8	0.8
Max settimana	1.2	2.4	2.9	2.3	3.1	1.9	3.0	2.5	2.7	2.4	2.1

Stazione: Porto San Vitale

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	-	-	-	-	-	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6
50°Percentile	-	-	-	-	-	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
90°Percentile	-	-	-	-	-	1.6	1.8	1.7	1.7	1.5	1.5
95°Percentile	-	-	-	-	-	1.9	2.4	2.2	2.3	1.9	1.9
98°Percentile	-	-	-	-	-	2.2	3.0	2.8	2.9	2.3	2.6
Max	-	-	-	-	-	4.0	39.2	7.2	8.7	6.6	4.2
N° giorni > 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
N° giorni > 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
% dati validi	-	-	-	-	-	98	96	94	94	95	94

4.6 Toluene C₇H₈ e Xileni C₈H₁₀

Il Toluene è un liquido volatile ed incolore dall'odore fruttato e pungente; è un idrocarburo aromatico principalmente utilizzato come sostituto del benzene, sia come reattivo che come solvente. Come solvente viene impiegato per sciogliere resine, grassi, oli, vernici, colle, coloranti e molti altri composti. E' contenuto anche nelle benzine.

Il termine Xileni si riferisce alla miscela di tre composti isomeri derivati dal benzene, chiamati rispettivamente orto-xilene, meta-xilene e para-xilene, le cui proprietà chimiche variano leggermente da isomero a isomero.

Lo xilene è un liquido incolore avente un odore lievemente dolce; è anch'esso un idrocarburo aromatico infiammabile e nocivo. È un prodotto che si trova naturalmente nel petrolio e nel catrame: le industrie chimiche producono lo xilene a partire dal petrolio ed è utilizzato come solvente nella stampa, per la lavorazione delle gomme e del cuoio, come agente pulente per acciai, e come diluente per vernici. Il p-xilene viene usato anche nel confezionamento di alimenti. Si può formare anche negli incendi boschivi.

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di Toluene (C ₇ H ₈) e Xileni (C ₈ H ₁₀)	2009 – 2019		

La normativa nazionale non fissa valori limite di qualità dell'aria per toluene e xileni, mentre l'OMS indica dei valori guida, che corrispondono alle concentrazioni al di sopra delle quali si **possono riscontrare** effetti sulla salute della popolazione non esposta professionalmente.

Toluene e xileni vengono misurati nelle stesse stazioni in cui si effettua la misura del benzene quindi: nella stazione di traffico urbano (Zalamella) e di Fondo urbano (Caorle) e nelle stazioni Locali di Porto San Vitale e Rocca Brancaleone.

Nel 2019 i valori di toluene e xileni misurati in tutte le postazioni hanno concentrazioni massime ben al di sotto di valori guida dell'OMS.

In modo analogo al benzene, a partire dal 2009-2010 le concentrazioni di entrambi gli inquinanti sono progressivamente diminuite in tutte le stazioni.

Toluene C_7H_8				Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$					OMS
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza%</i>	<i>Minimo orario</i>	<i>Massimo orario</i>	<i>Media Max giornaliera</i>	<i>Media Max settimanale</i>	<i>Media annuale</i>	<i>260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>
									<i>Media settimanale</i>
Zalamella	Ravenna	Traffico	93	< 0.2	47.5	12.9	7.1	3.3	8.6
Caorle (*)	Ravenna	Fondo Urbano Res	100	-	-	-	3.4	1.6	3.4
Rocca Brancaleone (*)	Ravenna	Locale Ind/Urbano	100	-	-	-	3.4	1.6	3.4
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	94	< 0.2	29.7	7.3	5.4	1.2	5.4
Xileni C_8H_{10}				Concentrazioni in $\mu\text{g}/\text{m}^3$					OMS
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza%</i>	<i>Minimo Orario</i>	<i>Massimo orario</i>	<i>Media Max giornaliera</i>	<i>Media Max settimanale</i>	<i>Media annuale</i>	<i>4800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>
									<i>Media 24 ore</i>
Zalamella	Ravenna	Traffico	93	< 0.2	43.4	12.8	6.3	2.2	6.3
Caorle (*)	Ravenna	Fondo Urbano Res	100	-	-	-	2.8	1.3	-
Rocca Brancaleone (*)	Ravenna	Locale Ind/Urbano	100	-	-	-	6.5	1.4	-
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	94	< 0.2	57.7	5.5	3.6	1.3	3.6

Tabella 4.13 – Toluene e Xileni: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme – strumentazione in continuo e campionatori passivi (Caorle, Rocca)

Relativamente agli xileni, sia nel monitoraggio in continuo sia nella determinazione analitica sui campionatori passivi, si misurano i 3 isomeri: m-xilene, p-xilene e o-xilene. La Tabella 4.13 sintetizza le elaborazioni statistiche relative a tutti i campionamenti effettuati e la Figura 4.15 riporta le medie mensili. Le concentrazioni massime rilevate in tutte le postazioni sono ben al di sotto dei valori guida dell'OMS (riportati in verde nell'ultima colonna in Tabella 4.13).

Toluene e xileni presentano un andamento stagionale meno marcato rispetto al benzene ma è mantenuto il trend annuale che vede concentrazioni più alte in inverno e più contenute in estate.

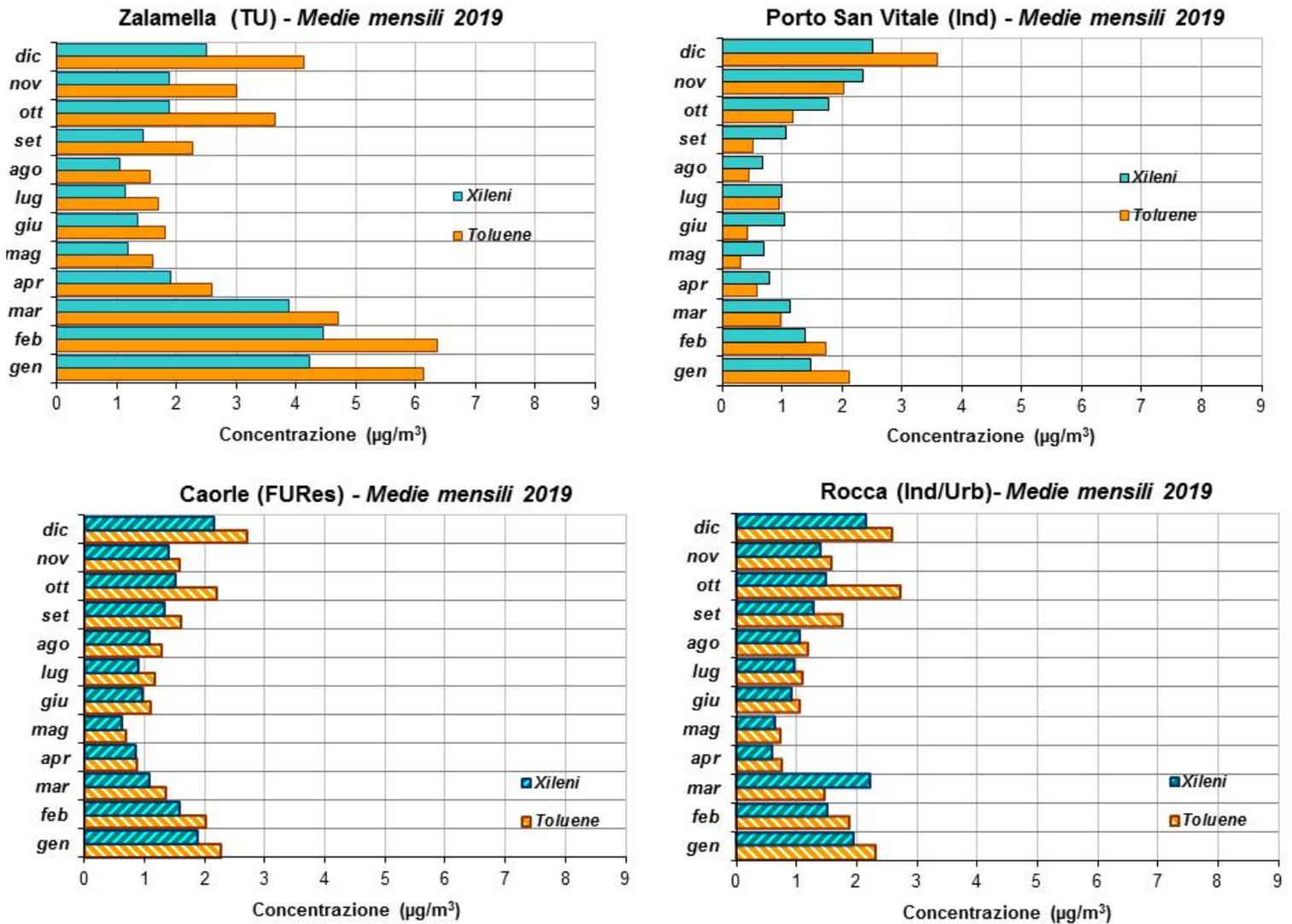


Figura 4.15 – Toluene e Xilene: concentrazioni medie mensili – anno 2019

In Tabella 4.13-bis sono riportati alcuni parametri statistici relativi a toluene e xilene per la serie storica dal 2009 al 2019

Tabella 4.13 bis - Andamento temporale di Toluene e Xileni dal 2009 al 2019 (concentrazioni espresse in µg/m³)

Stazione: Zalamella

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Toluene											
% dati validi	91	98	94	94	89	95	95	96	94	95	93
Media	5.0	4.0	4.5	3.8	3.4	3.4	2.7	3.4	3.5	3.5	3.3
Max orario	57.0	198.1	53.5	162.8	86.0	61.6	51.9	178.4	274.6	70.8	47.5
Xileni											
% dati validi	91	98	95	94	91	95	95	96	94	95	93
Media	3.0	2.1	3.0	1.9	1.6	2.1	1.7	2.0	1.9	2.3	2.2
Max orario	74.0	86.6	65.7	34.3	31.7	28.2	35.4	26.7	51.4	32.5	43.4

Stazione: Caorle

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Toluene											
% dati validi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media annua	4.9	4.7	2.7	2.7	3.0	2.4	2.0	2.3	2.9	2.5	1.6
Max settimana	11.2	12.1	13.5	25.7	8.0	6.0	5.8	7.1	28.1	10.8	3.4
Xileni											
% dati validi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media annua	5.6	3.5	1.7	1.4	1.7	1.5	1.3	1.6	2.0	1.8	1.3
Max settimana	12.8	8.3	3.9	3.7	6.2	4.0	3.9	3.9	5.9	4.2	2.8

Stazione: Rocca

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Toluene											
% dati validi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media annua	4.8	2.2	2.3	2.7	2.2	2.2	4.5	2.5	2.3	1.9	1.6
Max settimana	13.1	4.9	6.7	7.4	5.0	6.1	112.1	10.3	6.6	9.5	3.4
Xileni											
% dati validi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media annua	3.5	1.4	1.3	1.6	1.4	1.3	1.7	1.9	1.6	1.4	1.4
Max settimana	8.6	3.1	2.5	5.9	4.0	4.0	4.9	4.7	3.9	2.7	6.5

Stazione: SAPIR (fino al 2013) e Porto San Vitale (dal 2014)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Toluene											
% dati validi	100	100	100	100	100	100	96	94	94	95	94
Media annua	2.0	3.9	2.5	2.2	2.0	1.8	1.9	1.6	1.7	1.2	1.2
Max settimana/ Max orario (dal 2014)	6.5	94.6	6.9	4.8	6.8	42.1	122.3	82.9	97.1	46.0	29.7
Xileni											
% dati validi	100	100	100	100	100	100	96	94	94	95	94
Media annua	1.4	1.4	1.6	1.7	1.5	1.5	1.7	1.8	1.5	1.2	1.3
Max settimana/ Max orario (dal 2014)	4.2	2.8	4.6	3.8	4.1	54.4	38.1	305.0	59.1	17.0	57.7

4.7 Particolato PM10

Con il termine PM10 si intende l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide aventi diametro aerodinamico inferiore o uguale a 10 μm . In generale il particolato di queste dimensioni permane in atmosfera per lunghi periodi e può essere trasportato anche a distanza considerevole dal punto di emissione. Il PM10, che ha una natura chimica particolarmente complessa e variabile, è in grado di penetrare nell'apparato respiratorio umano e avere effetti negativi sulla salute.

Il particolato può essere emesso direttamente dalle sorgenti in atmosfera (primario) oppure formarsi in atmosfera attraverso reazioni chimiche fra altre specie di inquinanti, come ad esempio gli ossidi di zolfo e di azoto, i composti organici volatili (COV) e l'ammoniaca (particolato secondario).

Il PM 10 può essere emesso da sorgenti naturali: eruzioni vulcaniche, erosione dei venti sulle rocce, incendi boschivi, o da sorgenti antropiche: tra queste una delle più significative è il traffico veicolare.

Questo inquinante è oggetto di numerosi studi a livello internazionale per la valutazione dell'impatto sanitario, ricerche che hanno portato l'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) a affermare che «vi è una stretta, relazione quantitativa tra l'esposizione ad alte concentrazioni di particolato fine (PM10 e PM2.5) e un aumento della mortalità e morbilità, sia quotidiana sia nel tempo. [...] Il particolato fine ha effetti sulla salute, anche a concentrazioni molto basse, infatti non è stata identificata una soglia al di sotto della quale non si osservano danni alla salute». Pertanto l'OMS, pur indicando dei valori guida (per il PM 10: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale e 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media sulle 24 ore), pone l'obiettivo di raggiungere «le più basse concentrazioni di PM possibile».

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di particolato PM10	2014 – 2019		
Numero superamenti del limite giornaliero per particolato PM10	2014 – 2019		

Il PM10 viene misurato nelle stazioni di Traffico, di Fondo Urbano e Sub-urbano ed in quelle Locali. Nel 2019 il limite della media annuale del PM10 (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) è rispettato in tutte le stazioni della Provincia di Ravenna. Il limite giornaliero (media giornaliera di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte in un anno) è stato superato nella stazione di traffico urbano (Zalamella) e nelle stazioni Locali di Rocca Brancaleone e Porto San Vitale.

Gli obiettivi dell'OMS (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale e 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come concentrazione massima sulle 24 ore) sono stati superati in tutte le stazioni. Il trend storico della media annuale presenta un assestamento attorno al valore di 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tuttavia il PM10 resta un inquinante critico sia per i diffusi superamenti del limite di breve periodo sia per gli importanti effetti che ha sulla salute.

Considerata la classificazione di questo inquinante da parte dell'OMS e le concentrazioni significative che si possono rilevare soprattutto in periodo invernale, la valutazione dello stato dell'indicatore non può essere considerata positiva, nonostante i limiti normativi nel 2019 siano stati rispettati nella maggior parte delle stazioni della Rete Regionale.

PM10 [L.Q. = 3 µg/m ³]				Concentrazioni in µg/m³		Limiti Normativi	
<i>Stazione</i>	<i>Comune</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza %</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	40 µg/m³ <i>Rif. OMS: 20 µg/m³</i>	Max 35 <i>Rif. OMS: Max 1</i>
						<i>Media anno</i>	N° giorni Sup. 50 µg/m³
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	98	4	79	26	28
Parco Bertozzi	Faenza	Fondo Urbano	96	6	73	24	20
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	94	6	79	26	33
Zalamella	Ravenna	Traffico	99	5	88	30	51
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	97	5	81	27	43
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	98	7	188	37	75

Tabella 4.14 – PM10: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

In relazione ai dati riportati in Tabella 4.14 si può osservare che nel 2019 il limite della media annuale è stato rispettato in tutte le postazioni. In Figura 4.16 viene riportato il trend degli ultimi anni della media annuale e in Figura 4.17 il numero di superamenti rilevati nelle stazioni urbane e sub urbane della rete (compresa la stazione locale di Rocca Brancaleone). Nel 2019 la media annuale ed il numero di giorni con concentrazioni superiori a 50 µg/m³ sono superiori all'anno precedente ed in linea con gli anni 2017 e 2015. In area industriale (Figura 4.18), i valori della media annuale e del numero di superamenti per il 2019 sono in linea con il 2018 e inferiori al 2017 e 2016.

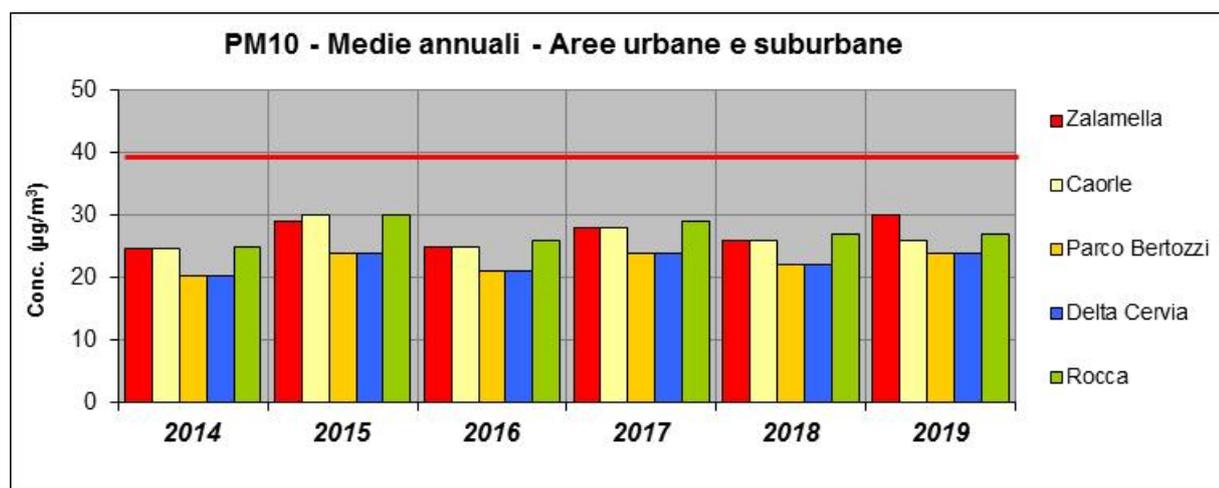


Figura 4.16 – PM10 medie annuali Area Urbana e Sub Urbana – Stazioni RRQA + Stazione Locale di Rocca Brancaleone (Ind/Urb)

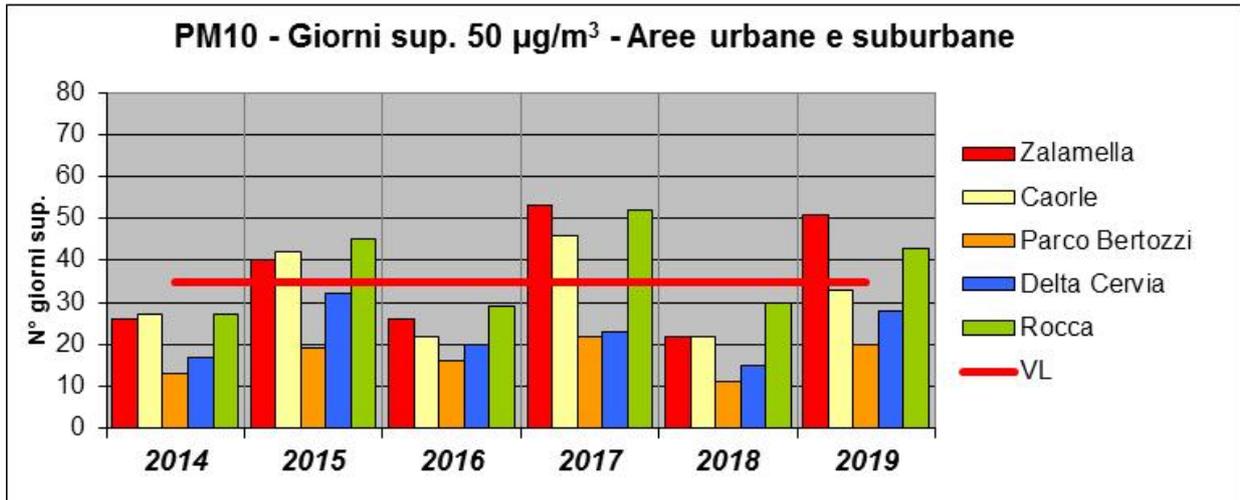


Figura 4.17 – PM10 giorni con superamento dei 50 µg/m³ - Area Urbana e Sub Urbana Stazioni RRQA + Stazione Locale di Rocca Brancaleone (Ind/Urb)

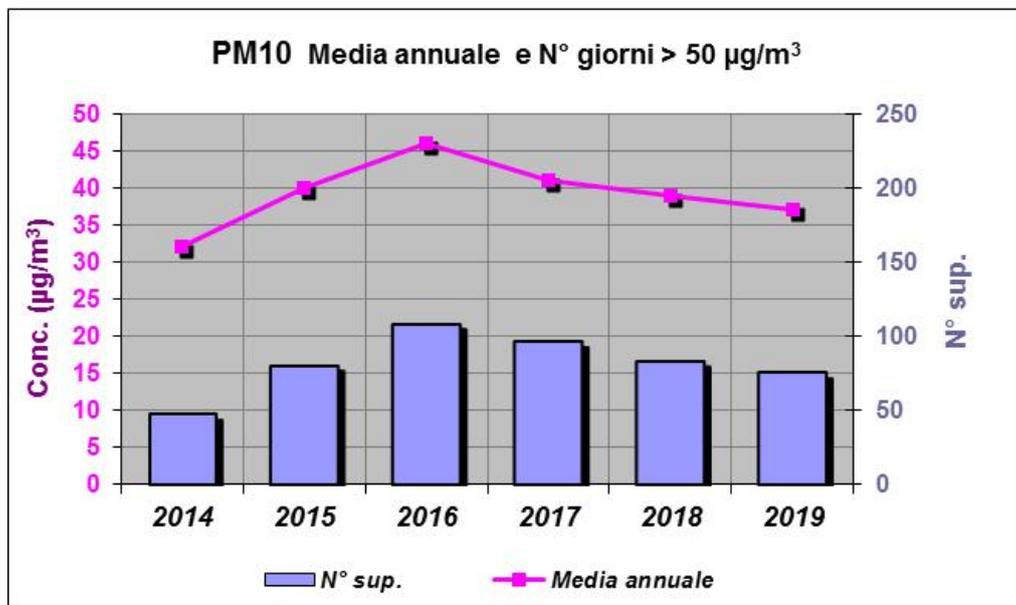


Figura 4.18 – PM10 medie annuali e giorni con superamento dei 50 µg/m³ – Area industriale – Stazione Locale - Porto San Vitale

La Figura 4.19 riporta il grafico relativo al numero di superamenti della media di 50 µg/m³ di PM10 cumulati nel corso del 2019 nelle 5 stazioni della rete e in quella locale urbana/industriale di Rocca Brancaleone e consente di visualizzare fino a quando, nelle diverse stazioni, il limite di breve periodo è stato rispettato. Si può constatare che tale limite, nel 2019, è stato superato a metà ottobre (287° giorno dell'anno: 14 ottobre) a Zalamella e ad inizio dicembre (7 dicembre) a Rocca Brancaleone.

