

**Preg.mi**

- **Comune della Spezia**  
Dipartimento Territorio e politiche ambientali -  
Servizio Ambiente  
[protocollo.comune.laspezia@legalmail.it](mailto:protocollo.comune.laspezia@legalmail.it)
- **Comune di Arcola**  
[comune.arcola@legalmail.it](mailto:comune.arcola@legalmail.it)
- **Provincia della Spezia**  
Settore ambiente  
[protocollo.provincia.laspezia@legalmail.it](mailto:protocollo.provincia.laspezia@legalmail.it)
- **Regione Liguria**  
Dipartimento Ambiente  
[protocollo@pec.regione.liguria.it](mailto:protocollo@pec.regione.liguria.it)
- **ISPRA**  
Servizio Interdipartimentale per Indirizzo,  
Coordinamento e Controllo Attività Ispettive  
[protocollo.ispra@ispra.legalmail.it](mailto:protocollo.ispra@ispra.legalmail.it)
- **Ministero dell'Ambiente e della Tutela del  
Territorio e del Mare**  
Direzione Generale Valutazione Ambiente  
[DVA-II@minambiente.it](mailto:DVA-II@minambiente.it)
- **A.S.L. n. 5 "Spezzino"**  
Dipartimento di Prevenzione  
S.C. Igiene e Sanità Pubblica  
[protocollo.generale@pec.asl5.liguria.it](mailto:protocollo.generale@pec.asl5.liguria.it)
- **Istituto Superiore di Sanità**  
[protocollo.centrale@pec.iss.it](mailto:protocollo.centrale@pec.iss.it)
- **Soc. ENEL Produzione S.p.A.**  
LA SPEZIA (SP)  
[enel\\_produzione\\_ub\\_laspezia@pec.enel.it](mailto:enel_produzione_ub_laspezia@pec.enel.it)

**OGGETTO: Soc. ENEL Produzione S.p.A. – CTE della Spezia – Report campagne 2018 delle deposizioni atmosferiche.**

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Si trasmette in allegato il “**Report monitoraggio prescrizione 14 - anno 2018**” effettuato in collaborazione con CESI, prescritto al par. 10.3.1 punto 14) dell’A.I.A.Soc. ENEL Produzione S.p.A. n. 244 del 06/09/2013.

Si comunica che tale Report è disponibile sul sito internet dell’Agenzia <http://www.arpal.gov.it>.

**Il Direttore del Dipartimento  
Stato dell’Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali**

***D.ssa Fabrizia Colonna***

Responsabile del procedimento: dott.ssa F. Colonna

**Dipartimento Stato dell’Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell’Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: [arpal@pec.arpal.gov.it](mailto:arpal@pec.arpal.gov.it)  
C.F. e P.IVA 01305930107

## Centrale Termoelettrica della Spezia

Attuazione della prescrizione 14  
Paragrafo 10.3.1 dell'AIA n.244 del 06/09/2013



Dicembre 2019

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107



## Indice

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2. LA PRESCRIZIONE 14.....</b>	<b>5</b>
2.1 Attuazione della Prescrizione 14.....	5
2.2 Numero e durata delle “campagne annuali di monitoraggio” del 2018.....	6
2.2.1 Eventi accidentali durante i monitoraggi del 2018.....	8
2.3 Postazioni di monitoraggio.....	9
2.4 Tipi di deposimetri utilizzati.....	11
2.5 Parametri chimici, metodi e validazione dei dati.....	12
2.5.1 Metalli.....	12
2.5.2 IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici).....	13
2.5.3 PCDD/F e PCB dioxin like (dl).....	13
2.5.4 Suddivisione delle attività analitiche per il 2018.....	15
2.6 Analisi integrative rispetto alla prescrizione AIA.....	16
2.7 Validazione dei risultati.....	16
<b>3. INQUADRAMENTO METEOROLOGICO.....</b>	<b>17</b>
3.1 Caratteristiche meteorologiche generali del periodo relativo alle campagne di monitoraggio previste dalla Prescrizione 14.....	18
3.2 Andamento della temperatura e dell'umidità.....	22
3.3 Anemometria.....	25
3.4 Precipitazioni.....	29
3.4.1 Confronto tra dati pluviometrici e precipitazioni raccolte dai deposimetri.....	31
3.5 Caratteristiche meteo generali delle campagne suppletive effettuate a Melara.....	33
3.5.1 La situazione meteo nel corso della campagna P14 17/G (13/12/2017 ÷ 18/01/2018).....	34
3.5.2 La situazione meteo nel corso della campagna P14 18/A (22/02/2018 ÷ 29/03/2018).....	35
3.5.3 La situazione meteo nel corso della campagna P14 18/B (27/04/2018 ÷ 30/05/2018).....	36
3.5.4 La situazione meteo nel corso della campagna P14 18/C (30/05/2018 ÷ 28/06/2018).....	37
3.5.5 La situazione meteo nel corso della campagna P14 18/D (01/08/2018 ÷ 03/09/2018).....	38
3.5.6 La situazione meteo nel corso della campagna P14 18/E (03/09/2018 ÷ 11/10/2018).....	39
3.5.7 La situazione meteo nel corso della campagna P14 18/F (06/11/2018 ÷ 17/12/2018).....	40
<b>4. OPERATIVITÀ DELLA CENTRALE ENEL DURANTE LE CAMPAGNE.....</b>	<b>41</b>
<b>5. RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE DELLE DEPOSIZIONI.....</b>	<b>50</b>
5.1 Ratei di deposizione delle polveri e entità precipitazioni.....	51
5.1.1 Valutazione della entità della polverosità depositata nel 2018.....	52
5.2 Metalli nelle deposizioni di polveri.....	54
5.2.1 Ratei di deposizione dei metalli.