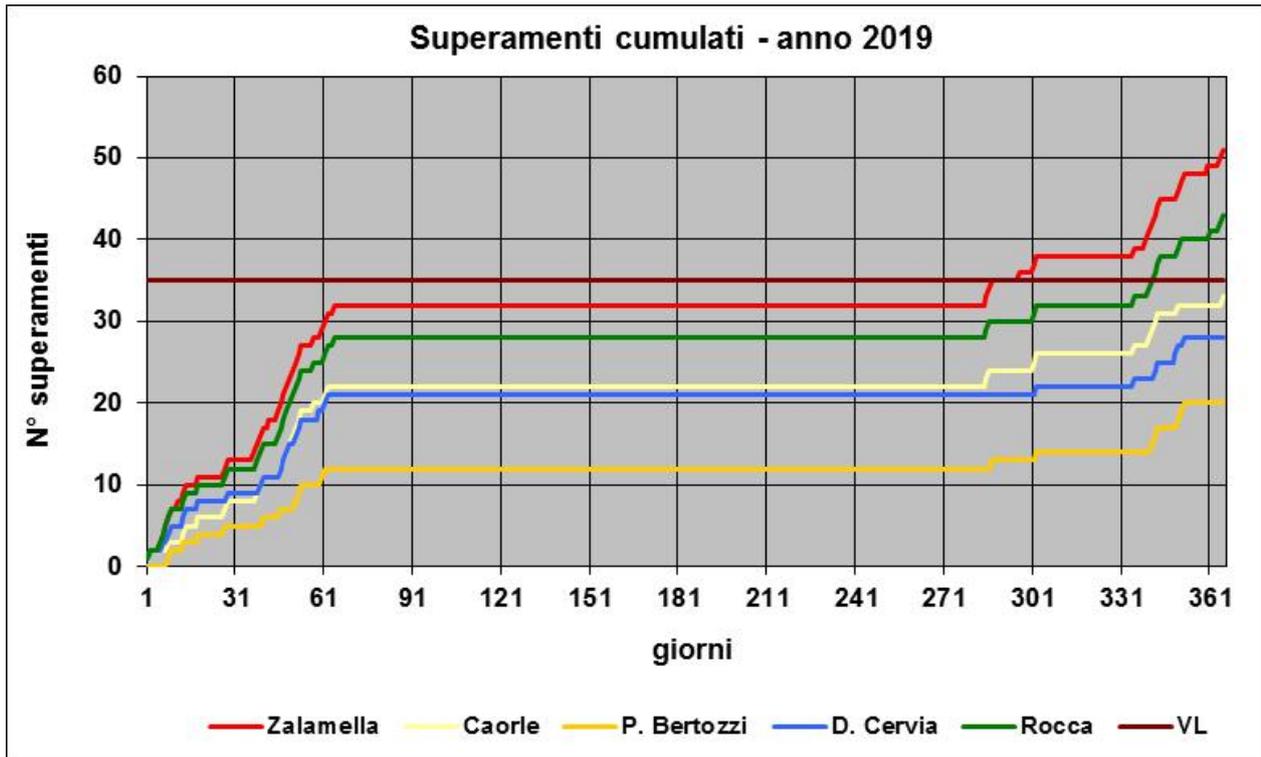


Figura 4.19 – PM10 Superamenti cumulati - Area Urbana e Sub Urbana Stazioni RRQA + Stazione Locale di Rocca Brancaleone (Ind/Urb)

Nelle Figure successive vengono riportate le medie mensili per l'area urbana e sub-urbana (Figura 4.20) e per l'area industriale (Stazioni Locali Figura 4.21). In tutte le stazioni i valori più elevati si sono misurati a gennaio, febbraio e dicembre, con concentrazioni medie mensili superiori a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In generale le concentrazioni più basse sono state misurate a Parco Bertozzi (Fondo urbano) nei mesi primaverili-estivi, in particolare nel mese di maggio nel quale si sono verificate abbondanti precipitazioni.

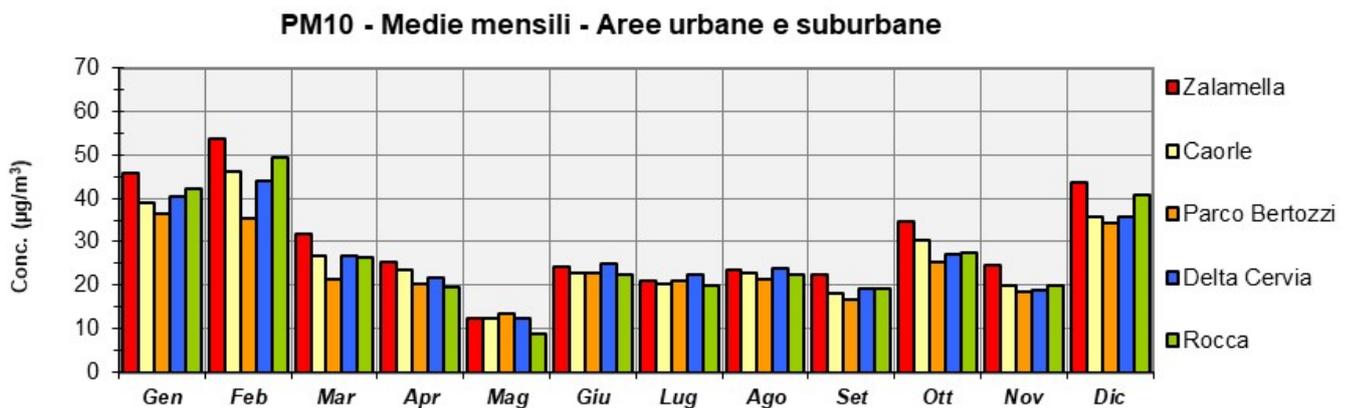


Figura 4.20 – PM10 medie mensili Area Urbana e Sub Urbana – Stazioni RRQA + Stazione Locale di Rocca Brancaleone (Ind/Urb) anno 2019

Anche in area portuale (Stazione Porto San Vitale - Figura 4.21) si rileva una certa "stagionalità" della concentrazione di particolato: l'andamento è simile a quello della stazione urbana/industriale di Rocca Brancaleone, seppur meno evidente, poiché risente delle emissioni legate alle attività insediate al porto, il cui contributo si sovrappone alla variabilità legata alla meteorologia.

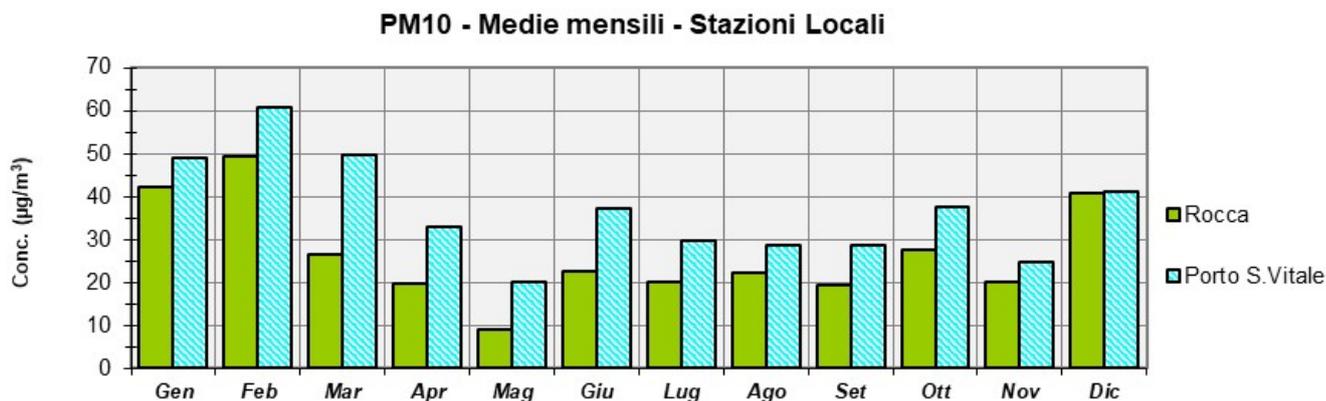


Figura 4.21 – PM10 medie mensili Area Industriale/Portuale – Stazioni Locali Industriali – anno 2019

Infine, la Tabella 4.16 riporta alcuni parametri relativi al PM10, calcolati a partire dal 2014.

Tabella 4.16 - Andamento temporale PM10 dal 2014 al 2019 (dati giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stazione: Zalamella

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	25	29	25	28	26	30
50°Percentile	20	23	20	21	23	25
90°Percentile	46	52	45	56	46	58
95°Percentile	56	73	57	66	55	68
98°Percentile	68	83	72	80	62	76
Max	77	97	114	120	83	88
> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	26	40	26	53	22	51
% dati validi	93	99	99	99	98	99

Stazione: Caorle

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	25	30	25	28	26	26
50°Percentile	20	24	21	22	23	22
90°Percentile	46	53	45	54	45	50
95°Percentile	57	76	59	63	55	57
98°Percentile	68	87	70	85	64	68
Max	85	107	98	117	87	79
> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	27	42	22	46	22	33
% dati validi	96	95	97	98	96	94

Stazione: Parco Bucci (fino al 2015) e Parco Bertozzi (dal 2016)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	20	24	21	24	22	24
50°Percentile	17	20	17	18	20	20
90°Percentile	33	42	39	43	37	41
95°Percentile	41	53	47	54	47	53
98°Percentile	61	62	56	72	58	60
Max	69	78	88	150	75	73
> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	13	19	16	22	11	20
% dati validi	86	94	98	98	95	96

Stazione: Delta Cervia

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	23	27	25	26	25	26
50°Percentile	19	25	21	22	23	23
90°Percentile	40	47	45	45	43	46
95°Percentile	50	66	55	58	49	59
98°Percentile	62	74	70	73	59	68
Max	80	92	86	114	82	79
> 50 µg/m ³	17	32	20	26	15	28
% dati validi	93	94	94	97	97	98

Stazione: Rocca Brancaleone

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	25	30	26	29	27	27
50°Percentile	19	25	22	22	23	22
90°Percentile	46	55	46	59	47	53
95°Percentile	58	78	62	73	58	64
98°Percentile	68	93	75	89	72	70
Max	85	113	123	132	89	81
> 50 µg/m ³	27	45	29	52	30	43
% dati validi	98	98	98	99	99	97

Stazione: Porto San Vitale

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	32	40	46	41	39	37
50°Percentile	27	35	41	36	37	32
90°Percentile	55	69	74	68	60	61
95°Percentile	67	92	85	84	71	72
98°Percentile	75	106	130	105	81	85
Max	104	114	174	132	113	188
> 50 µg/m ³	47	80	108	96	83	75
% dati validi	96	99	97	99	99	98

4.8 Particolato PM2.5

Con il termine particolato ultrafine PM2.5, si intende l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide aventi diametro aerodinamico medio inferiore a 2,5 µm. In generale il particolato di queste dimensioni microscopiche e inalabili penetra in profondità attraverso l'apparato respiratorio, dai bronchi sino agli alveoli polmonari e riesce anche, attraverso la mucosa, ad arrivare al sangue.

Il particolato PM2,5 può essere di origine primaria, quando è emesso direttamente dalle sorgenti in atmosfera o secondario, quando si forma in atmosfera attraverso reazioni chimiche fra altri composti, come ad esempio gli ossidi di zolfo e di azoto, i composti organici volatili (COV) e l'ammoniaca.

Il particolato ultrafine può essere emesso da sorgenti naturali, ad esempio eruzioni vulcaniche, erosione del suolo, incendi boschivi e aerosol marino, o da sorgenti antropiche, tra le quali traffico veicolare, utilizzo di combustibili (carbone, combustibili liquidi, rifiuti, legno, rifiuti agricoli) e emissioni industriali (cementifici, fonderie).

Questo inquinante – come il PM10 - è oggetto di numerosi studi a livello internazionale per la valutazione dell'impatto sulla salute umana: queste ricerche hanno portato l'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) a affermare che « La maggior parte delle particelle che danneggiano la salute sono quelle con un diametro di 10 micron o meno, (≤PM10), che possono penetrare e depositarsi in profondità nei polmoni. L'esposizione cronica alle particelle contribuisce al rischio di sviluppare malattie cardiovascolari e respiratorie, nonché di cancro ai polmoni. [...] Vi è una stretta relazione quantitativa tra l'esposizione ad alte concentrazioni di particolato fine (PM10 e PM2.5) e un aumento della mortalità e morbilità, sia quotidiana sia nel tempo. [...] Il particolato fine ha effetti sulla salute anche a concentrazioni molto basse, infatti non è stata identificata una soglia al di sotto della quale non si osservano danni alla salute». Pertanto l'OMS, pur indicando dei valori guida (per il PM2.5: 10 µg/m³ come media annuale e 25 µg/m³ come media sulle 24 ore), pone l'obiettivo di raggiungere «le più basse concentrazioni di PM possibile».

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione media annuale di Particolato ultrafine (PM2.5)	2014 – 2019		

Il PM2.5 si misura nelle stazioni della Rete Regionale di Fondo urbano e rurale, in considerazione del fatto che la sua origine è prevalentemente secondaria, ed anche nelle stazioni Locali.

Nel 2019 il limite relativo alla media annuale del PM2.5 è stato rispettato in tutte le postazioni, risultato da consolidare e possibilmente migliorare anche negli anni futuri. I valori più elevati si sono registrati nella stazione di Fondo urbano di Caorle e in quella Locale industriale di Porto San Vitale. La stagione più critica è sempre quella invernale, quando le concentrazioni di PM2.5 rappresentano oltre il 70% di quelle di PM10. Considerata la classificazione di questo inquinante da parte dell'OMS e le concentrazioni significative che si rilevano - se confrontate con i valori guida dell'OMS - la valutazione dello stato dell'indicatore non può essere considerata positiva.

PM_{2.5} [L.Q. = 3 µg/m ³]				Concentrazioni in µg/m³		Limiti Normativi
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza %	Minimo	Massimo	25 µg/m ³ Rif. OMS: 10 µg/m ³
						Media anno
Ballirana	Alfonsine	Fondo Rurale	99	<3	58	16
Parco Bertozzi	Faenza	Fondo Urbano	96	<3	65	15
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	94	4	68	19
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	98	3	57	18

 Tabella 4.17 – PM_{2.5}: parametri statistici e confronto con i valori previsti dalle norme

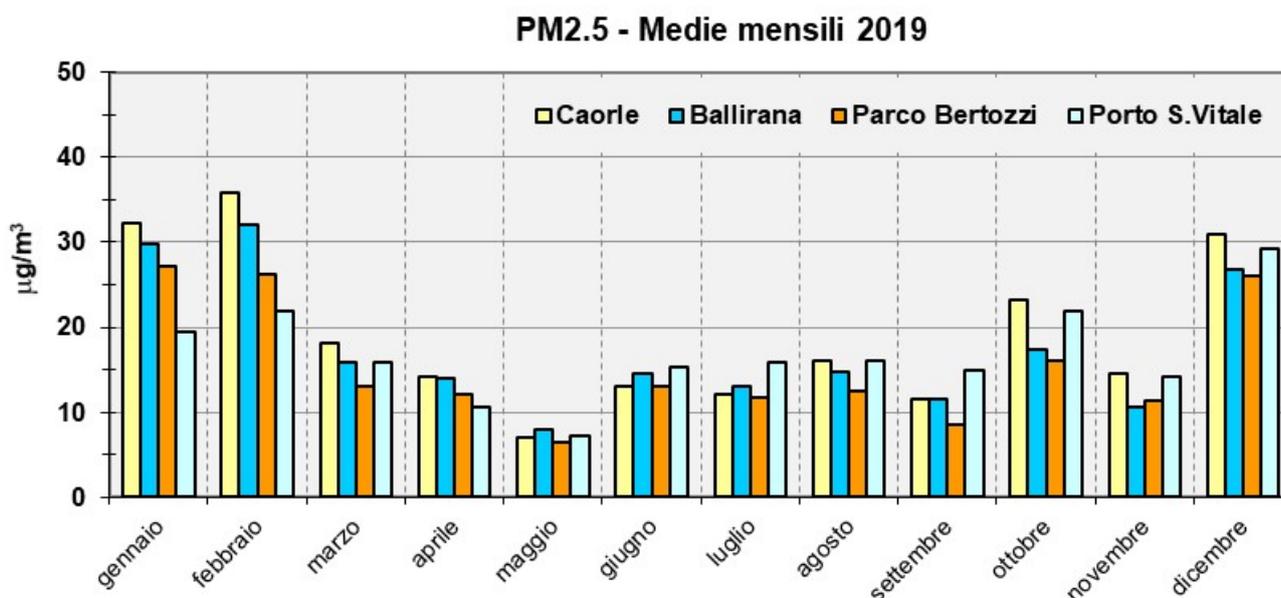
Nella stazioni della Rete regionale di Ravenna il PM_{2.5} viene monitorato nelle centraline di Fondo Urbano (Parco Bertozzi) e Fondo Rurale (Ballirana).

Dal 2014 sono state aggiunte altre 2 stazioni: Fondo Urbano Residenziale (Caorle) e Locale Industriale (Porto San Vitale).

Relativamente al PM_{2.5} il D.lgs. 155/2010 indica, a partire dal 1° gennaio 2015, un valore limite della media annuale pari a 25 µg/m³ che viene rispettato in tutte le stazioni.

Diversamente, non è stato rispettato in nessuna stazione il valore guida dell'OMS (10 µg/m³).

Di seguito si riporta il grafico con le medie mensili (Figura 4.22).


 Figura 4.22 – PM_{2.5}: medie mensili 2019

In Figura 4.23 sono riportate le medie annuali e i superamenti di 25 µg/m³ rilevati dal 2014 nelle stazioni provinciali della RRQA.

Nel 2019, nessuna stazione ha superato del limite normativo, anche se i valori consigliati dall'OMS continuano ad essere superati in tutte le postazioni.

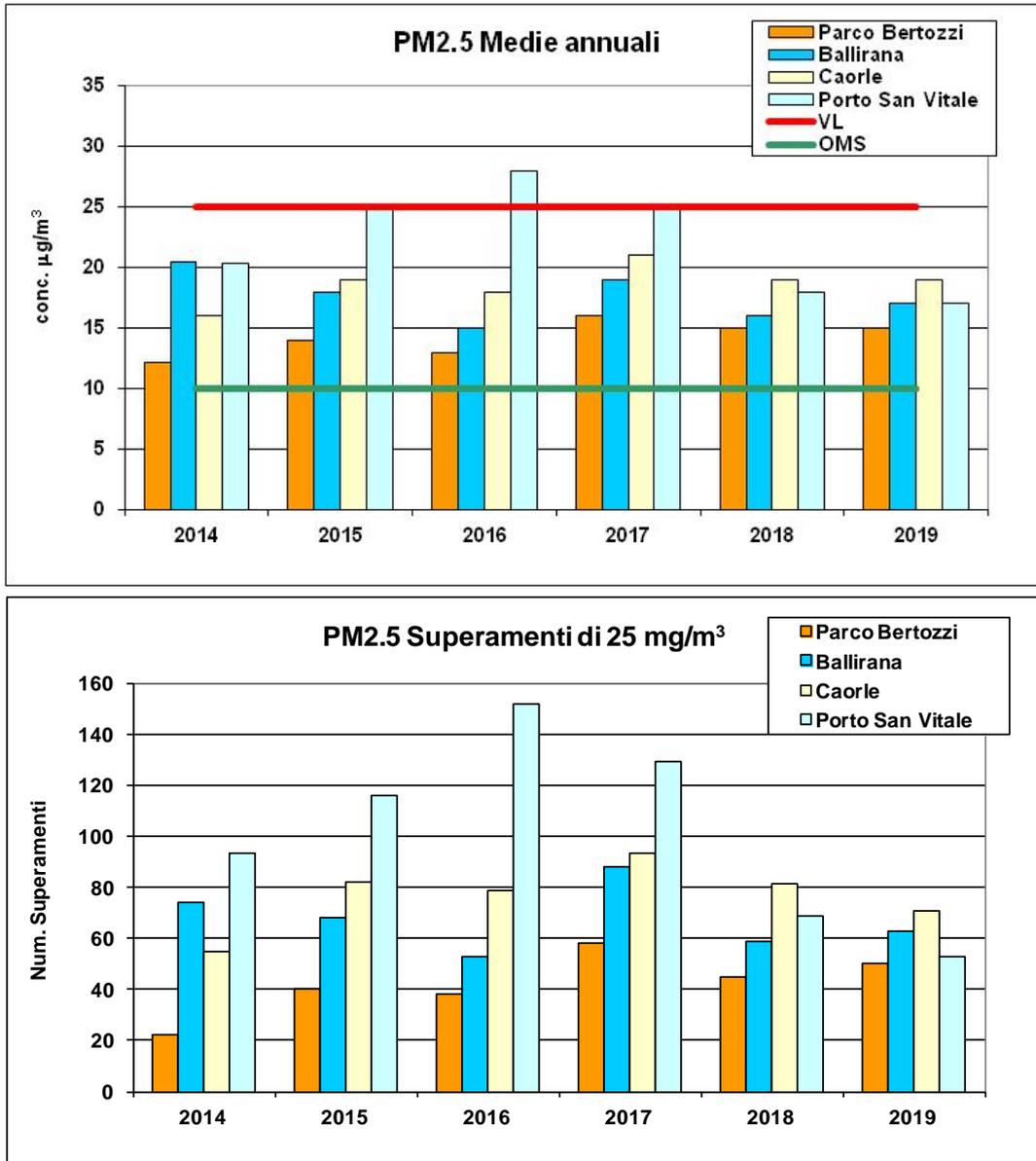


Figura 4.23 – PM2.5: medie annuali e superamenti della media giornaliera di 25 µg/m³ 2014 - 2019

Nelle stazioni di Parco Bertozzi, Caorle e Porto San Vitale la strumentazione installata permette la contestuale misurazione di particolato PM10 e PM2.5 (SWAM – DualChannel), pertanto, è stata calcolata e riportata in grafico (Figura 4.24) la media mensile dei rapporti giornalieri delle concentrazioni delle due frazioni granulometriche PM2.5 e PM10 per ogni stazione.

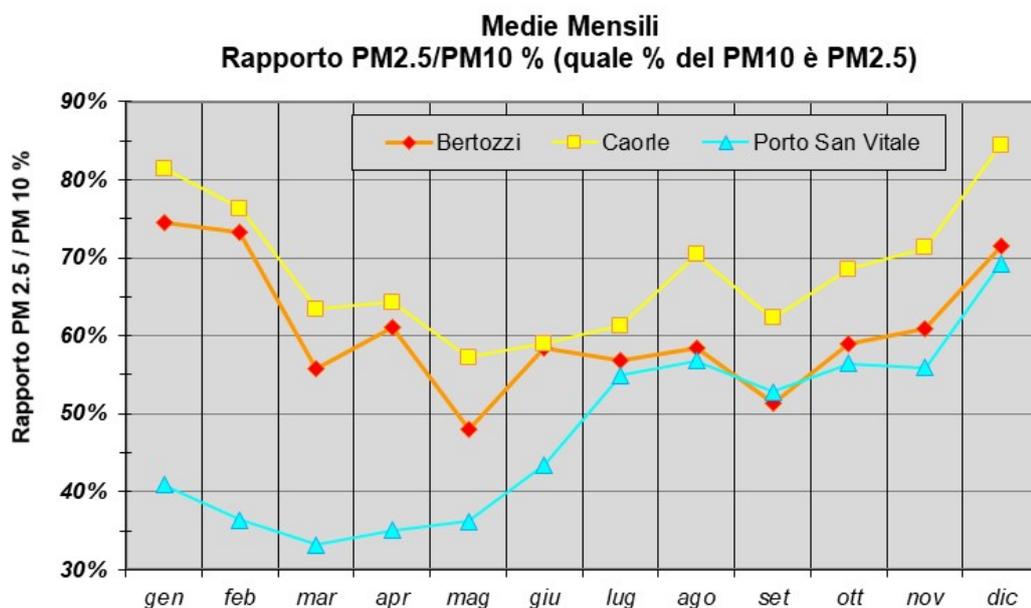


Figura 4.24
Rapporto
PM2.5/PM10 :
medie mensili
2019

Dagli andamenti del rapporto si osserva una spiccata stagionalità nelle stazioni urbane delle Rete Regionale: la quota di particolato fine (PM 2.5) è maggiore nei mesi invernali (gennaio, febbraio e dicembre) quando oltre il 70% del PM10 è costituito da PM 2.5.

Il PM10 è generato, per una quota significativa, per azione meccanica mentre il particolato più fine (PM2.5) deriva prevalentemente dalla combustione o ha un'origine secondaria, cioè è prodotto in atmosfera a partire da precursori gassosi quali ossidi di azoto (nitrati), ossidi di zolfo (solfati), ammoniaca, composti organici volatili.

La maggior quota di particolato PM2.5 durante i mesi invernali può, quindi, essere in relazione con:

- l'aumento delle emissioni primarie derivanti dai processi di combustione (traffico, riscaldamento,...), quantitativamente più rilevanti in questo periodo dell'anno;
- l'incremento della componente secondaria legata ad una maggiore presenza di precursori in atmosfera.

Infine, la Tabella 4.17 bis riporta alcuni parametri relativi al PM 2.5, calcolati a partire dal 2014.

Tabella 4.17 bis - Andamento temporale PM2.5 dal 2014 al 2019 (dati giornalieri in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stazione: Parco Bucci (fino al 2015) e Parco Bertozzi (dal 2016)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	12	14	13	16	15	15
50°Percentile	10	11	10	11	12	12
90°Percentile	22	27	27	32	30	31
95°Percentile	28	35	33	41	35	41
98°Percentile	41	43	41	58	44	47
Max	46	48	64	127	61	65
> 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22	40	38	58	45	50
% dati validi	86	94	98	98	95	96

Stazione: Ballirana

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	20	18	15	19	16	17
50°Percentile	18	14	12	13	14	14
90°Percentile	36	39	30	41	31	36
95°Percentile	45	48	37	51	37	43
98°Percentile	53	58	55	60	45	51
Max	62	83	88	108	58	58
> 25 µg/m ³	74	68	53	88	59	63
% dati validi	92	91	98	99	98	99

Stazione: Caorle

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	16	19	18	21	19	19
50°Percentile	12	14	13	14	16	14
90°Percentile	32	40	36	47	36	40
95°Percentile	41	57	48	56	45	51
98°Percentile	50	69	60	72	55	60
Max	60	88	91	115	72	68
> 25 µg/m ³	55	82	79	93	81	71
% dati validi	97	95	98	98	96	94

Stazione: Porto San Vitale

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Media	20	25	28	25	18	17
50°Percentile	16	20	23	19	17	15
90°Percentile	36	48	47	49	30	30
95°Percentile	47	68	60	59	36	37
98°Percentile	62	85	93	70	42	44
Max	80	98	145	108	62	57
> 25 µg/m ³	93	116	152	129	69	53
% dati validi	96	99	96	99	99	98

4.9 Analisi sul particolato

Il particolato PM10 e PM2.5 raccolto sui filtri viene sottoposto ad analisi per la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici e dei metalli.

A Ravenna PM2.5 e PM10 vengono rilevati anche in tre stazioni ubicate in area industriale facenti parte della rete industriale privata.

Sul particolato raccolto in queste stazioni dal 2013 viene effettuata una ricerca di PCB, Diossine e Furani, che era stata effettuata anche nel periodo 2004 – 2008.

Il D.Lgs. 155/2010 indica, nell'Allegato VI, i metodi di riferimento da utilizzare per il campionamento e la misurazione di piombo, arsenico, cadmio, nichel e del Benzo(a)Pirene nell'aria ambiente.

In particolare:

1. Metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del piombo.

Il metodo di riferimento per il campionamento è descritto nella norma UNI EN 12341:1999 “Qualità dell'aria. Determinazione del particolato in sospensione PM10. Metodo di riferimento e procedimento per prove in campo atte a dimostrare l'equivalenza dei metodi di misurazione rispetto ai metodi di riferimento”.

Il metodo di riferimento per la misurazione è descritto nella norma UNI EN 14902:2005 “Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM10 del particolato in sospensione”.

2. Metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione dell'arsenico, del cadmio e del nichel nell'aria ambiente.

Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione è descritto nella norma UNI EN 14902:2005 “Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM10 del particolato in sospensione”.

3. Metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del benzo(a)pirene nell'aria ambiente.

Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del benzo(a)pirene è descritto nella norma UNI EN 15549:2008 “Qualità dell'aria. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzo(a)pirene in aria ambiente”.

4. Metodo di riferimento per l'analisi di PCB Diossine e Furani nell'aria ambiente.

La determinazione di Diossine e Furani viene effettuata secondo il metodo EPA 1613, utilizzando uno spettrometro di massa in Alta Risoluzione. Il metodo prevede l'aggiunta di composti marcati per valutare sia il recupero del metodo che eventuali anomalie in fase di iniezione. La determinazione di PCB viene effettuata con un metodo interno, utilizzando uno spettrometro di massa in Triplo Quadrupolo con tecnica Massa/Massa.

4.9.1 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono idrocarburi aromatici ad elevato peso molecolare, la cui molecola è formata da due o più anelli benzenici, saldati in modo da avere in comune due o più atomi di carbonio. Vengono suddivisi, in funzione del peso molecolare e del numero di atomi, in IPA leggeri (2-3 anelli condensati) e IPA pesanti (4-6 anelli). La pericolosità di alcuni IPA deriva principalmente dalla loro semi-volatilità che li rende particolarmente mobili attraverso le varie matrici ambientali.

Il composto più studiato e rilevato è il Benzo(a)Pirene [BaP] del quale l'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (IARC) ha accertato la cancerogenicità per l'uomo (Gruppo1).

In Europa, negli anni novanta, è stata stimata una concentrazione atmosferica media annua di questo IPA compresa fra 0,1 e 1 ng/m³ in area rurale e fra 0,5 e 3 ng/m³ in area urbana.

In particolari aree geografiche, le principali sorgenti naturali di IPA nell'ambiente sono costituite da incendi boschivi e vulcani. Per quanto riguarda le sorgenti antropiche, il maggior contributo deriva dalla combustione incompleta di composti organici durante processi industriali ed altre attività come la trasformazione di combustibili fossili, la produzione di alluminio, acciaio e di materiali bituminosi, l'incenerimento di rifiuti, la produzione di energia termoelettrica, il traffico veicolare, il riscaldamento domestico e il fumo di tabacco. In particolare durante i processi di combustione gli IPA vengono inizialmente generati in fase gassosa e permangono solo per breve tempo nell'atmosfera in quanto, a causa della loro bassa tensione di vapore, tendono rapidamente a condensarsi e ad essere adsorbiti dalle particelle sospese, che, per la loro elevata superficie specifica, presentano alta capacità di adsorbimento anche per questi inquinanti.

In atmosfera l'esposizione agli IPA non è mai legata ad un singolo composto, ma ad una miscela generalmente adsorbita al particolato atmosferico. La distribuzione dei diversi isomeri tra fase gassosa e particolata dipende, in ultima analisi, dal peso molecolare: composti a basso peso molecolare sono praticamente presenti solo nella fase gassosa, mentre i composti definiti pesanti sono per lo più adsorbiti sul particolato atmosferico.

Il metodo analitico utilizzato per la determinazione degli IPA prevede l'estrazione del materiale particellare con solvente e la successiva purificazione su colonna di gel di silice. L'eluato così raccolto viene ripreso con un volume noto di toluene. La determinazione analitica finale viene effettuata per gascromatografia ad alta risoluzione interfacciata ad un rivelatore costituito da uno spettrometro di massa a bassa risoluzione.

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) – Benzo(a)pirene	2014 - 2019		

Nel 2019 il valore obiettivo di 1 ng/m³ come media annuale della concentrazione del Benzo(a)pirene, valido a partire dal 2012, è stato rispettato in tutte le stazioni.

Le concentrazioni dell'ultimo quinquennio (2015-2019) sono stabili e contenute, pertanto la criticità segnalata non è relativa alle concentrazioni rilevate quanto alla classificazione dell'inquinante come accertato cancerogeno.

IPA Concentrazione di inquinante nella frazione PM10				Medie mensili di benzo(a)pirene in ng/m³		Limiti Normativi
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza%	Minimo	Massimo	1 ng/m ³
						Media annuale Benzo(a)pirene
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	97	<0,1	0,9	0,2
Parco Bertozzi	Faenza	Fondo Urbano	87 (*)	<0,1	0,8	0,2
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	96	<0,1	0,7	0,2
Zalamella	Ravenna	Traffico	98	<0,1	1,0	0,2
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	99	<0,1	1,1	0,2
San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	<0,1	0,6	0,1

(*) L'efficienza di Parco Bertozzi è inferiore a quella delle altre stazioni in quanto i filtri del mese di agosto di questa postazione sono stati utilizzati per una specifica indagine legata all'incendio della ditta Lotras di Faenza.

Tabella 4.18 – IPA sul particolato PM10: parametri statistici e confronto con i limiti normativi

In Figura 4.25 sono riportate le concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene (in ng/m³), rilevate nelle postazioni della provincia, negli ultimi 5 anni. Le medie annuali del 2019 sono leggermente più alte rispetto a quelle rilevate nel 2018, ma in linea con i valori degli anni precedenti e sempre inferiori al limite normativo di 1 ng/m³.

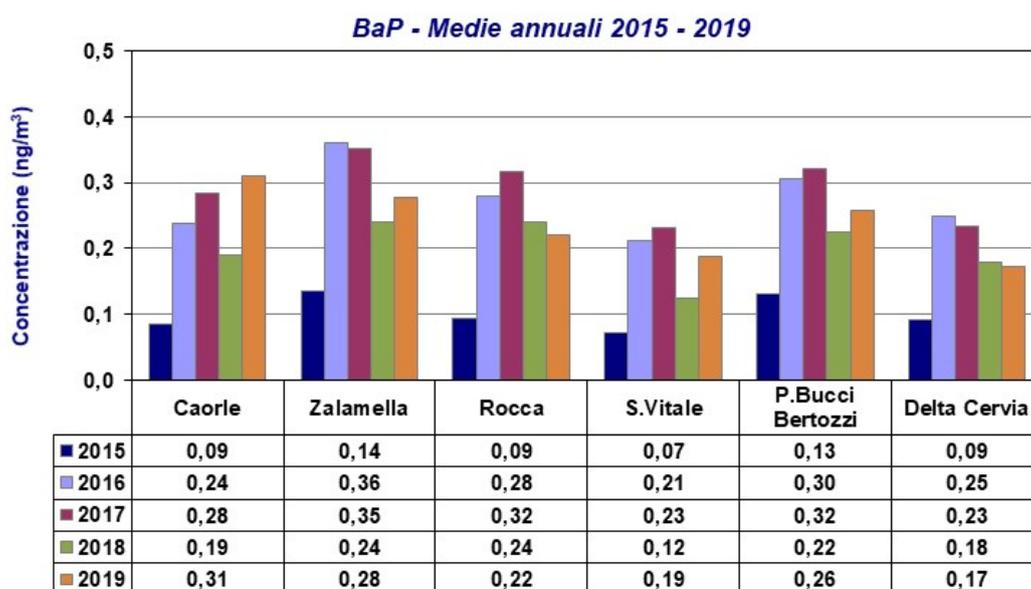


Figura 4.25 – Concentrazioni medie annuali BaP – anni 2015 – 2019

L'istogramma delle concentrazioni medie mensili di BaP (Figura 4.26) mostra un marcato andamento stagionale, con concentrazioni anche al di sotto della sensibilità analitica nei mesi primaverili ed estivi e valori più significativi nel periodo invernale.

Il dato di gennaio relativo alla stazione di fondo urbano (Caorle) non è riportato in grafico in quanto ricavato da un campione parziale costituito da meno del 75% dei filtri attesi (14 filtri anziché 31).

La concentrazione media mensile più alta (1,5 ng/m³) è stata rilevata a Zalamella a gennaio.

Per la stazione di Parco Bertozzi non sono disponibili i dati di Agosto in quanto i filtri della stazione sono stati utilizzati per indagini di approfondimento legate ad evento incidentale avvenuto nel mese in questione.

Le concentrazioni più basse nei mesi estivi sono riconducibili al sovrapporsi di diversi fattori, come la riduzione delle sorgenti presenti (minor uso dell'auto, riscaldamento spento...), la presenza di condizioni meteorologiche più favorevoli alla diffusione degli inquinanti (venti più intensi, acquazzoni che dilavano l'atmosfera, assenza di inversione termica) ed una maggiore insolazione, in grado di favorire reazioni di degradazione degli IPA.

Nelle stazioni di Rocca e San Vitale le concentrazioni medie mensili appaiono in linea a quelle rilevate nelle altre stazioni della rete.

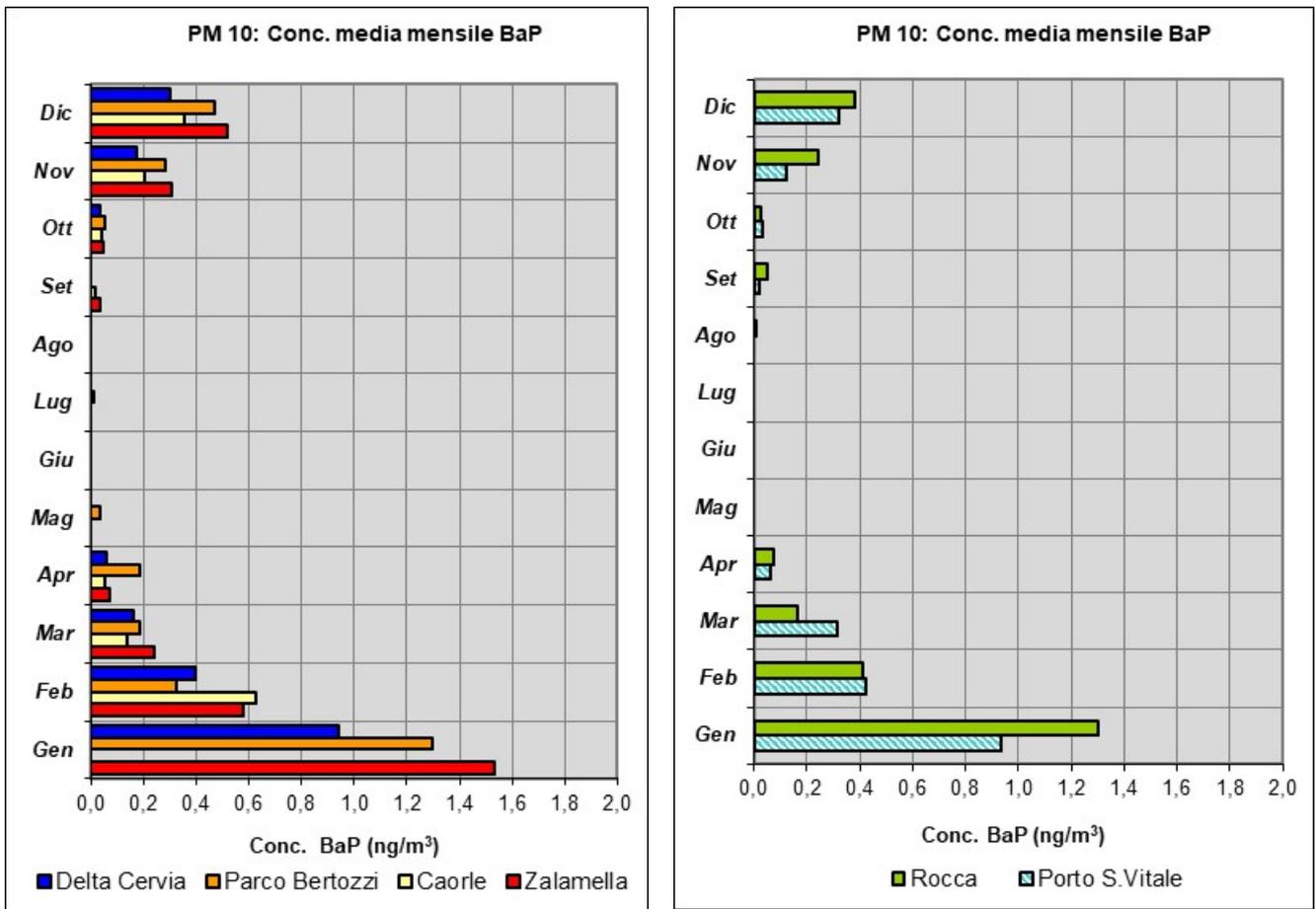


Figura 4.26 – Andamento temporale delle concentrazioni medie mensili di BaP nel PM10 nel 2019 - Stazioni urbane e di fondo (a sinistra) e in stazioni locali industriali (a destra)

Il grafico di Figura 4.27 riporta le concentrazioni medie annuali degli IPA richiamati dal D.lgs 155/2010 e misurate nelle diverse postazioni della rete di controllo della qualità dell'aria: la

concentrazione maggiore si riscontra per il benzo[b+j]fluorantene, classificato dallo IARC come possibile cancerogeno per l'uomo (2B), nella stazione di fondo urbano di Caorle.

Gli altri composti si attestano su valori più bassi.

Particolarmente basse, in tutte le postazioni, sono le concentrazioni di dibenzo(a,h)antracene, anch'esso classificato dallo IARC come 2B.

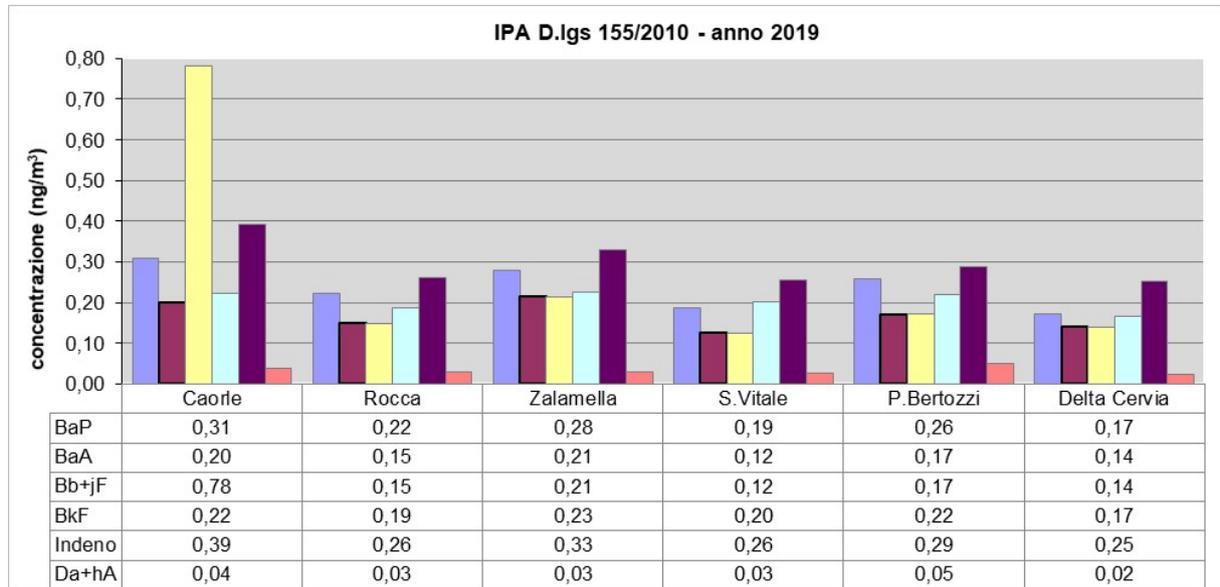


Figura 4.27 – Media annuale sul particolato PM10 (2019) degli IPA indicati dal D.lgs. 155/2010 - postazioni della rete di controllo della qualità dell'aria

4.9.1.1 - IPA nel PM2.5 e rapporto PM10/PM2.5

Dal 2009 gli IPA vengono rilevati anche sul particolato PM2.5: inizialmente solo a Ballirana (dove si misura solo il PM2.5) e a Parco Bertozzi (dove si rileva anche il PM10) poi, dal 2014, anche nelle stazioni di Caorle e San Vitale dove si misura sia il PM 10, sia il PM 2.5.

La Figura 4.28 riporta, per l'anno 2019, la concentrazione media mensile di B(a)P nel PM2.5 nelle quattro stazioni.

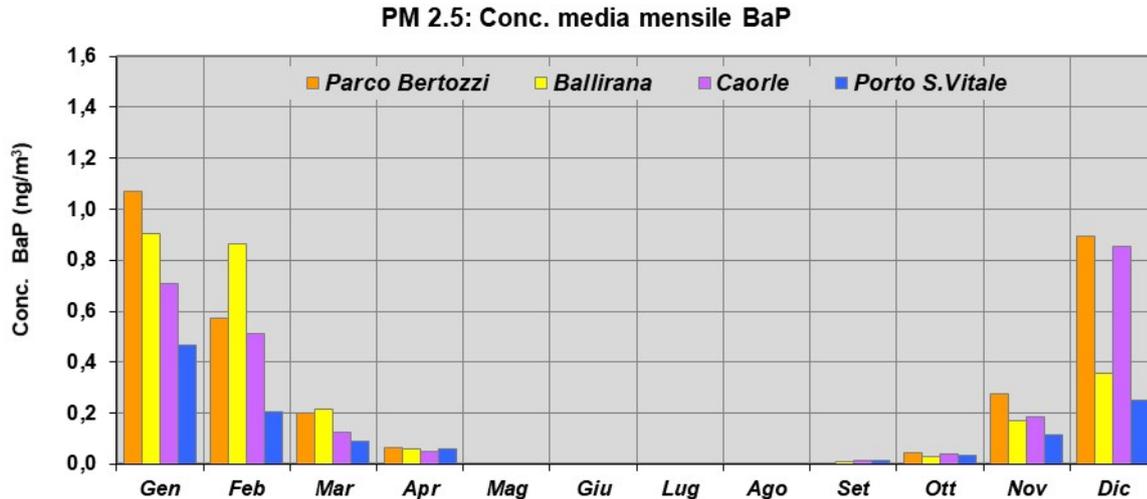


Figura 4.28 – Andamento temporale delle concentrazioni medie mensili di BaP sul PM2,5 Anno 2019

Per le stazioni in cui si misura contestualmente PM10 e PM2.5 (Parco Bertozzi, Caorle e San Vitale), è stato calcolato anche il rapporto fra le concentrazioni assolute (ng di IPA/g di particolato) nelle due frazioni granulometriche. Considerata la significativa variabilità stagionale, si è scelto di rappresentare il rapporto (concentrazione nella frazione PM10/concentrazione nella frazione PM2.5) calcolato come media dei 6 mesi “invernali” (primo e ultimo trimestre dell’anno) e dei 6 mesi “estivi”, da aprile a settembre. Un valore di tale rapporto superiore ad 1 indica un maggiore adsorbimento dell’IPA in esame sul particolato PM10 rispetto alla frazione più fine, mentre un valore inferiore ad 1 evidenzia un adsorbimento maggiore sul particolato PM2.5.

In Figura 4.29 è riportato il risultato di tale elaborazione per l’anno 2019.

Nella stazione Locale di Porto San Vitale (area portuale), il rapporto è quasi sempre superiore a 1, sia nei mesi invernali sia in quelli estivi ad eccezione del benzo(b+j) fluorantene, sempre inferiore a 1.

Nelle altre due stazioni della rete, nella maggior parte dei casi si evidenzia un adsorbimento maggiore sul particolato PM10 nei mesi invernali, soprattutto per il benzo-a-antracene e ciclopenta(c d) pirene.

Nella stazione di Caorle i valori di tutti i composti sono maggiori di 1 nella stagione invernale e oscillano intorno a 1 nella stagione estiva, ad eccezione del crisene che ha un rapporto inferiore.

Nella stazione di Fondo Urbano di Faenza, Parco Bertozzi, si rilevano valori superiori a 1 sia nella stagione estiva sia nella stagione invernale ma i valori sono più bassi rispetto la stazione di Caorle e del porto S.Vitale, ad eccezione del benzo(b+j) fluorantene, che è sempre inferiore a 1.

Non è stato riportato il valore di Benzo-a-pirene nella stazione di Parco Bertozzi per il periodo estivo in quanto i dati a disposizione non erano sufficienti a rappresentare tale periodo.

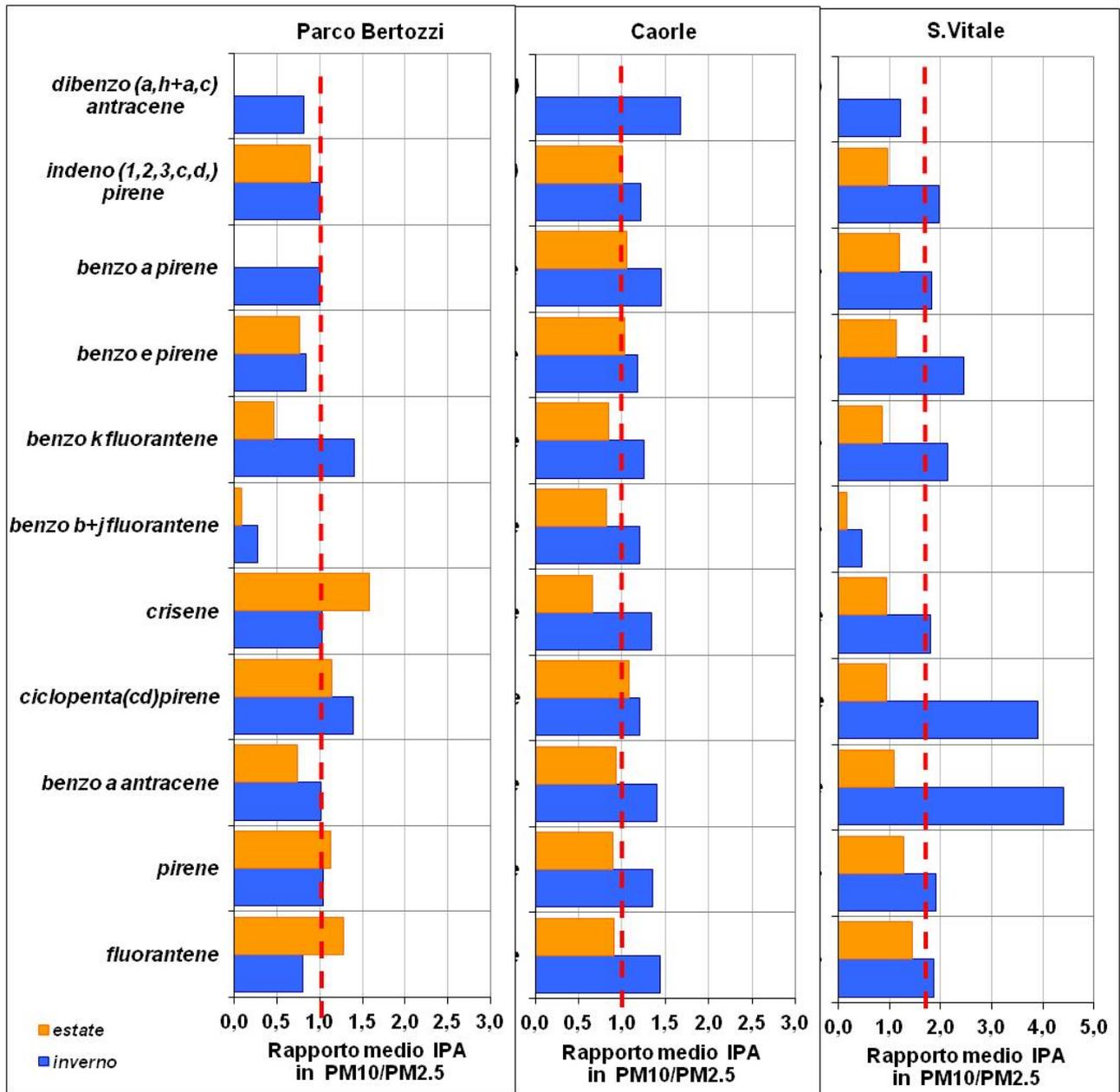


Figura 4.29 – Rapporto “ng IPA per ogni g PM10 / ng IPA per ogni g PM2.5”
Anno 2019

4.9.1.2 Rapporti diagnostici

È stato approfondito lo studio dei rapporti fra singoli IPA.

In letteratura sono citati alcuni valori di “rapporto diagnostico” - definito come relazione tra le concentrazioni di IPA considerati dei marker per particolari sorgenti antropiche - che consentono di formulare ipotesi circa la sorgente prevalente nella formazione di questi composti.

In particolare, sono stati calcolati i rapporti diagnostici riportati in tabella 4.19, con riferimento all'anno 2019 e il risultato denota una predominanza, pressoché in tutte le postazioni, dell'apporto dato dalla sorgente “traffico veicolare”.

Diagnosis ratio	Value	Sources	References
Indeno[1,2,3-cd]pyrene/(indeno[1,2,3-cd]pyrene + benzo[ghi]perylene)	0.18	Cars	Grimmer et al. (1983); Ravindra et al. (2006a, b) Kavouras et al. (2001)
	0.37	Diesel	
	0.56	Coal	
	0.62	Wood burning	
	0.35-0.70	Diesel emissions	
Fluorene/(fluorene + pyrene)	>0.5	Diesel	Rogge et al. (1993a,b); Mandalakis et al. (2002); Fang et al. (2004); Ravindra et al. (2006a, b)
	<0.5	Gasoline	
B[a]P/(B[a]P + chrysene)	0.5	Diesel	Khalili et al. (1995); Guo et al. (2003)
	0.73	Gasoline	
Benzo[b]fluoranthene/ benzo[k]fluoranthene	>0.5	Diesel	Pandey et al. (1999); Park et al. (2002)
B[a]P/benzo[ghi]perylene	0.5-06	Traffic emission	Pandey et al. (1999); Park et al. (2002); Pandey et al. (1999)
	> 1.25	Brown coal ^b	
Indeno[1,2,3-cd]pyrene/benzo[ghi]perylene	<0.4	Gasoline	Caricchia et al. (1999)
CPAHs/TPAHs ^a	~1	Diesel	Pahl et al. (1984); Takada et al. (1990); Mantis et al. (2005) Ravindra et al. (2006a, 2008); Gogou et al. (1996)
	~1	Combustion	
Fluoranthene/benzo[e]pyrene	3.5±0.5	Automobile exhaust	Oda et al. (2001)
Pyrene/benzo[e]pyrene Pyrene/B[a]P	6±1	Diesel engine Gasoline engine	
	~10		
	~1		
Fluoranthene/pyrene	0.6	Vehicle	Neilson (1998)

^aSum of major non-alkylated compounds (fluorene + pyrene + benzo[a]anthracene + chrysene + benzo[b]fluoranthene + benzo[k]fluoranthene + B[a]P + indeno[1,2,3-cd]pyrene + benzo[ghi]perylene)/total concentration of PAHs.
^bUsed for residential heating and industrial operation.

Tabella 4.19– Esempi di rapporti diagnostici (Ravindra et. al., atm environment (2008) doi:10.1016/j.atmosenv.2007.12.010).

A titolo esemplificativo si riportano i rapporti evidenziati in rosso nella tabella 4.19, calcolati per l'anno 2019:

- $\text{indeno}(123\text{cd})\text{pirene} / (\text{indeno}(123\text{cd})\text{pirene} + \text{benzo}(\text{ghi})\text{perilene})$
- $\text{BaP} / (\text{BaP} + \text{crisene})$.

Per ogni rapporto è stata calcolata la media annua e la media dei soli mesi autunnali e invernali (gennaio-marzo e ottobre-dicembre), gli IPA infatti subiscono reazioni di degradazione per effetto dell'insolazione, ma con modalità e intensità diverse fra i vari composti e questo può alterare il valore del rapporto diagnostico.

Rapporto medio					
		$I(123cd)P / I(123cd)P + B(ghi)Pe$		$BaP / (BaP + crisene)$	
Stazione		2019	autunno ed inverno 2019	2019	autunno ed inverno 2019
Rocca	PM10	0,50	0,51	0,45	0,46
Caorle	PM10	0,52	0,52	0,49	0,49
Caorle	PM2.5	0,52	0,53	0,43	0,44
Zalamella	PM10	0,50	0,50	0,45	0,46
P. Bertozzi	PM10	0,58	0,58	0,49	0,48
P. Bertozzi	PM2.5	0,52	0,52	0,50	0,50
Ballirana	PM2.5	0,53	0,53	0,45	0,45
Cervia	PM10	0,53	0,53	0,42	0,43
San Vitale	PM10	0,52	0,52	0,56	0,55
San Vitale	PM2.5	0,51	0,52	0,40	0,41

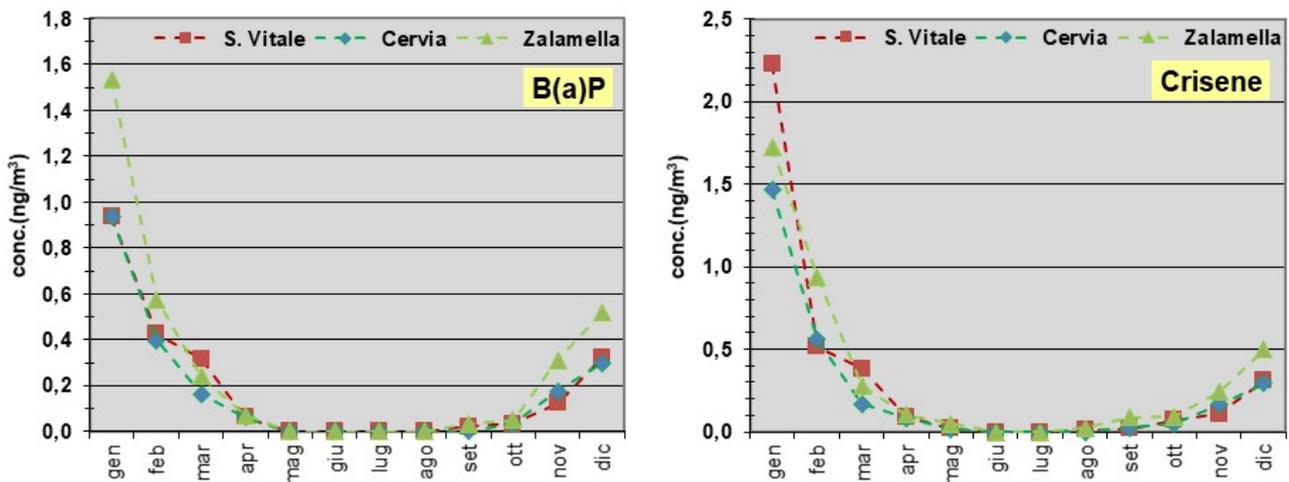
Tabella 4.20 – Rapporti diagnostici calcolati per le postazioni della provincia di Ravenna 2019

valore di riferimento	Traffico veicolare	0.35 ÷ 0.70	0.5 diesel	0.73 benzina
-----------------------	--------------------	-------------	------------	--------------

Per quanto riguarda il rapporto $I(123cd)P / [I(123cd)P + B(ghi)Pe]$, in tutte le postazioni si riscontrano valori molto stabili e sempre compresi nel range di riferimento tipico delle emissioni da traffico veicolare, sia nella stagione invernale sia nell'intero anno.

Stabilità fra valori invernali ed annuali si rileva anche per il rapporto $BaP / [(BaP + crisene)]$. I dati sono simili in tutte le postazioni e compresi fra quelli tipici di emissioni da veicoli a benzina e veicoli diesel.

Per gli IPA considerati nei rapporti diagnostici (benzo(a)pirene, crisene, indeno(123cd)pirene e benzo(ghi)perilene,) vengono di seguito rappresentate le medie mensili (Figura 4.30) nelle postazioni di traffico urbano (Zalamella), industriale (San Vitale) e fondo suburbano (Delta Cervia).



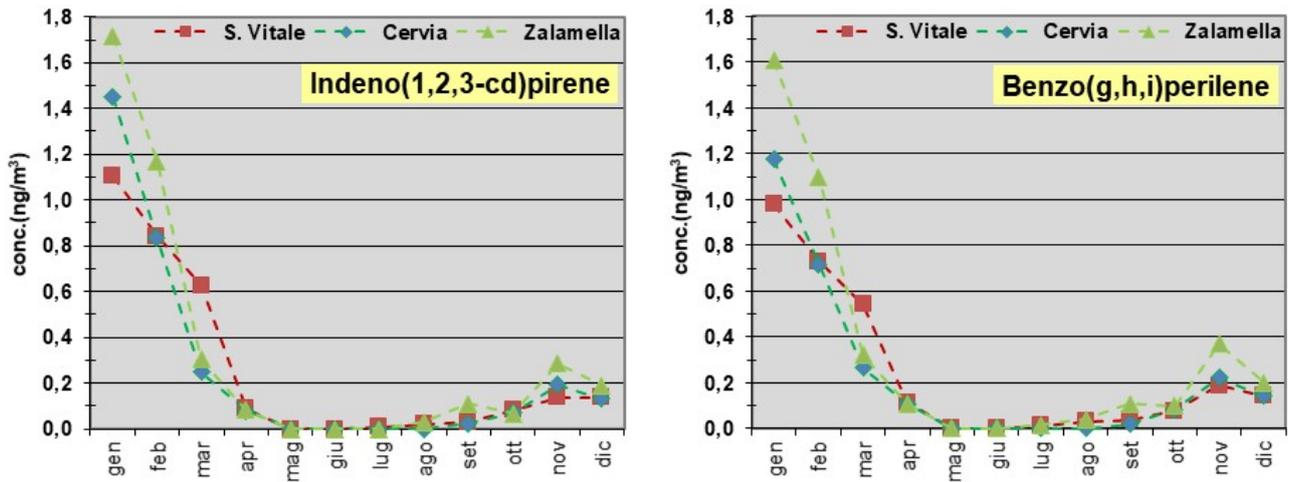


Figura 4.30 – Medie mensili degli IPA considerati nei rapporti diagnostici 2019

In Figura 4.31 i risultati dei due rapporti diagnostici relativi ai periodi autunno e inverno degli ultimi cinque anni, calcolati per le stazioni di Zalamella, Delta Cervia e San Vitale. Mentre il primo rapporto risulta stabile intorno a 0,5, il rapporto BaP/(BaP+Crisene) varia tra 0,5 e 0,7 circa. Sullo stesso grafico è riportato il range di valori “tipici” per il traffico veicolare nel rapporto indeno/(indeno+benzo(g,h,i)perilene) e quelli “tipici” di veicoli diesel e benzina per il rapporto BaP/(BaP+Crisene).

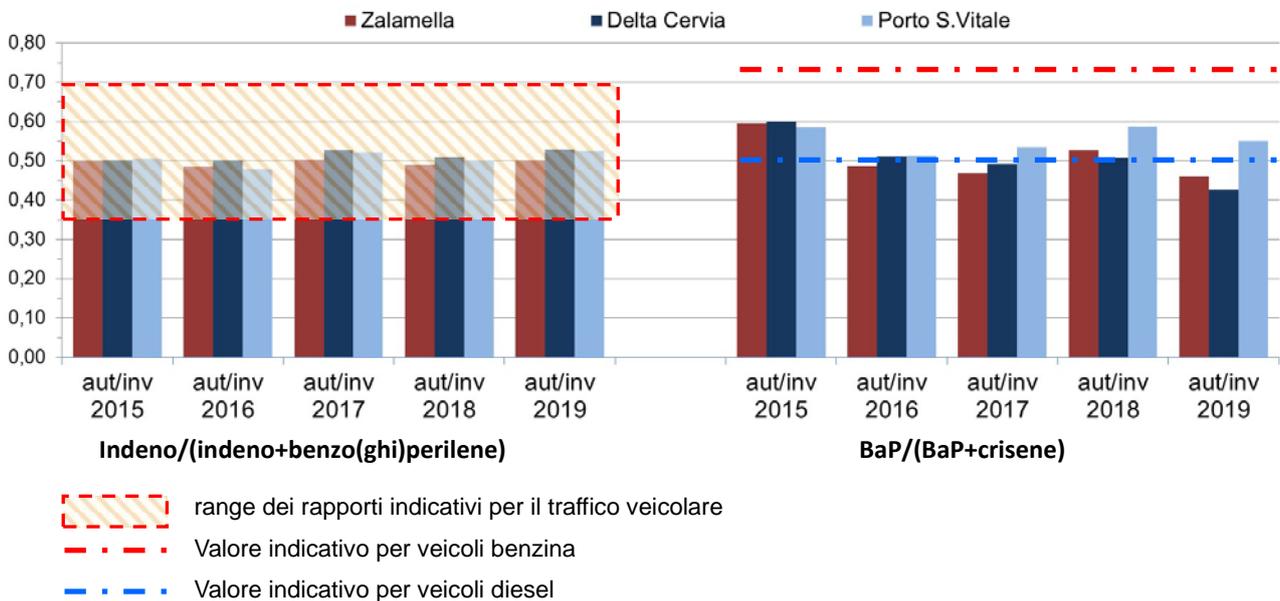


Figura 4.31 – Rapporti diagnostici, mesi invernali e autunnali 2015 – 2019

4.9.2 Metalli

Nel particolato atmosferico sono presenti metalli di varia natura. Quelli di maggior rilevanza sotto il profilo tossicologico per i quali esiste un limite normativo sono: nichel, cadmio, arsenico e piombo, che hanno evidenziato un'ampia gamma di effetti tossici sulla salute e sono classificati dall'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (IARC) come cancerogeni per l'uomo.

I metalli presenti nel particolato provengono da diverse fonti sia naturali che antropiche:

- **Alluminio (Al), Ferro (Fe), Silicio (Si), Potassio (K), Manganese (Mn), Calcio (Ca), Cromo (Cr):** costituenti della crosta terrestre ⇒ suolo, rocce;

- **Sodio (Na), Cloro (Cl), Magnesio (Mg):** aerosol marino;

- **Bromo (Br), Piombo (Pb), Bario (Ba):** emissioni da trasporto veicolare;

- **Vanadio (V), Nichel (Ni):** combustione di olii combustibili, produzione di metalli non ferrosi, produzione di ferro e acciaio;

- **Selenio (Se), Arsenico (As), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Rame (Cu):** combustione di carbone, produzione di metalli non ferrosi;

- **Zinco (Zn), Antimonio (Sb), Rame (Cu), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg):** incenerimento di rifiuti, produzione di cemento, produzione di metalli non ferrosi, produzione di ferro e acciaio.

In particolare il piombo aveva come fonte predominante il traffico veicolare da motori a benzina, ma dal 01/01/2002 con l'adozione della "benzina verde", si è registrata una riduzione del 97% della concentrazione di tale metallo sul particolato.

Piombo, zinco, cadmio, arsenico, nichel, vanadio, si trovano in prevalenza nella frazione fine del particolato, mentre elementi come, ferro, cromo, calcio, silicio, alluminio, rame e manganese si possono trovare anche nella parte più "grossolana" del PM10 (detta anche frazione coarse).

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato attuale indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di Metalli Pesanti (As, Cd, Ni, Pb)	2015 - 2019		

Per tutti i metalli ricercati nel particolato nell'anno 2019 le concentrazioni medie risultano in linea con i dati rilevati negli anni precedenti, inferiori ai limiti di legge ed anche ai dati rilevati nel 2018. Rispetto ai riferimenti normativi non si riscontrano particolari criticità per questi inquinanti anche se, considerata la classificazione di alcuni di essi da parte dello IARC e il trend stazionario (non in diminuzione per tutti i metalli) la valutazione dell'indicatore non può essere in generale positiva.

Metalli Concentrazione di inquinante nella frazione PM10				Limiti Normativi Medie annuali			
Stazione	Comune	Tipologia	Efficienza %	Arsenico(As) 6 ng/m ³	Cadmio (Cd) 5 ng/m ³	Nichel (Ni) 20 ng/ m ³	Piombo(Pb) 500 ng/m ³ 0,5 µg/ m ³
Delta Cervia	Cervia	Fondo Sub-urb	97	0,3	0,1	1,3	2,7
Parco Bertozzi	Faenza	Fondo Urbano	95	0,3	0,1	1,0	2,8
Caorle	Ravenna	Fondo Urbano Res	96	0,3	0,1	1,5	3,1
Zalamella	Ravenna	Traffico	98	0,3	0,1	1,5	3,1
Rocca Brancaleone	Ravenna	Locale Ind/Urbano	99	0,3	0,1	1,8	3,5
Porto San Vitale	Ravenna	Locale Industriale	99	0,4	0,1	1,9	3,0

Tabella 4.21 – Metalli sul particolato PM10 espressi in ng/m³: parametri statistici e confronto con i limiti normativi

Per determinare i metalli sul particolato PM10 e PM2.5 viene utilizzato il metodo UNI EN 14902/05. Una porzione delle membrane campionate viene mineralizzata con microonde, ponendo il campione in contenitori ermetici in PTFE nei quali sono aggiunti acidi ultrapuri.

La determinazione analitica della soluzione di campione è effettuata con un sistema ICP/MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). I dati al di sotto del LR sono stati posti pari alla metà del limite stesso.

I risultati delle analisi evidenziano come metalli e non metalli siano sempre presenti, pur rappresentando una piccola percentuale sulla massa del particolato atmosferico (max. 2-3%).

Di seguito si riportano i risultati di alcuni lavori effettuati ormai più di dieci anni fa, che quindi hanno una valenza più qualitativa che quantitativa (essendosi nel frattempo modificato il pattern emissivo), relativi a:

- la distribuzione dei metalli nelle diverse frazioni granulometriche del particolato campionato nell'area urbana di Bologna (Progetto ARPA-EMR/UNIBO (Polvere II) – Periodo 2004-2005) – Fig 4.32;
- i range della concentrazione media annuale di alcuni metalli (Pb, Cd, Ni, As) rilevata in Italia e in Europa, pubblicati dell' Istituto Superiore di Sanità (ISS) (tabella 4.22).

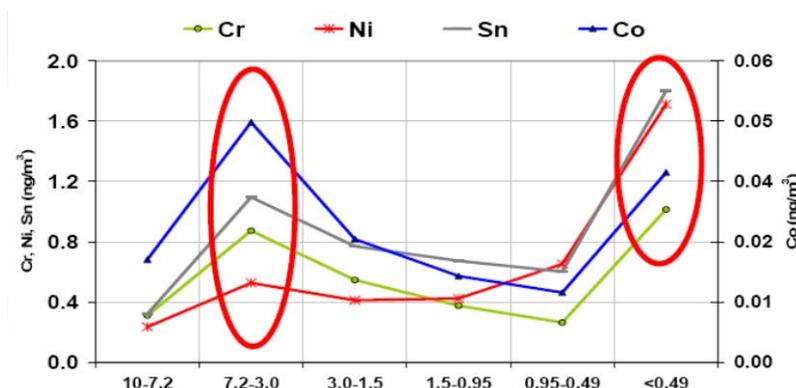


Figura 4.32 (a)- Concentrazione di metalli nelle varie frazioni dimensionali di aerosol (in ascissa) Progetto ARPA-EMR/UNIBO (Polvere II) – Periodo 2004-2005 - Bologna

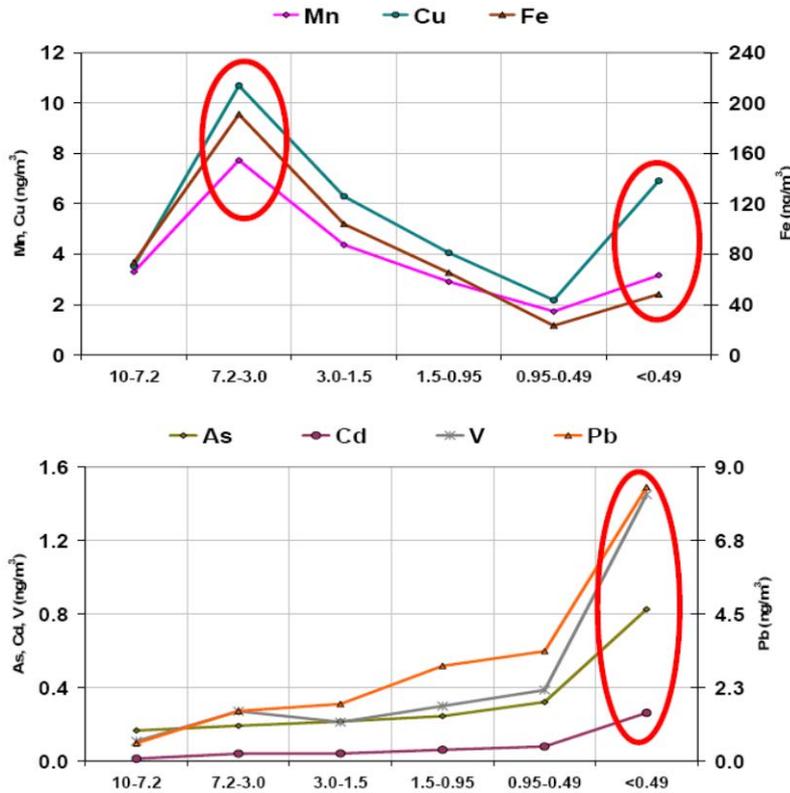


Figura 4.32 (b)-
Concentrazione di metalli
nelle varie frazioni
dimensionali di aerosol (in
ascissa)
Progetto ARPA-EMR/UNIBO
(Polvere II) –
Periodo 2004-2005 -
Bologna

Inquinante	ISS 1999-2000 ⁽¹⁾	ISS 2003 ⁽²⁾	ISS 2004 ⁽³⁾	Range italiano	Range europeo	Valore obiettivo
Piombo	68	21	10,1	6,3 - 210	10 -100	500
Cadmio	0,62	0,51	0,34	0,2 - 4	0,2 - 2,5	5
Nichel	6,6	6,2	4,8	3,3 - 35	1,4 -13	20
Arsenico	--	4,3	1,7	0,3 - 8,4	0,5 - 3	6

1) Misure ISS - periodo aprile 1999-febbraio 2000; 2) Valori medi annuali delle concentrazioni determinate nel periodo 1996-2003 a: Firenze, Roma, Bari, Padova, Bolzano, Reggio Emilia, Catania, Torino, Venezia, Milano, Aosta. 3) Siti urbani influenzati dal traffico.

Tabella 4.22 - Istituto Superiore di Sanità: concentrazioni (ng/m³) di piombo, cadmio, nichel, arsenico nichel – Anni 2000 – 2004

In Figura 4.33 sono rappresentate le medie annuali dei metalli ricercati sul particolato PM10 e PM2.5 nelle stazioni della provincia di Ravenna.

Nelle stazioni in cui viene misurato sia il PM10 che il PM2.5 si osserva un maggiore adsorbimento dei metalli nella frazione granulometrica più grossolana.

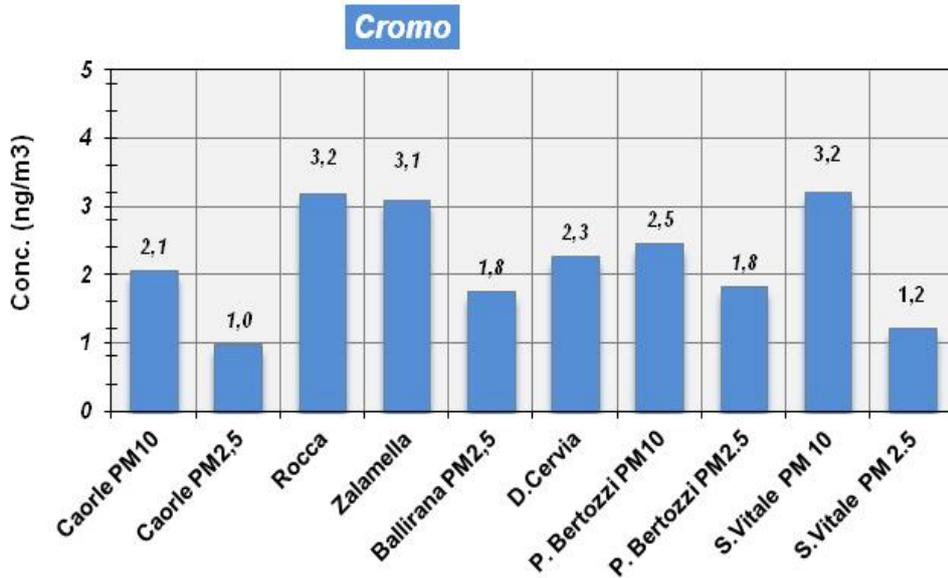
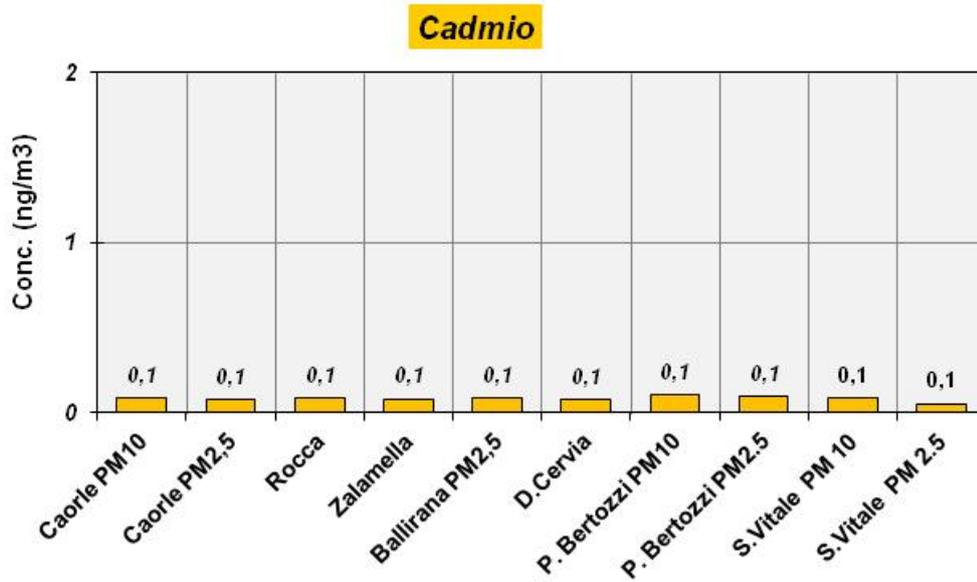
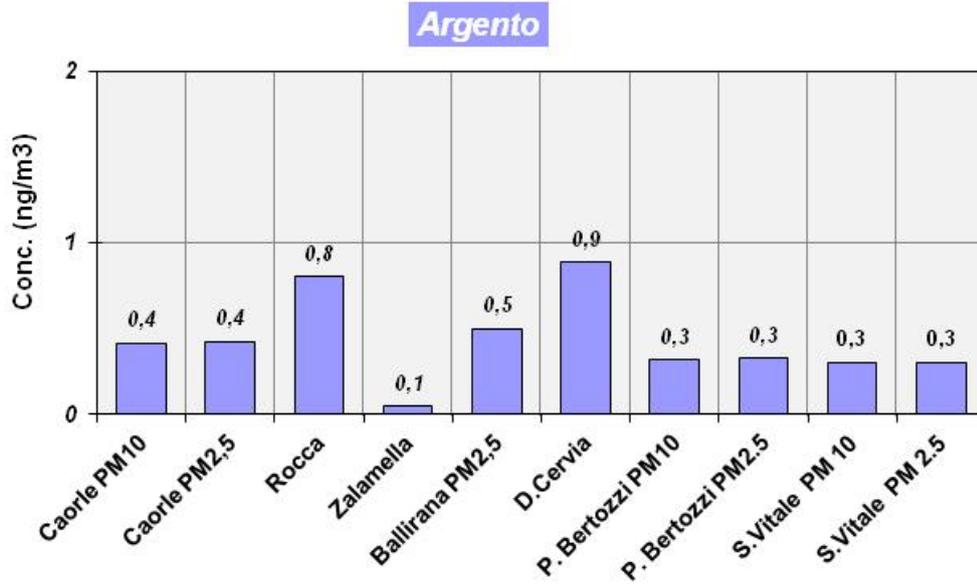


Figura 4.33
Metalli:
concentrazione
media annuale
sul particolato
PM10 e PM2.5

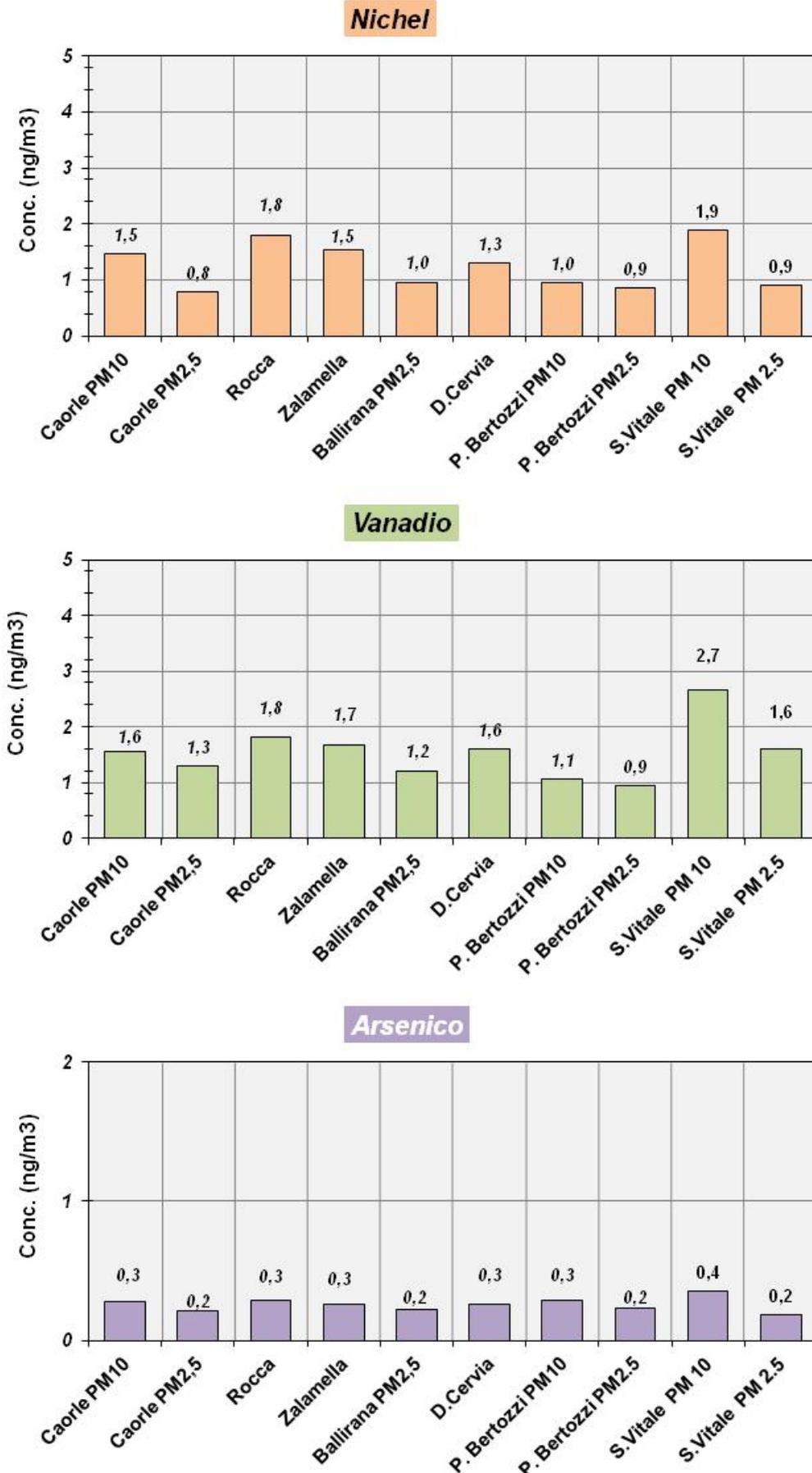


Figura 4.33
Metalli:
concentrazione
media annuale
sul particolato
PM10 e PM2.5

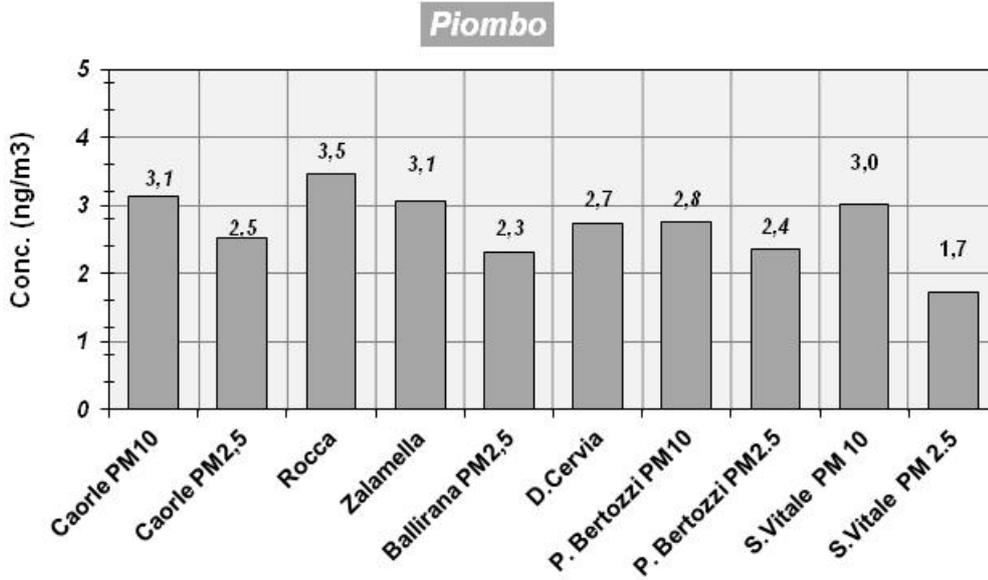
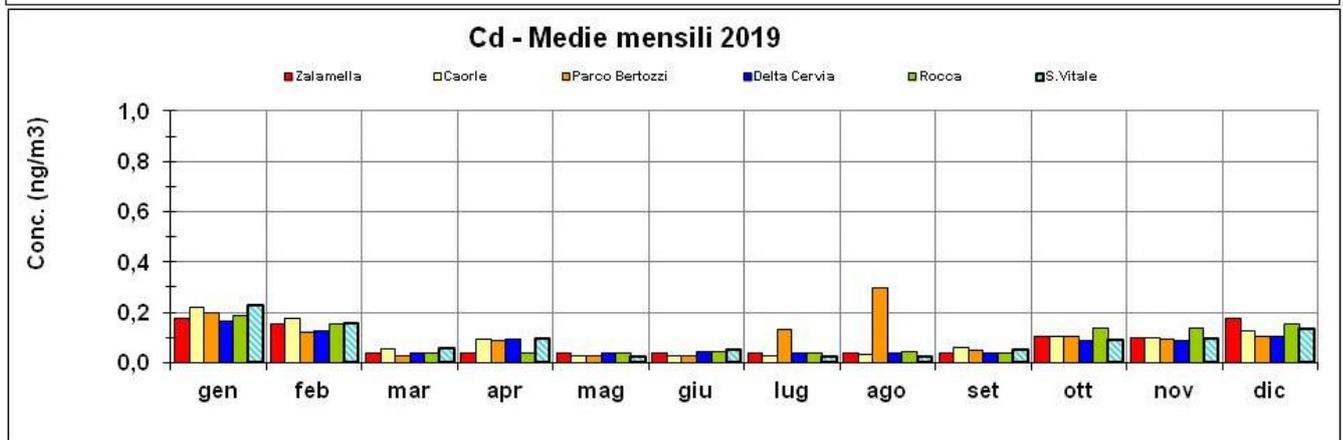
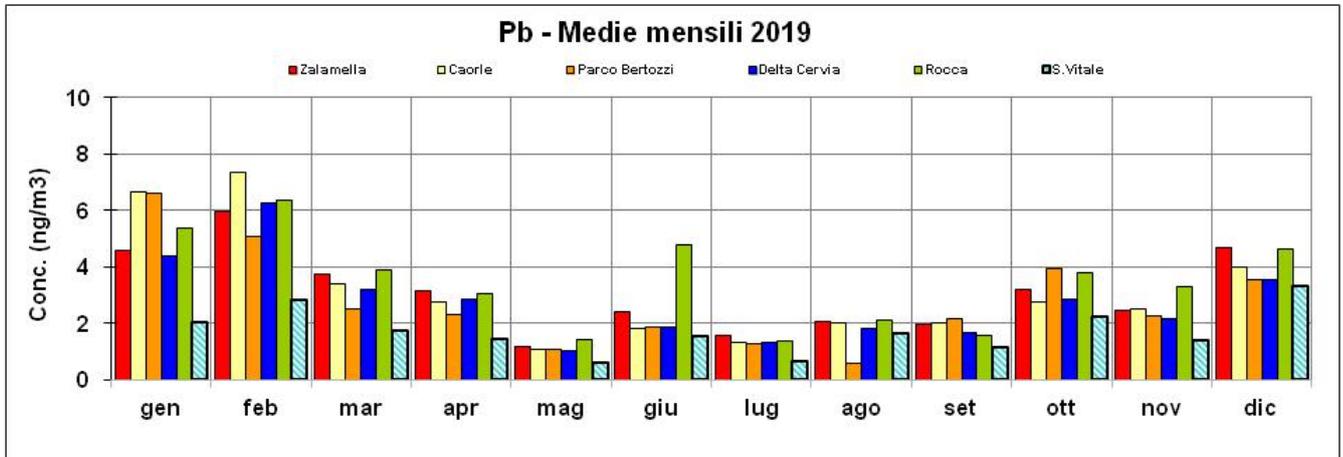


Figura 4.33
Metalli:
concentrazione
media annuale
sul particolato
PM10 e PM2.5

Nelle Figure 4.34 (a) e 4.34 (b) sono riportati gli andamenti mensili di tutte le stazioni RRQA e locali. Si segnala che nella stazione di Parco Bertozzi i dati di Agosto sono stati calcolati su un totale di 8 filtri invece che sull'intera mensilità in quanto i campioni mancanti sono stati utilizzati per una specifica indagine legata all'incendio della ditta Lotras di Faenza. Anche nella stazione di Caorle per il mese di gennaio, i dati sono stati elaborati su un campione parziale costituito da meno del 75% dei filtri attesi (14 filtri anziché 31).



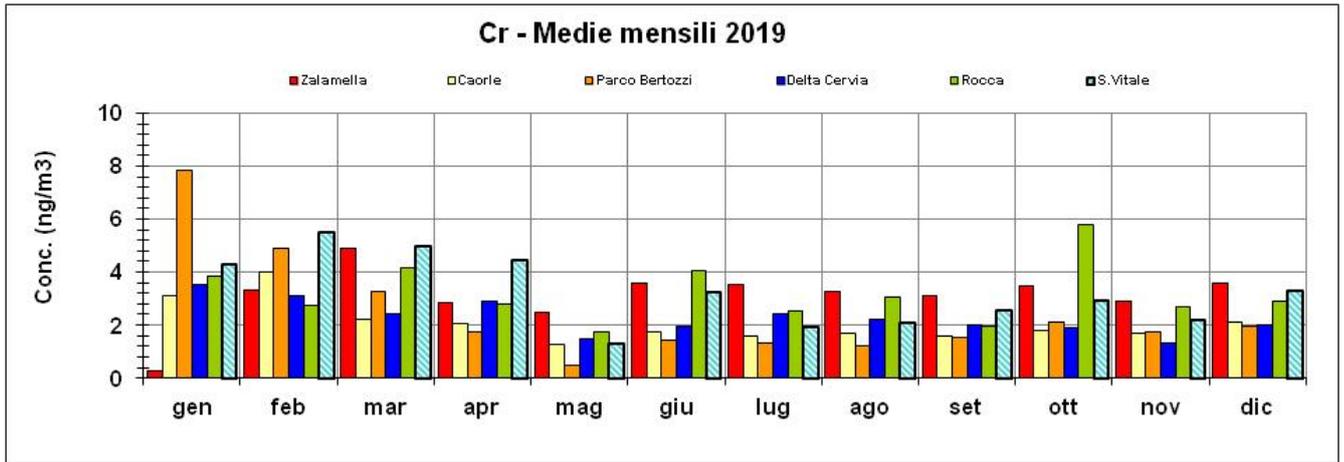
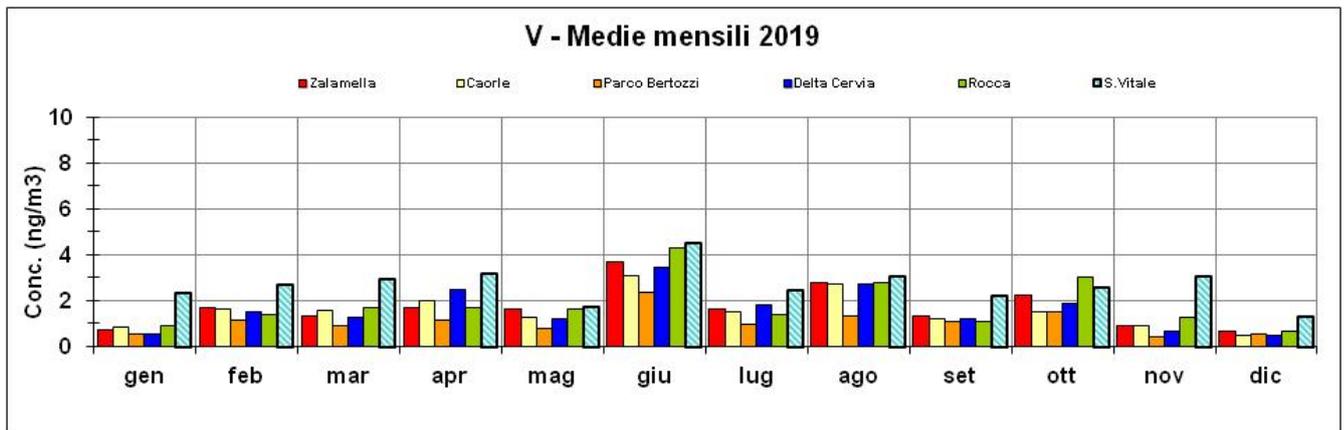
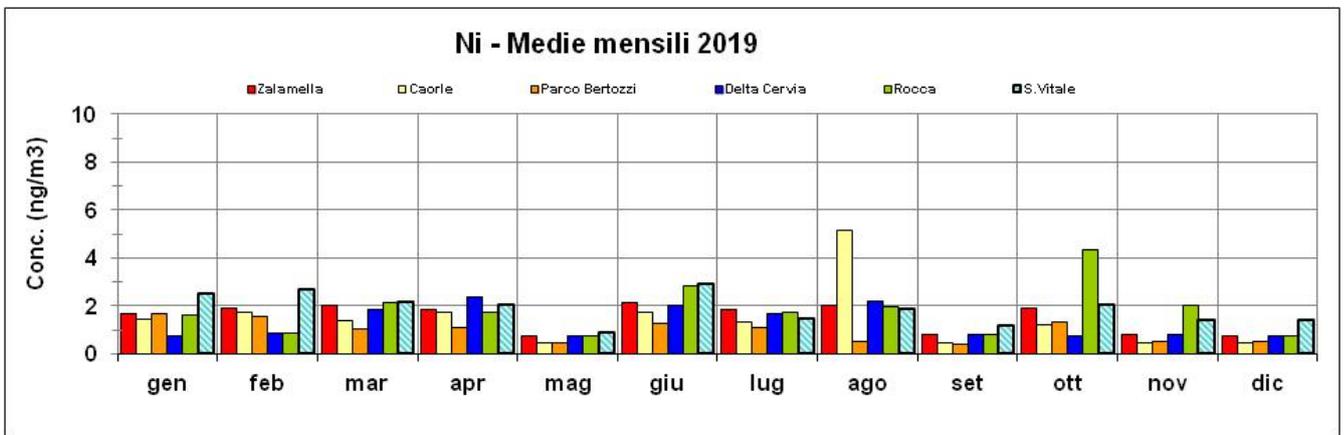


Figura 4.34 (a) – Medie mensili di piombo, cadmio e cromo nel particolato PM10 – Anno 2019



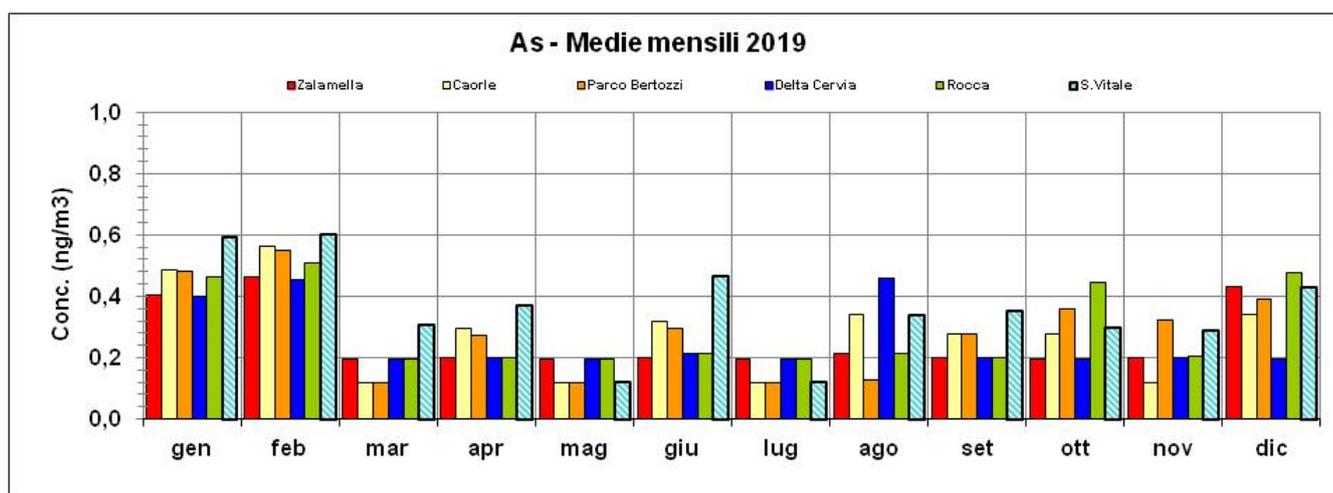


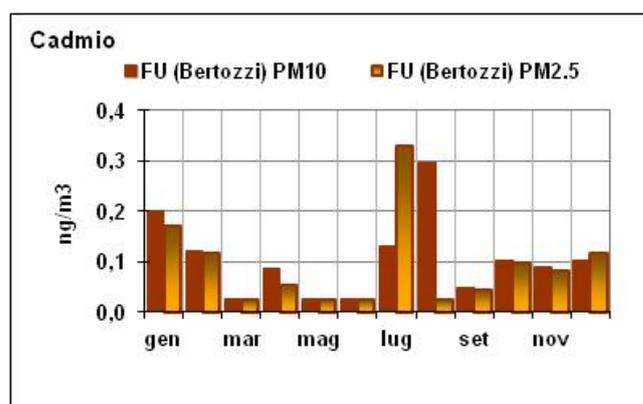
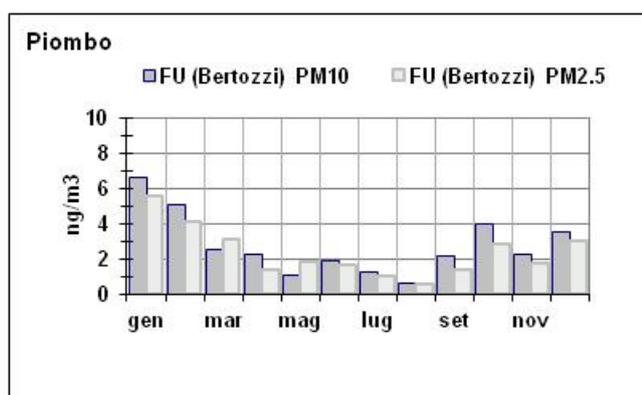
Figura 4.34 (b)– Medie mensili di nichel, vanadio e arsenico nel particolato PM10 – Anno 2019

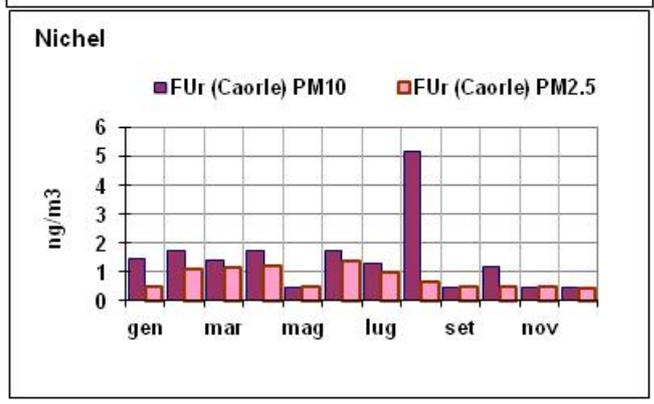
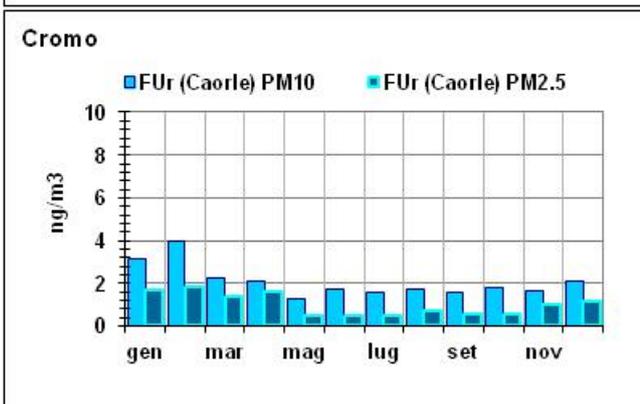
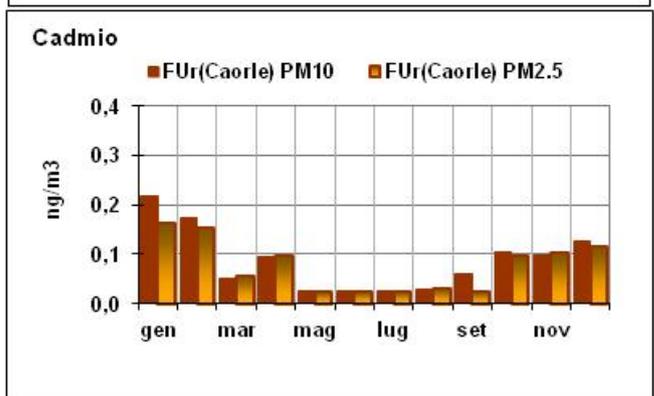
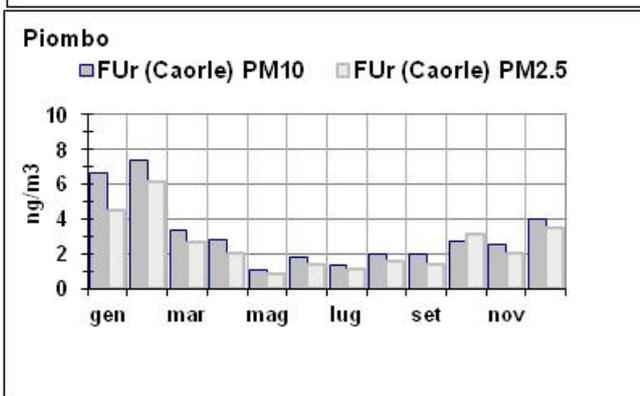
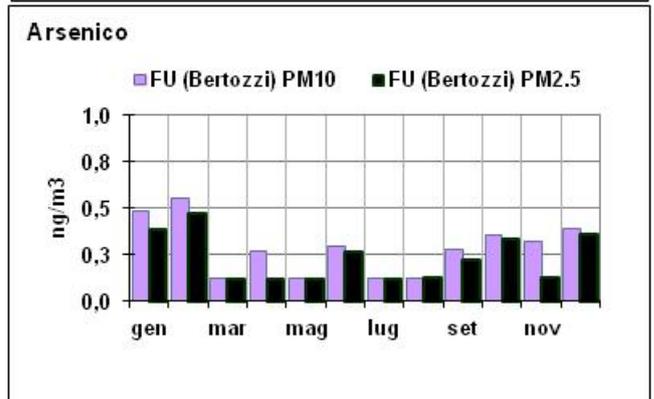
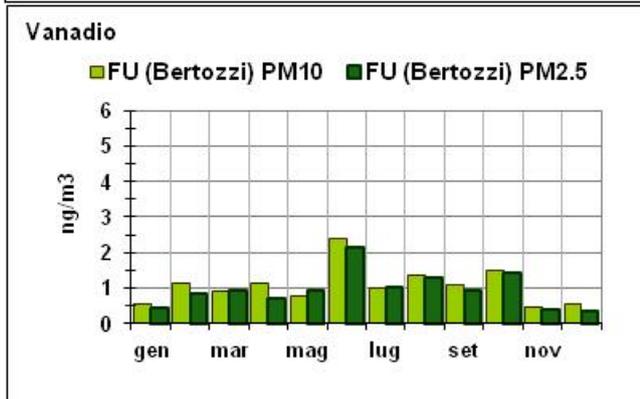
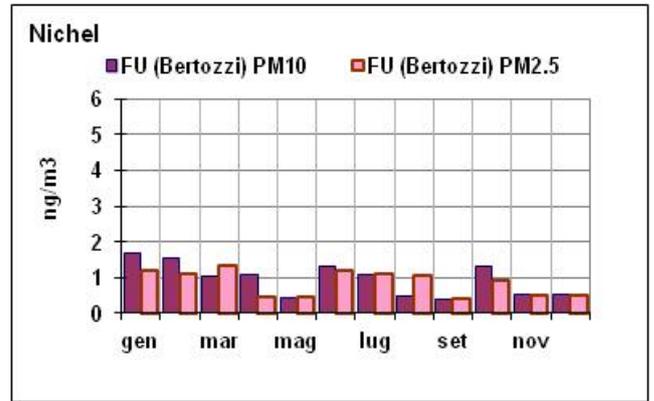
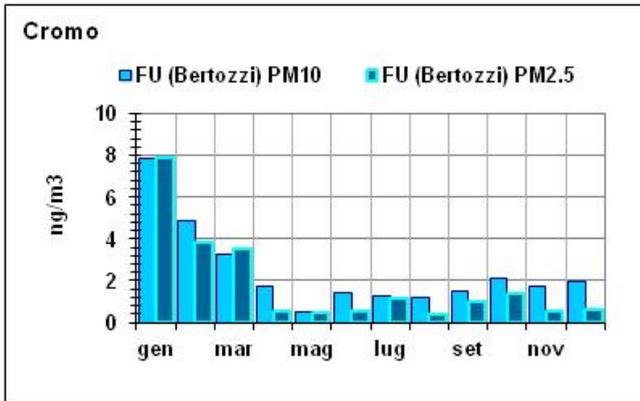
Le concentrazioni misurate nella rete di Ravenna (RRQA e stazioni Locali) confrontate con i dati pubblicati dall'ISS e con i campionamenti effettuati nell'area urbana di Bologna nel biennio 2004 – 2005 (Tabella 4.23), mostrano valori dello stesso ordine di grandezza o inferiori rispetto ai dati riportati in bibliografia in tutte le stazioni. Anche i valori del Vanadio risultano in linea o leggermente superiori a quelli in bibliografia, con l'unica eccezione del valore massimo misurato nella stazione Locale industriale di Porto San Vitale.

<i>Metallo</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>V</i>	<i>Pb</i>
Concentrazione (ng/m ³) ISS 2004	-	4,8	1,7	0,34	-	10
Concentrazione (ng/m ³) Bologna PM10	3,1	4,0	1,4	0,61	1,5	18
Concentrazione (ng/m ³) Ravenna 2019	Min 1.0	Min 0.8	Min 0.2	Min 0.1	Min 0.9	Min 1.7
	Max 3.2	Max 1.9	Max 0.4	Max 0.1	Max 2.7	Max 3.5

Tabella 4.23 Confronto concentrazioni medie annuali in ng/m³ di alcuni metalli rilevate a Bologna (2004-2005), a Ravenna (2019) dati ISS 2004

La Figura 4.35 riporta gli istogrammi delle concentrazioni medie mensili di particolato PM10 e PM2.5 rilevate nelle stazioni di Parco Bertozzi (Fondo Urbano), Caorle (Fondo Urbano Residenziale) e Porto San Vitale (Stazione Locale Industriale).





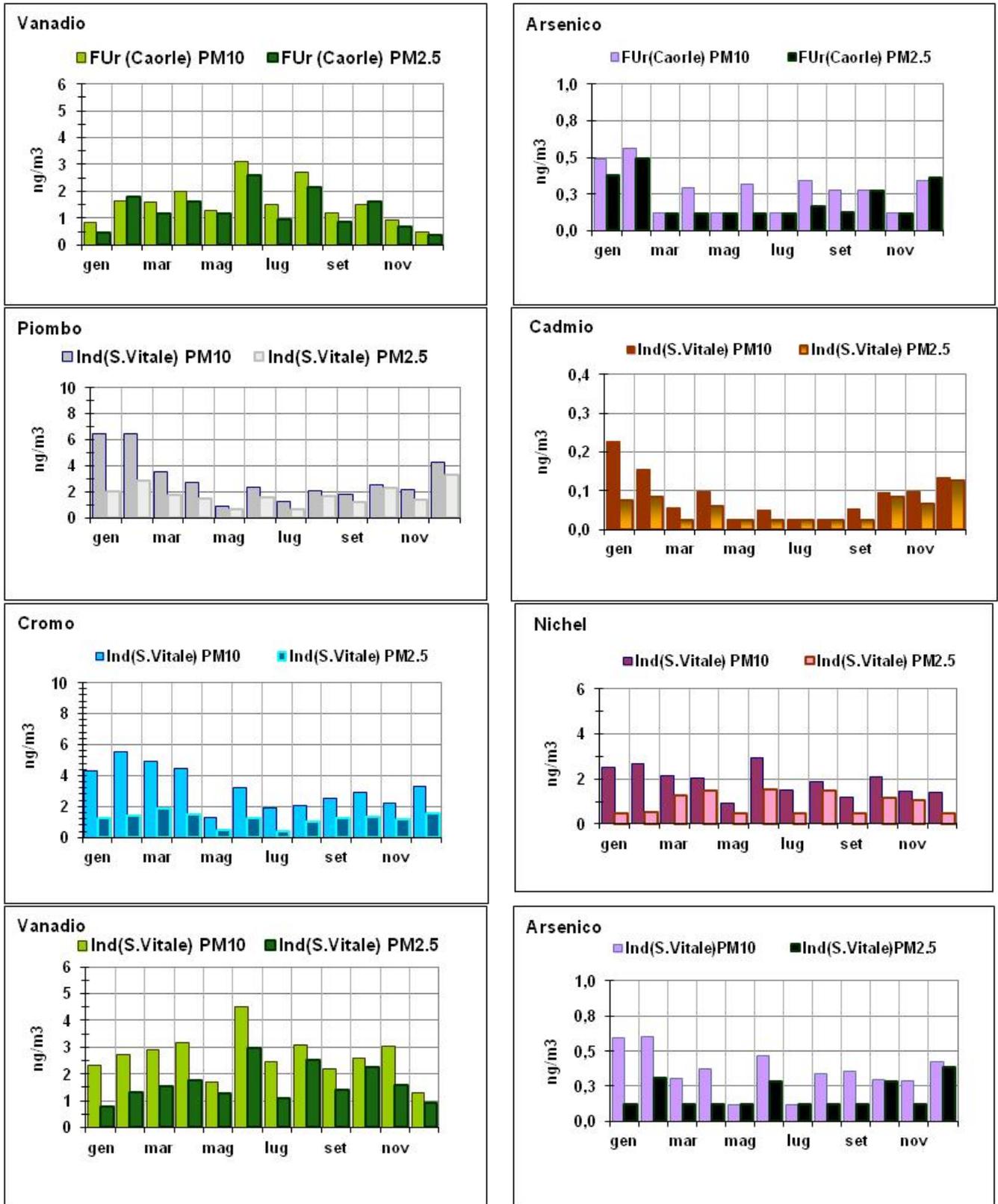


Figura 4.35 – Medie mensili di alcuni metalli nel particolato PM10 e PM2.5 – Anno 2019

Seguono i grafici (Figura 4.36 e 4.37) delle concentrazioni medie annuali dal 2015 al 2019.

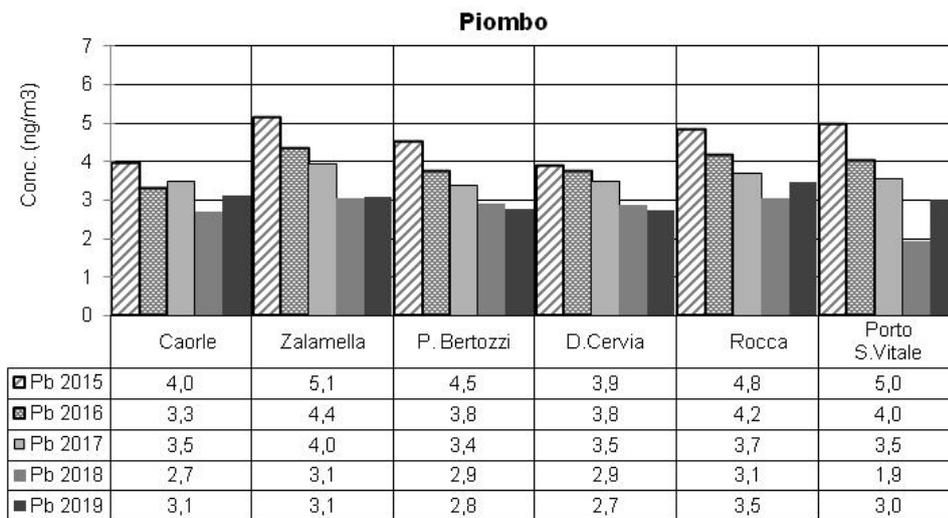
Il Cadmio nel 2019, come nel 2018, presenta delle concentrazioni medie annuali inferiori agli anni precedenti, ampiamente entro i limiti normativi.

Le concentrazioni di Nichel del 2019 sono in linea od inferiori a quelle rilevate negli anni precedenti.

Le concentrazioni di Vanadio nel 2019 risultano leggermente superiori all'anno 2018 ma in linea con gli anni precedenti, mentre per il Cromo, nel 2019 i valori risultano inferiori alle medie degli anni precedenti.

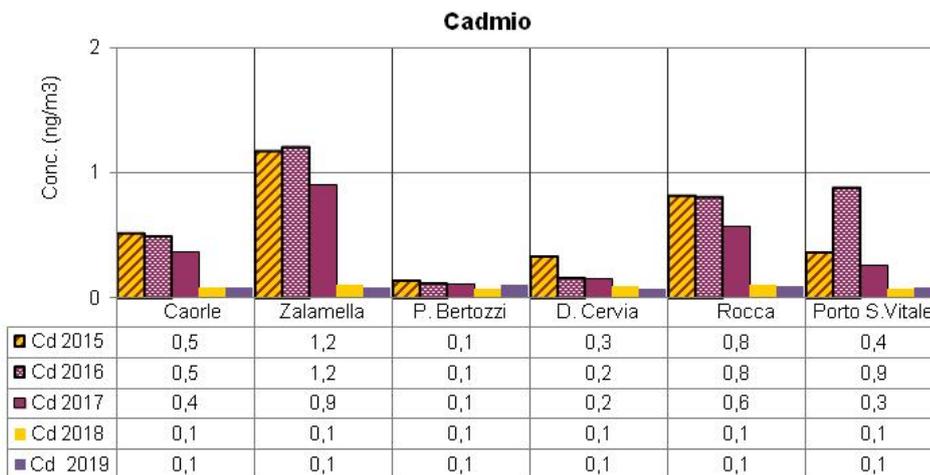
Vanadio e Cromo, per i quali non sono stati fissati dalla normativa valori obiettivo, possono essere confrontati con i dati indicati dall'OMS: per il Vanadio le concentrazioni risultano in linea con quelle riportate come tipiche di grandi aree urbane, ad esclusione della stazione industriale del porto che presenta valori mediamente maggiori.

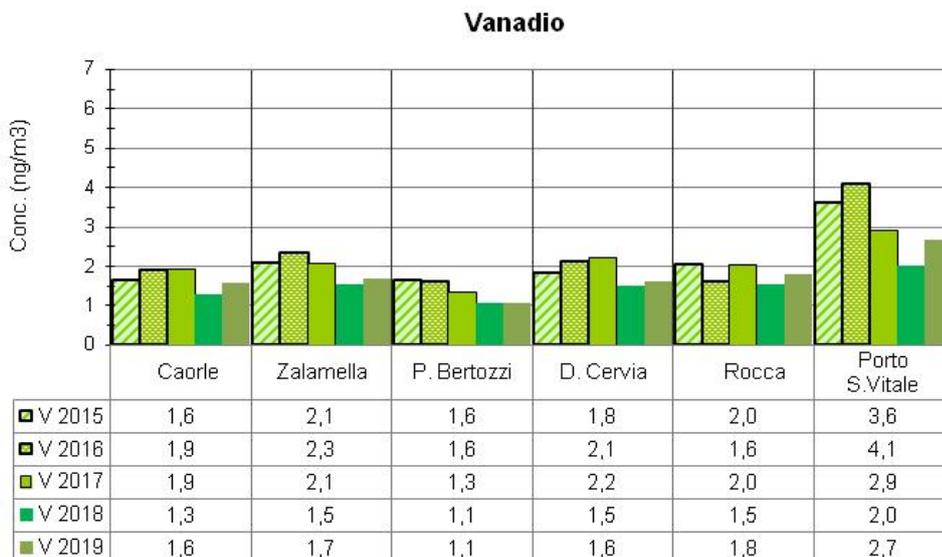
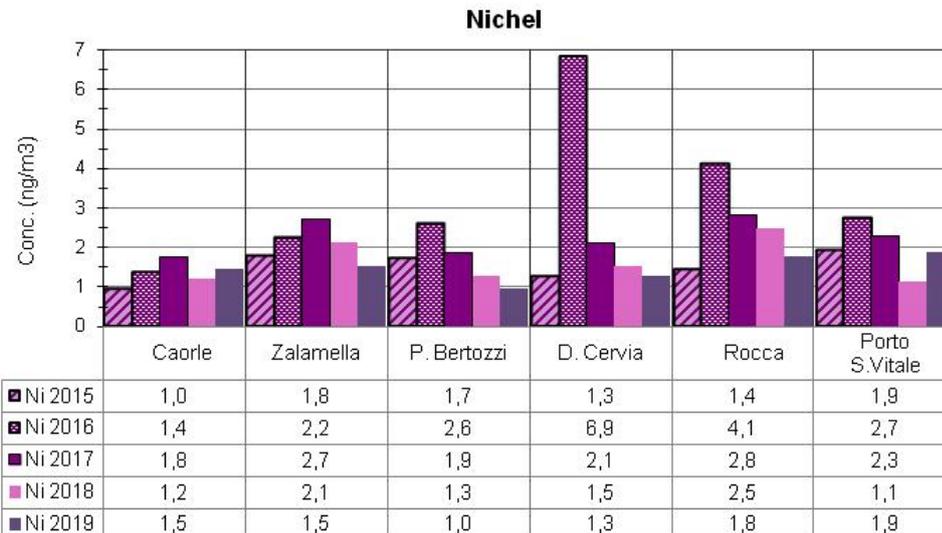
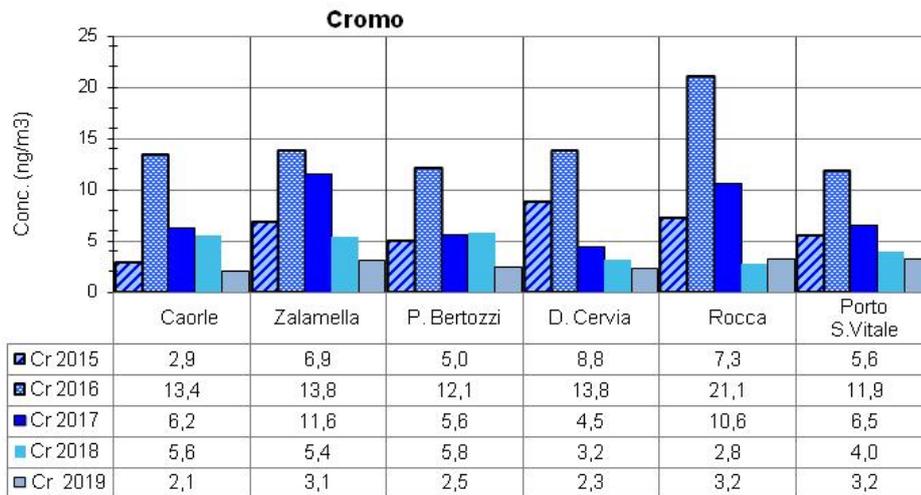
La concentrazione media annuale di Piombo non evidenzia un trend marcato ma risulta leggermente superiore rispetto le medie dell'anno precedente in quasi tutte le stazioni, (ad esclusione del Parco Bertozzi e Delta Cervia) e comunque inferiori ai dati del triennio precedente.



**Figura 4.36 –
Andamento medie
annuali di alcuni
metalli nel
particolato PM10 –**

Anni 2015 ÷ 2019





**Figura 4.37 –
Andamento medie
annuali di alcuni
metalli nel
particolato PM10**

Anni 2015 ÷ 2019

4.9.3 Diossine, Furani e Policlorobifenili nel particolato PM10, PM2.5

Diossine (**PCDD**) - Furani (**PCDF**) e Policlorobifenili (**PCB**), fanno parte della più ampia famiglia dei Composti Organici Persistenti (**POPs**). I POPs sono sostanze chimiche molto resistenti che, una volta immesse nell'aria, nell'acqua o nel terreno, a causa della loro scarsa degradabilità, permangono nell'ambiente per lungo tempo.

Alcuni POPs, come i PCB, erano prodotti a scopo industriale, altri, come DIOX e furani, derivano dalla combustione di sostanze chimiche organiche e da processi industriali. Verso la fine degli anni '70 gli insetticidi e altri POPs sono stati vietati o sottoposti a restrizioni d'uso in molti paesi, tra cui l'Italia.

Il termine **Diossine - Furani** si riferisce ad un gruppo di 210 composti chimici aromatici policlorurati, divisi in due famiglie e simili per struttura, detti congeneri: 75 congeneri hanno struttura chimica simile a quella della policlorodibenzo-diossina (PCDD), 135 hanno struttura simile al policlorodibenzo-furano (PCDF). 17 di questi congeneri sono considerati tossicologicamente rilevanti. Le diossine sono immesse nell'ambiente da varie sorgenti e possono essere trasportate per lunghe distanze in atmosfera. In natura vengono rilasciate durante gli incendi boschivi e le eruzioni vulcaniche; le attività umane responsabili della loro formazione sono in generale riconducibili a processi di combustione incontrollata, ad esempio incendi. ISPRA, nella pubblicazione del 2006 (Quaderni APAT ISBN 88-448-0173-6), riporta una stima UE: gli incendi accidentali, con il 21% del totale, sono al secondo posto (dopo la produzione di pesticidi) fra le attività antropiche e naturali per il rilascio di diossine e furani sul suolo.

Generalmente le diossine vengono rilevate, nelle diverse matrici ambientali, come sommatoria dei diversi congeneri. Da sottolineare che non tutti i congeneri sono tossici, e non lo sono alla stessa maniera. Per esprimere la tossicità dei singoli congeneri e della totalità del campione analizzato è stato introdotto il concetto di «fattore di tossicità equivalente (TEF)». I TEF si basano sulla considerazione che PCDD e PCDF sono composti che producono effetti tossici simili ed esprimono la tossicità di un determinato congenere rispetto al congenere più tossico - la 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina) - a cui è assegnato il valore 1.

In pratica, il valore di concentrazione di "diossina-equivalente" di un campione è ottenuto sommando i valori di concentrazione dei singoli congeneri dopo averli moltiplicati per i rispettivi TEF. Per i TEF sono stati proposti due schemi di classificazione, l'International TEF (I-TEF) e quello del WHO (WHO-TEF).

I **PCB** sono composti organici di sintesi clorurati, estremamente stabili, poco solubili in acqua e dalle ottime proprietà dielettriche. Per queste loro caratteristiche sono stati estensivamente impiegati, sin dagli anni '30, nel settore elettrico in qualità di isolanti ed in seguito come lubrificanti, in fluidi per impianti di condizionamento, nella preparazione delle vernici e nei sigillanti di giunti di edifici in calcestruzzo. Anche per i PCB è stato adottato il sistema TEF. In particolare, 12 PCB hanno proprietà tossicologiche molto simili a quelle delle diossine e per questo motivo vengono chiamati PCB-DL (Dioxin Like). Per questi composti sono stati fissati dei TEF che valutano la tossicità in riferimento alla diossina 2,3,7,8-TCDD e quindi le concentrazioni di PCB espressi in funzione dei I-TEF possono essere sommati quelli delle diossine e dei furani. I TEF dei PCB-DL sono generalmente più bassi di quelli delle diossine, tuttavia i PCB sono di solito presenti in ambiente a livelli più elevati rispetto a diossine e furani.

Non esistono riferimenti normativi né a livello nazionale, né a livello europeo che regolamentino la presenza di diossine - furani e PCB in aria. La Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale indica, per la concentrazione in aria (seduta del 12/02/1988), un livello di azione per PCDD e PCDF pari a 40 fg/m³ in unità I-TEQ (espresso in tossicità equivalente utilizzando i Fattori di Tossicità NATO del 1988, I-TEF), mentre l'OMS, per esposizioni prolungate nel tempo a concentrazioni maggiori o uguali di 300 fg WHO-TE/m³, suggerisce "di indagare la presenza di sorgenti da porre sotto controllo".

Scarse sono anche le campagne di monitoraggio in aria ed estremamente frammentari i dati al riguardo: nel presente documento si riportano i valori di fondo di PCDD e PCDF rilevati in diverse località del Nord America (EPA) e concentrazioni in aria ambiente di PCB totali (Istituto Superiore di Sanità).

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato indicatore</i>	<i>Trend</i>
Concentrazione in aria di PCDD, PCDF e PCB	2014-2019		

Nel 2019 le concentrazioni medie dei congeneri ricercati risultano inferiori ai valori limite consigliati dalla Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale e ai valori di fondo riportati in letteratura. Si riscontrano particolari criticità per la stazione Agip29 ma, in molti casi, le concentrazioni sono inferiori al limite di quantificazione strumentale³.

Per quanto riguarda il trend, nel periodo monitorato, le concentrazioni non presentano variazioni significative.

La valutazione dell'indicatore, date le caratteristiche di questi composti, non viene comunque classificata positiva, mentre lo è quella del trend (sostanzialmente invariato).

Anche in considerazione della necessità di avere valori di riferimento locali in casi di eventi incidentali (es. incendi), si sottolinea l'importanza di mantenere un sistematico controllo dei POP's e, quindi, della prosecuzione delle attività di monitoraggio con le modalità ad oggi implementate.

³ Il metodo e la strumentazione analitica utilizzata consentono di determinare concentrazioni dell'ordine di qualche femtogrammo [$fg = 10^{-15}$ g], cioè di qualche milionesimo di miliardesimo di grammo → Limite di Quantificazione [L.Q.]

PCDD, PCDF e PCB-DL				Concentrazione nelle frazioni PM10 e PM2.5 Medie annuali (I-TEF)			
<i>Stazione industriale</i>	<i>Frazione granulometrica</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Efficienza%</i>	<i>PCDD L. Q. 2 fg/m³</i>	<i>PCDF L. Q. 1 fg/m³</i>	<i>PCB-DL L. Q. 3 fg/m³</i>	<i>TOTALE fg/ m³</i>
Germani	PM10	Industriale	100%	3	5	< 3	8
	PM2,5	Industriale	100%	2	5	< 3	7
Marani	PM10	Industriale	100%	2	6	< 3	8
	PM2,5	Industriale	100%	2	4	< 3	6
Agip29	PM10	Industriale	100%	2	6*	< 3	2
	PM2,5	Industriale	100%	2	6*	< 3	2

Tabella 4.24 – Diossine (PCDD), Furani (PCDF) e Policlorobifenili (PCB) sul particolato PM10 e PM2.5: medie annuali (concentrazioni espresse come ITEF)

*le medie annuali sono state calcolate escludendo i dati del mese di gennaio in cui si sono rilevate concentrazioni particolarmente elevate di PCDF

Il monitoraggio dei **POPs** adsorbiti sul particolato PM10 e PM2.5 della rete di Ravenna, viene effettuato analizzando i campioni raccolti in tre delle stazioni della Rete Industriale Privata, gestita dal Consorzio di Imprese "Ravenna Sistemi Industriale" (RSI). La scelta è ricaduta su queste tre postazioni in quanto si trovano sottovento rispetto alla zona industriale ed agli inceneritori, dove si stimano più significative le ricadute delle emissioni di questi macrosettori (due a Nord-Ovest ed una ad Est). Le stazioni Germani, Marani e Agip29, localizzate attorno alla zona industriale di Ravenna, sono riportate su cartografia in Figura. 4.38.

Le analisi per la ricerca dei microinquinanti sono effettuate presso il Laboratorio Multisito di Arpae Ravenna.

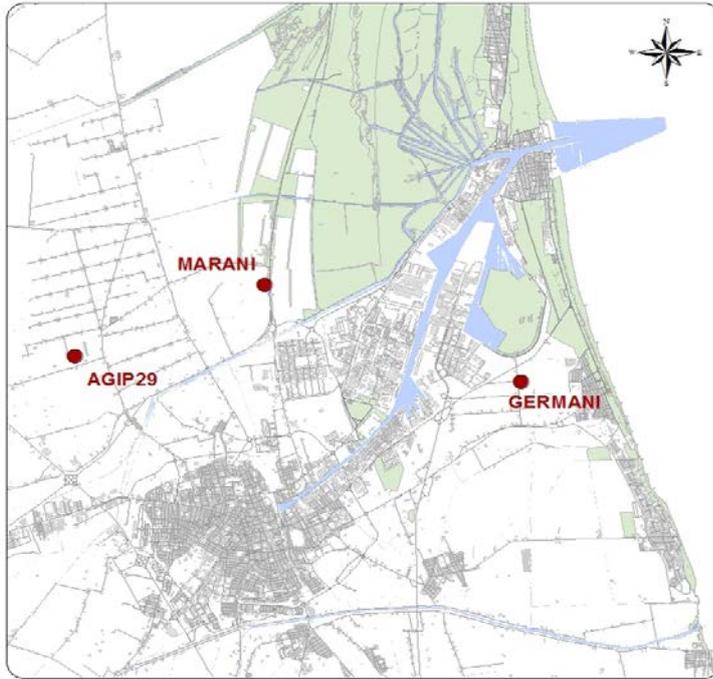


Figura 4.38 – Localizzazione sul territorio delle tre stazioni RSI in cui viene monitorato il particolato per la ricerca di POPs

In Figura 4.39 sono rappresentate le concentrazioni medie annuali di diossine (esprese in femtogrammo su metro cubo [fg/m³]) adsorbite sul particolato (PM10 e PM2.5) raccolto in corrispondenza delle tre stazioni di monitoraggio.

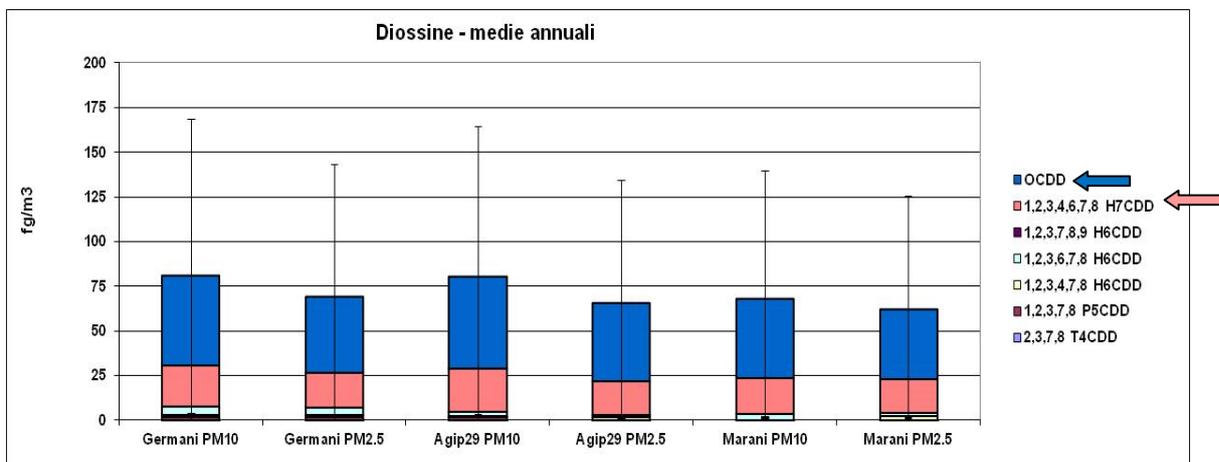


Figura 4.39 – concentrazioni medie annuali di diossine nel particolato – Anno 2019

La concentrazione media annuale è calcolata come somma delle concentrazioni delle sette diossine congeneri indicate in legenda (media annuale Σ).

L'altezza di ogni segmento colorato all'interno di ciascuna barra è proporzionale alla concentrazione media annuale con cui il congenere contribuisce alla sommatoria (media annuale Σ). Nel 2019 le concentrazioni medie Σ sono generalmente basse e si attestano fra circa 30 e 100 fg/m³, valori inferiori a quelli riportati in letteratura. Per le stazioni Germani e Agip29 le concentrazioni medie annuali sono inferiori ai 100 fg/m³.

In generale, i congeneri che concorrono maggiormente alla media annuale Σ sono OCD e 1,2,3,4,6,7,8H7CDD, aventi rispettivamente un TEF di 0.001 e 0.01.

In Tabella 4.25 sono riportate le percentuali di TCDD rilevate nel particolato rispetto alla somma delle sette diossine (PCDD) congeneri (prima riga) e dei diciassette congeneri diossine e furani (PCDD + PCDF – seconda riga): la percentuale di TCDD in tutte le postazioni è superiore all'1%.

	Germani PM10	Germani PM2.5	Agip29 PM10	Agip29 PM2.5	Marani PM10	Marani PM2.5
% di TCDD su tot PCDD	0,68%	0,70%	0,61%	0,74%	0,72%	0,80%
% di TCDD su tot PCDD+PCDF	0,38%	0,40%	0,20%	0,25%	0,38%	0,40%

Tabella 4.25 – % di TCDD nelle concentrazioni medie annuali nel particolato – Anno 2019 – rispetto alla sommatoria di sole diossine e diossine e furani (senza tener conto del «fattore di tossicità equivalente» I-TEF)

La concentrazione dei POPs adsorbiti sul particolato viene calcolata anche tenendo conto della tossicità relativa (rispetto alla TCDD - 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina): ogni congenere viene moltiplicato per il proprio «fattore di tossicità equivalente (TEF)» definito in riferimento alla diossina TCDD, per la quale si assume un TEF = 1. Di seguito si riportano:

- I TEF per Diossine e Furani proposti dalla classificazione internazionale (I-TFE) e quelli indicati dall'Organizzazione mondiale della sanità (WHO-TFE) (Tabella 4.26). Le due classificazioni (rispetto ai 17 congeneri considerati) differiscono solo per il peso dato al 1,2,3,7,8 P5CDD: il WHO attribuisce a tale composto lo stesso fattore della 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina (WHO-TEF = 1), mentre la classificazione internazionale gli attribuisce un I-TFE, rispetto alla TCDD uguale a 0,5 (I-TEF = 0,5).

PCDD e PCDF (Diossine e Furani)		I-TEF (NATO/CCMS, 1988)	WHO-TEF (Vanderberg et al., 1998)
Diossine	2,3,7,8- TCDD	1	1
	1,2,3,7,8 P5CDD	0,5	1
	1,2,3,4,7,8 H6CDD	0,1	0,1
	1,2,3,6,7,8 H6CDD	0,1	0,1
	1,2,3,7,8,9 H6CDD	0,1	0,1
	1,2,3,4,6,7,8 H7CDD	0,01	0,01
	OCDD	0,001	0,0001
Furani	2,3,7,8 T4CDF	0,1	0,1
	1,2,3,7,8 P5CDF	0,05	0,05
	2,3,4,7,8 P5CDF	0,5	0,5
	1,2,3,4,7,8 H6CDF	0,1	0,1
	1,2,3,6,7,8 H6CDF	0,1	0,1
	2,3,4,6,7,8 H6CDF	0,1	0,1
	1,2,3,7,8,9 H6CDF	0,1	0,1
	1,2,3,4,6,7,8 H7CDF	0,01	0,01
	1,2,3,4,7,8,9 H7CDF	0,01	0,01
OCDF	0,001	0,0001	

Tabella 4.26 – TEF relativi per diossine e furani (Fonte APAT, 2006). I singoli composti risultano avere un fattore di tossicità equivalente compreso fra 0,5 (50%) e 0.0001 (0.01%)

- I TEF di Policlorobifenili (PCB) espressi in riferimento alla diossina TCDD (Tabella 4.27). I PCB risultano decisamente meno tossici della TCDD: da un decimo (PCB 126 – I-TEF = 0,1) a 0,3 milioni. .

PCB	I-TEF
PCB 81	0,0003
PCB 77	0,0001
PCB 123	0,00003
PCB 118	0,00003
PCB 114	0,00003
PCB 105	0,00003
PCB 126	0,1
PCB 167	0,00003
PCB 156	0,00003
PCB 157	0,00003
PCB169	0,03
PCB 189	0,00003

Tabella 4.27 – TEF di alcuni PCB (in riferimento alla diossina TCDD ⇒ PCB-DL)

Utilizzando i relativi I-TEF è possibile valutare la “tossicità equivalente” anche dei PCB (PCB-DL cioè PCB-Dioxin Like) e calcolare la tossicità del particolato tenendo conto dei POPs presenti, sommando quindi Diossine, Furani e Policlorobifenili.

Sono scarsi i dati bibliografici sulle concentrazioni in aria ambiente di POPs; di seguito (Tabella 4.28) si riportano:

- i valori di fondo di PCDD e PCDF rilevati in diverse località del Nord America, rappresentativi di zone lontane da potenziali sorgenti emmissive, ricavati dal documento Apat, 2006;
- le concentrazioni in aria ambiente di PCB totali riportati dall'Istituto Superiore di Sanità:

	Area	PCDD/PCDF WHO-TEF [fg/m ³]		PCB totali [pg/m ³]
Apat 2006	Urbana, Nord America	120 ± 94	range: 30 - 200	
	Rurale, Nord America	13	range: 4 - 20	
ISS	Rurale, Nord America			2 - 70
	Urbana/Ind. Germania			3300
	Rurale, Germania			3
	Urbana/Ind. Parigi			60 - 200
	Traffico intenso, Roma			1900 - 5400

Tabella 4.28 – Concentrazioni di fondo di PCDD/PCDF e di PCB totali

Alla luce di quanto esposto relativamente alla diversa tossicità dei composti analizzati, è utile considerare le concentrazioni medie annuali di diossine, furani e policlorobifenili adsorbite sul particolato, tenendo conto del rispettivo fattore di tossicità equivalente (I-TEF) (Figura 4.40). In questo modo le concentrazioni totali I-TEF raggiungono valori da 10 a 100 volte più bassi rispetto alle concentrazioni tal quali.

In generale, i congeneri che danno il contributo più significativo alla concentrazione totale I-TEF sono:

- per le PCDD → la 2,3,7,8 T4CDD, la 1,2,3,7,8 P5CDD e 1,2,3,6,7,8 H6CDD;
- per i PCDF → il 2,3,4,7,8 P5CDF e il 2,3,7,8 T4CDF;
- per i PCB-LD → il PCB 169 e il PCB 126.

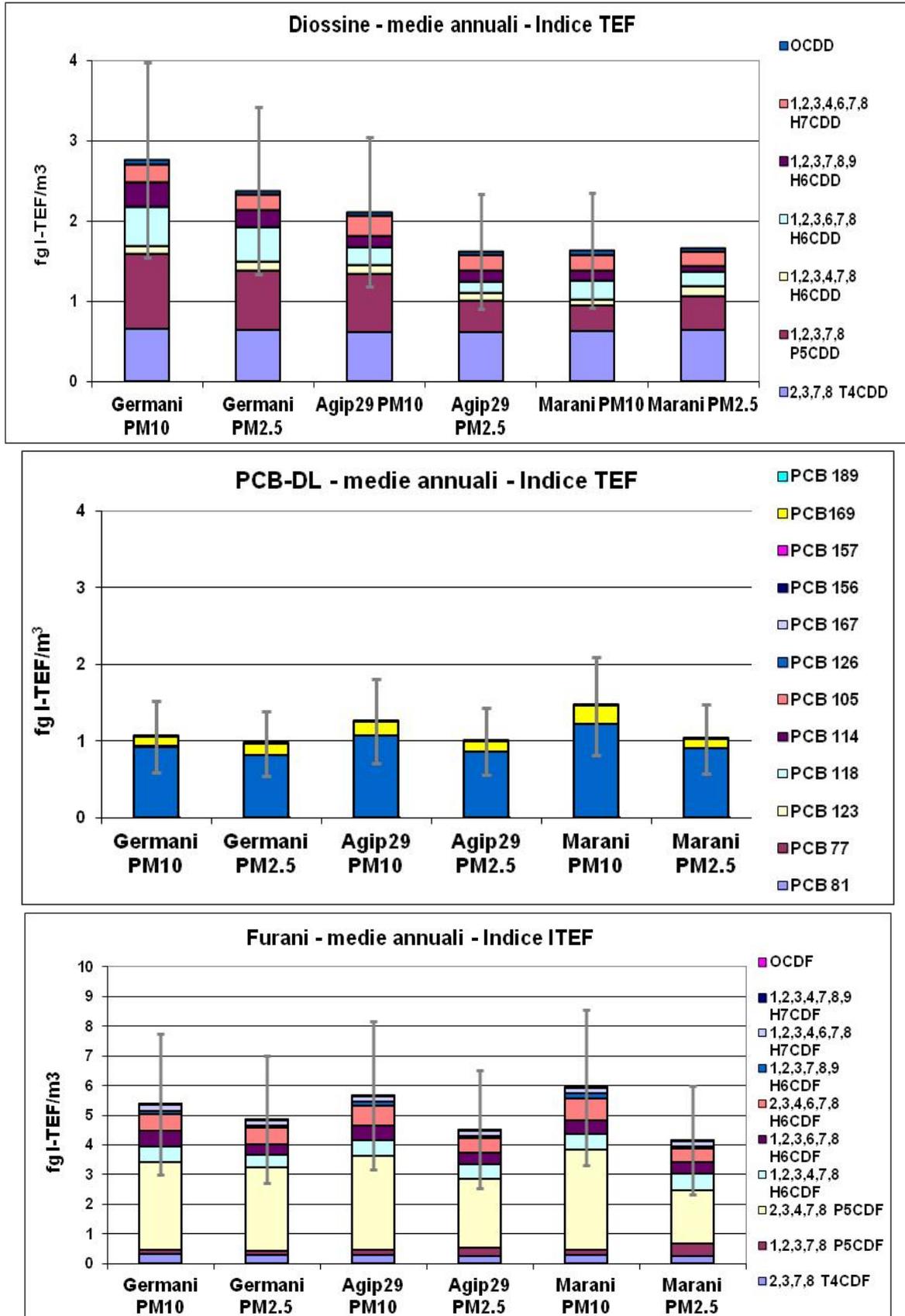


Figura 4.40 – PCDD, PCB e PCDF medie annuali 2019 considerando i I – TEF dei congeneri ricercati

Sono state calcolate le medie mensili delle concentrazioni totali di PCDD, PCDF e PCB sia come concentrazioni in aria ambiente (Figura 4.41, concentrazione espressa in fg I-TEF/m³) sia come concentrazione sul particolato PM10 e PM2.5 (Figura 4.42, concentrazione espressa in fg I-TEF/μg di particolato) per valutare la variabilità della concentrazione di congeneri in aria e adsorbita sul particolato in funzione della stagionalità.

In entrambi i casi, le concentrazioni medie mensili sono più alte nei mesi invernali con un abbassamento consistente, al di sotto del limite di rilevabilità strumentale, nei mesi estivi: i valori più elevati sono stati misurati nel mese di dicembre a Marani.

Il grafico di Figura 4.42 conferma come l'adsorbimento dei POPs sul particolato sia, in periodo invernale, generalmente maggiore sulla frazione PM2.5 rispetto al PM10. In particolare, si osserva che nella stazione di Marani, il PM2,5 abbia un adsorbimento notevolmente maggiore rispetto il PM10.

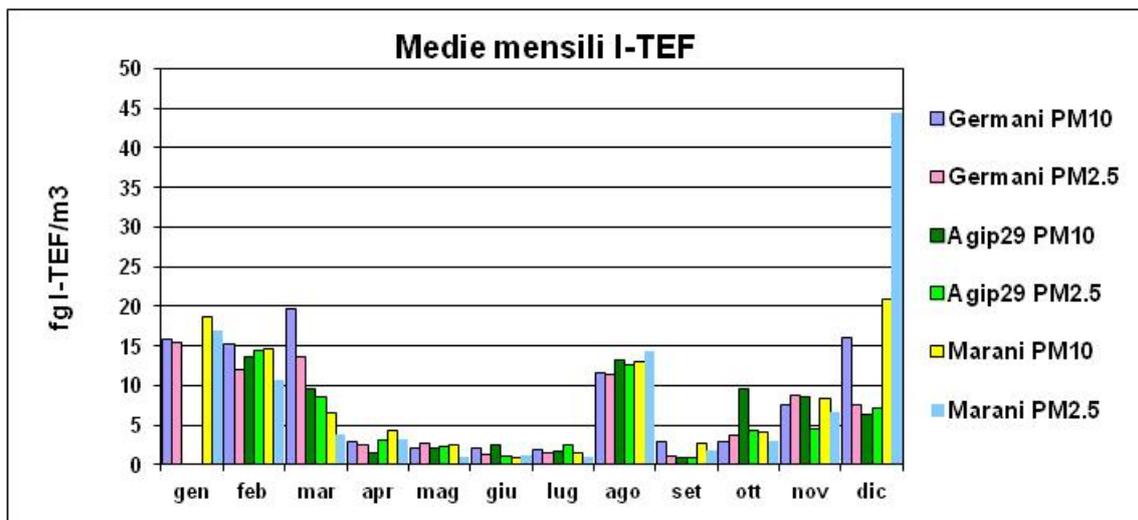


Figura 4.41 – Tossicità equivalente per sommatoria di PCDD, PCDF, PCB - medie mensili 2019

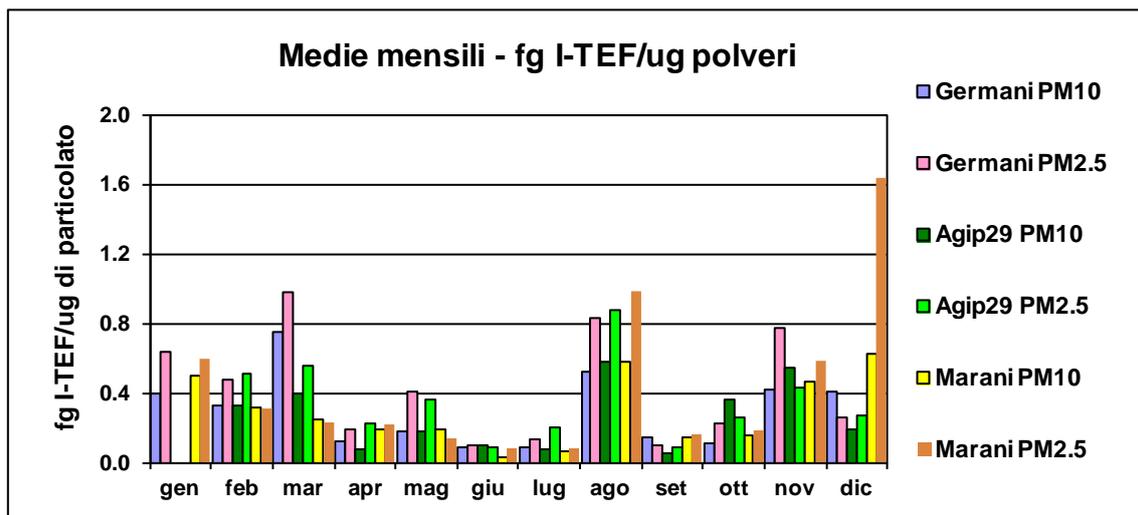
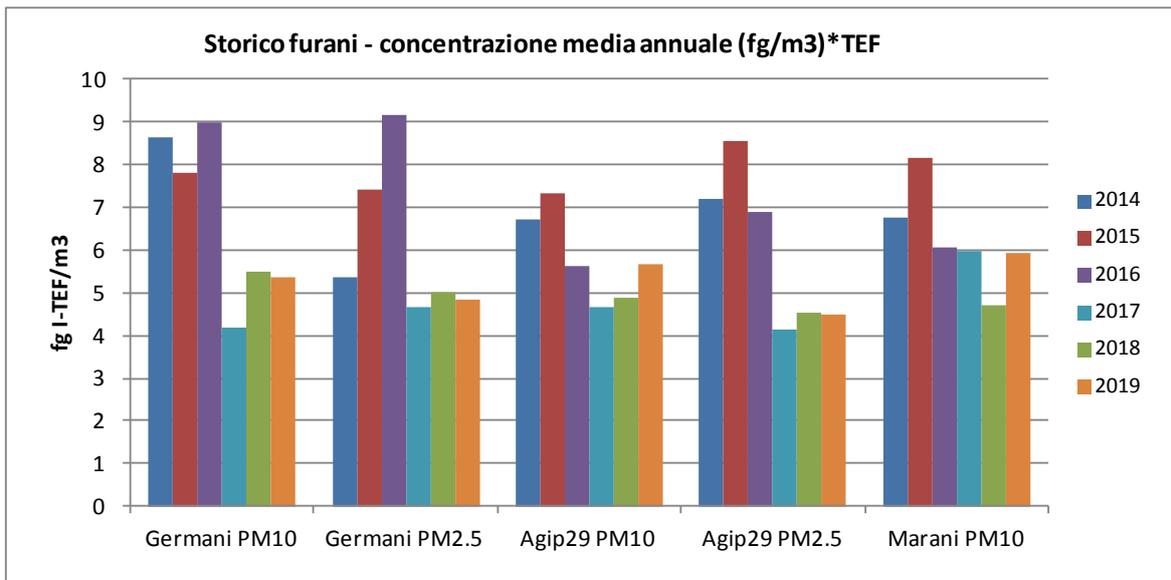
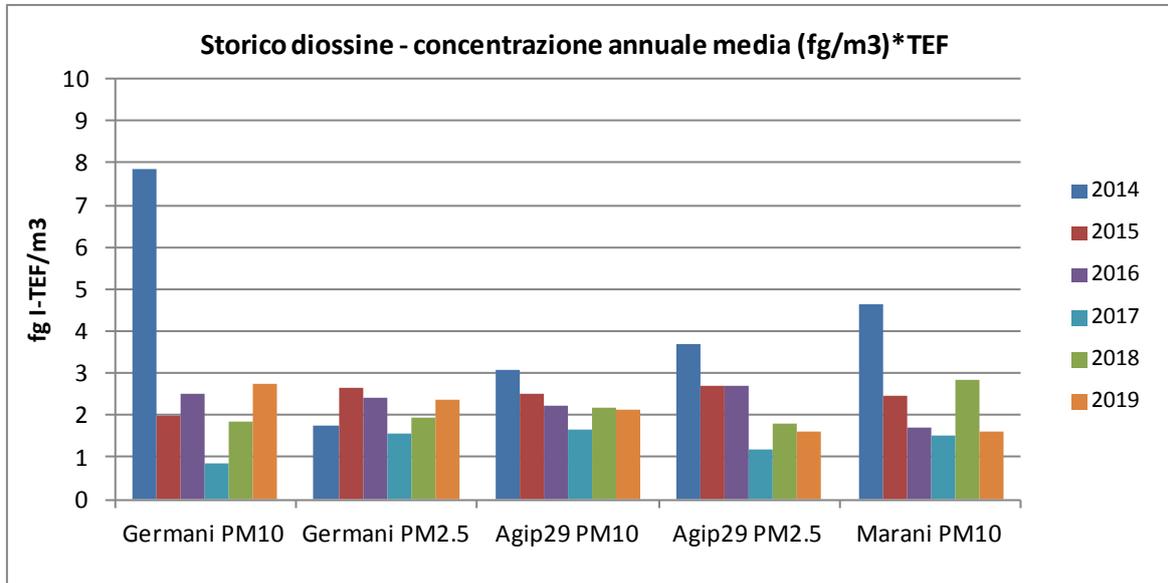


Figura 4.42 – Rapporto fra tossicità equivalente per sommatoria di PCDD, PCDF, PCB e particolato raccolto sui filtri - medie mensili 2019

Per valutare il trend negli ultimi 5 anni, in Figura 4.43 sono rappresentate le concentrazioni medie annuali di PCDD, PCDF e PCB-DL in termini di tossicità equivalente per ogni stazione.

Per tutte le tre classi di composti è difficile evidenziare un trend, anche per i valori di concentrazione molto contenuti in anni precedenti. Relativamente alle diossine, il 2019 ha

registrato una concentrazione annuale media inferiore al 2018 ma comunque in linea con gli anni precedenti.



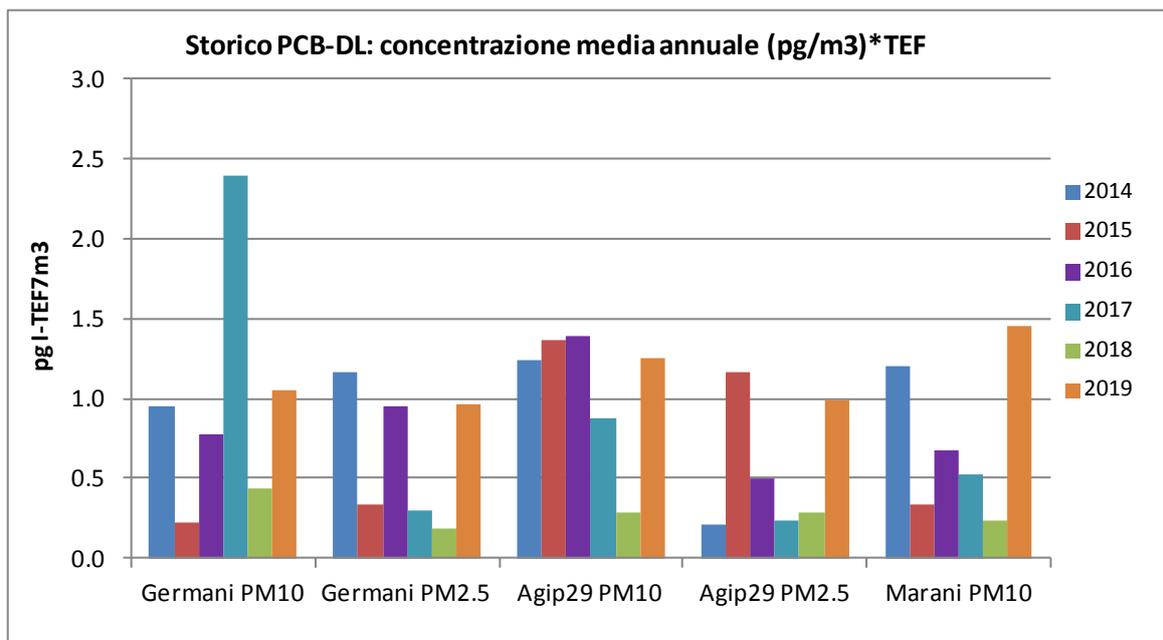


Figura 4.43 – Trend medie annuali per PCDD, PCDF e PCB-DL

4.10 - Deposizioni: Metalli, IPA, Diossine, Furani e Policlorobifenili

Valutazione in sintesi

<i>Indicatore</i>	<i>Copertura temporale</i>	<i>Stato indicatore</i>	<i>Trend</i>
Metalli (Pb, Cd, Cr, Ni, V, As)	2018 - 2019		Non disponibile
IPA	2018 - 2019		Non disponibile
Deposizioni di PCDD, PCDF e PCB	2018 - 2019		Non disponibile

Nel 2019, secondo anno in cui sono stati rilevati i microinquinanti nelle deposizioni nelle tre stazioni presenti nel territorio, i dati misurati risultano contenuti: inferiori ai valori consigliati dall'OMS, in linea con i valori di fondo riportati in letteratura e, dove presenti, più bassi dei valori limite indicati nella normativa di alcuni paesi dell'Unione Europea.

Non si sono riscontrate particolari criticità e per quasi tutto l'anno le concentrazioni sono spesso inferiori al limite di quantificazione strumentale. Nonostante questo giudizio, complessivamente non negativo, si ritiene di estrema importanza la prosecuzione delle attività di monitoraggio di tale matrice, anche per costruire un trend che confermi questi primi dati.

Gli inquinanti emessi in atmosfera durante la loro dispersione in aria subiscono processi che determinano l'insorgere di trasformazioni chimiche - dovute alla presenza contemporanea di sostanze capaci di reagire (processi di reattività chimica), l'impoverimento del *plume* ed il 'trasferimento' delle sostanze inquinanti al suolo (processi di deposizione).

Nei processi di deposizione si distingue fra:

- *Deposizione Secca* → Meccanismo, sempre presente, che elimina una parte dell'inquinante presente in aria e lo trasferisce al suolo senza intervento dell'acqua presente in atmosfera;
- *Deposizione Umida* → Meccanismo di eliminazione causato dall'azione delle acque meteoriche che catturano le particelle nei pressi del suolo.

L'entità della deposizione dipende, fra l'altro, dal livello di turbolenza atmosferica (maggiore è il livello di turbolenza, maggiore è la quantità di inquinante portato al suolo e maggiore è la probabilità che venga trasferito al suolo stesso) e dalle proprietà fisico-chimiche dell'inquinante (la reattività chimica e la solubilità degli inquinanti gassosi, oppure la densità e le dimensioni del particolato atmosferico).

Sia per i gas sia per la deposizione di particolato vale la legge secondo cui il Flusso (F) di particolato al suolo è proporzionale alla sua concentrazione in aria:

$$F = V_d \cdot C(z) \quad \text{dove } V_d \text{ è la velocità di deposizione.}$$

Nello studio dei fenomeni di deposizione, si assume che il particolato abbia una velocità di sedimentazione gravitazionale propria (proporzionale alla propria densità e alle sue dimensioni), non interagisca con la vegetazione ed abbia la medesima resistenza aerodinamica dei gas.

Si può avere una stima delle sostanze che si depositano al suolo analizzando campioni raccolti mediante un deposimetro tipo bulk (così come previsto dal DLgs 152/07 e dalla norma UNI EN 15841:2010).

La determinazione dei flussi di deposizione per alcuni inquinanti atmosferici, mediante deposimetri, costituisce un buon sistema di sorveglianza ambientale. Pur considerando le possibili interferenze che sistemi di questo possono avere (es. insetti, foglie, ecc.), si sono dimostrati negli anni estremamente utili, in particolare per quegli inquinanti che possono accumularsi nell'ambiente (es. attraverso la catena alimentare) quali, appunto, i POPs, in particolare le PCDD/F, PCB⁴.

Nel monitoraggio avviato a Ravenna nel 2018, in alternativa al deposimetro tipo bulk, viene utilizzato il campionatore *Wet & Dry (W&D)* (Figura 4.44), costituito da due recipienti, in materiale idoneo e di dimensioni standardizzate, per la raccolta separata della deposizione umida e secca che, nello specifico, vengono riunite in un unico campione (deposizione totale).



Figura 4.44 – Deposimetro Wet&Dry per la raccolta separata delle deposizioni secche ed umide

Le tre postazioni in cui è installato il campionatore W&D sono ubicate nel Comune di Ravenna: in Pineta Cà Nova, Porto San Vitale e presso la sede Arpae di Ravenna.

Le deposizioni totali sono raccolte mediante esposizione passiva per un periodo compreso tra una settimana e un mese, in funzione della piovosità.

Nel campione di deposizione totale vengono ricercati metalli, IPA, PCB, diossine e furani.

I risultati sono espressi in “flusso di deposizione”, cioè come rapporto fra la massa di inquinante raccolta dal deposimetro sulla superficie di campionamento. In particolare:

- Il flusso di deposizione dei metalli e degli IPA totali viene espresso come media giornaliera [in $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$], calcolata a partire dai flussi mensili
- Il flusso di deposizione del benzo(a)pirene viene espresso come media giornaliera [in $\text{ng}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$], calcolata a partire dai flussi mensili;
- il flusso di deposizione di diossine e furani viene espresso come media giornaliera [in $\text{pg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$], calcolata a partire dai flussi mensili;
- il flusso di deposizione dei PCB viene espresso come flusso annuale [in $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$], cioè come sommatoria della massa mensile di PCB raccolta sulla superficie di deposizione.

⁴ Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo e al Comitato Economico e Sociale Europeo relativa all'attuazione della strategia comunitaria sulle diossine, i furani e i bifenili policlorurati (COM(2001)593).

4.10.1 IPA

In mancanza di una normativa specifica, i dati di benzo(a)pirene rilevati nelle tre postazioni sono stati posti a confronto con valori rilevati in bibliografia, riportati nella successiva Tabella 4.29. In Tabella 4.30 sono invece riportate le medie annuali di BaP e la sommatoria di IPA totali rilevati nelle postazioni di Ravenna.

	Area	BaP [ng/m ² *d]
Menichini et al. 2006	Melfi, area rurale	1.9 – 5.7
Magistrato acque 2000	Laguna di Venezia	6 - 9
EMEP 2005	Finlandia, area rurale	2 - 10
EMEP 2005	Svezia, area rurale	5 - 17
Magistrato acque 2000	Venezia, area urbana	30
Motelay-Massei et al. 2003	Parigi, area urbana	25
Halsall et al. 1997	Cardiff, area urbana	219
Halsall et al. 1997	Manchester, area urbana	300

Tabella 4.29 – riferimenti bibliografici – benzo(a)pirene

		Arpae	Cà Nova	San Vitale
Benzo(a)pirene	ng/m ² *gg	3.80	2.68	8.32
IPA tot	ng/m ² *gg	215	200	293

Tabella 4.30 – BaP e IPA totali - medie annuali 2019

Il flusso di deposizione del BaP risulta in linea con il flusso riportato in bibliografia per le aree rurali, mentre è inferiore a quello tipico delle aree urbane, nonostante il campionatore “Arpae” si trovi in città (via Alberoni) e la postazione San Vitale sia collocata in un’area prevalentemente industriale.

4.10.2 Metalli

Relativamente ai metalli l'Unione Europea non prevede una normativa specifica anche se, per alcuni di essi (As, Cd e Ni) è stato pubblicato un position paper e alcuni paesi europei hanno emanato dei limiti alla concentrazione di metalli nelle deposizioni totali.

Nella Tabella 4.31 sono riportati i valori del position paper dell'unione europea e i limiti previsti in alcuni paesi stati membri.

La successiva Tabella 4.32 mostra i dati rilevati nel 2018 dalle stazioni di Ravenna, confrontati con dati di bibliografia.

		Pb	Cd	Ni	As
		ug/m ² *d			
limite Germania		100	2	15	4
limite Austria		100	2		
limite Belgio		250	2		
limite Croazia		100	2	15	4
limite Svizzera		100	2		
Position paper	aree rurali		0,011 – 0,14	0,03 – 4,3	0,082 – 0,43
	aree urbane		0,16 – 0,90	5 – 11	0,22 – 3,4
	aree industriali		0,12 – 4,6	2,3 – 22	2,0 – 4,3

Tabella 4.31 – Metalli - Normative nazionali e riferimenti europei

ug/m ² *d	V	Cr	Ni	As	Ag	Cd	Pb
Arpae	3.06	3.51	2.78	0.46	0.15	0.27	5.01
Cà Nova	3.22	2.70	2.66	0.47	0.26	0.64	6.10
San Vitale	13.66	26.54	9.72	1.73	0.17	0.40	10.76
Aree rurali Francia			1.6 - 3.7	0.6 - 0.7		0.2 - 0.9	3.3 – 10.3
Aree urbane Francia			1.0 - 22.9	0.05 - 1.3		0.3 - 3.0	0.4 - 106
Area rurale Lucca		6.2	1.7 - 5.6	1.5 - 5.1		0.5 - 2.2	20.5
Ex resit – sito industriale			0.9	0.4		0.03	2.8

Tabella 4.32 – metalli nelle deposizioni totali - medie annuali 2019 e dati bibliografici

I dati rilevati Cd, Ni e As sono confrontabili con quelli riportati nel position paper europeo per aree urbane. I dati di Pb sono decisamente inferiori ai limiti proposti da Germania, Austria, Croazia e Svizzera (pari a circa 1/10 del limite), lo stesso è osservabile per gli altri metalli Cadmio, Nichel e Arsenico.

Concentrazioni maggiori di Vanadio e Nichel e Piombo sono state misurate a Porto di San Vitale e sono probabilmente riconducibili al traffico navale. Il vanadio in particolare è riconosciuto come un tracciante per questa sorgente emissiva.

4.10.3 - PCB, Diossine e Furani

L'Unione Europea non prevede il monitoraggio delle concentrazioni di diossine e furani (PCDD/F) e PCB "diossina-simili" nell'atmosfera (immissioni). Non sono definiti, pertanto, dei valori di riferimento. Vista l'assenza di normative specifiche o di limiti di legge nazionali alcuni Stati dell'Unione hanno proposto dei valori guida per le deposizioni, sviluppati a partire dai valori di "dose tollerabile giornaliera"⁵ per l'organismo umano, stabiliti dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità).

A Partire dai dati di TDI della OMS, nel 2001 il comitato scientifico dell'alimentazione umana [Scientific Committee on Food (SCF)] dell'Unione Europea ha stabilito un valore cumulativo per la dose tollerabile settimanale di PCDD/F e PCB "diossina simili" pari a 14 pgTEQ/giorno*kg peso corporeo. Per calcolare i valori guida per le deposizioni delle diossine che rispettano i valori di "dose tollerabile" per l'uomo, è stata utilizzata una catena modellistica che include tre sotto modelli: un modello atmosferico per calcolare le deposizioni secche e umide, un modello per calcolare le concentrazioni di PCDD/F e PCB "diossina simili" sul suolo e sull'erba, ed infine un modello che descrive il trasferimento di questi inquinanti dagli animali al latte ed alla carne. I valori di riferimento per le deposizioni, ricavati dall'applicazione della catena modellistica, sono riportati in Tabella 4.32. Per rispettare, ad esempio, un livello di TDI di 3 pg TEQ per kg di peso corporeo sono ammesse deposizioni giornaliere di 10 pg TEQ/m² per un intero anno, oppure 20 pg TEQ/m² di deposizioni mensili.

	assunzione giornaliera correlata - (TDI) [pgWHO-TE/kg di peso corporeo giorno]	deposizione media consentita (media annua) [pg WHO-TE/m ² d]	deposizione media consentita (media mensile) [pg WHO-TE/m ² d]
		PCDD/F	PCDD/F
L. Van Lieshout et al., 2001	1	3.4	6.8
	3	10	20
	4	14	27
		PCDD/F e DL-PCB	PCDD/F e DL-PCB
Cornelis et al., 2007	2	8.2	21
Germania German expert group (LAI 2004) valori guida per le deposizioni	--	4 9 per impianti	--

Tabella 4.33 – valori guida per le deposizioni sviluppati a partire dai valori di "dose tollerabile giornaliera" per l'organismo umano TDI⁴, stabiliti dall'OMS

I dati misurati nelle tre postazioni, espressi in flusso di deposizione, possono essere confrontati, in mancanza di una specifica normativa italiana, con dati di bibliografia; in particolare:

- i PCB sono confrontati con i dati della rete SAMANET⁶, rete costituita da deposimetri dislocati lungo la laguna di Venezia per valutare le ricadute della zona industriale di Marghera;

⁵ L'OMS ha definito la **dose tollerabile giornaliera** (TDI) pari a 1÷4 pg/TEQ/kg di peso corporeo (WHO, Ginevra 25-29 maggio 1998), con l'obiettivo di ridurre l'assorbimento giornaliero intorno ad 1 pgTEQ/giorno*kg peso corporeo. Per una persona di 70 kg la TDI deve tendere a 70 pgTEQ/giorno.

⁶ La rete di **Monitoraggio SAMANET**, realizzata e gestita dalla Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque (SAMA), consiste in un sistema di stazioni fisse per il monitoraggio in continuo dei principali parametri chimico-fisici delle acque e di una rete di deposimetri dislocati all'interno della laguna di Venezia per il monitoraggio delle deposizioni totali. Questi parametri vengono automaticamente rilevati con frequenza prestabilita e inviati alla stazione di controllo, situata presso la Sezione Antinquinamento del Magistrato alle Acque, per la successiva elaborazione, archiviazione e validazione.

- le Diossine sono confrontate con un valore guida desunto dall'obiettivo di assorbimento giornaliero di 1 pg TEQ/giornoxKg peso corporeo indicato dall'OMS. A partire da questa dose è stato quindi calcolato un valore corrispondente di deposizione giornaliera media annuale consentita di 3.4 pg I-TEF /m²*day e una deposizione giornaliera media mensile di 6.8 pg I-TEF/m²*day (L. Van Lieshout et al., 2001).

Nelle Tabelle 4.34 e 4.35 sono riportate le deposizioni totali annuali espresse in µg/m²*anno di PCB, diossine e furani rilevate nelle 3 postazioni.

	Pineta Cà Nova	San Vitale	Sede Arpae	Rete SAMANET (µg/m ² *anno)
PCB tot Deposizione annuale (µg/m ² *anno)	0.15	0.39	0.15	0.05 - 2.55

Tabella 4.34 – Flussi annuali di PCB - 2019

	Pineta Cà Nova	San Vitale	Sede Arpae	OMS
PCDD/F Deposizione annuale (pg I-TEF/m ² *day)	0.19	0.2	0.19	OMS (pg-ITE/m²*day) 3.4
PCDD/F Deposizione media mensile (pg I-TEF/m ² *day)	6.25	6.31	6.05	OMS (pg-ITE/m²*day) 6.8

Tabella 4.35 – Flussi annuali di PCDD/F – anno 2019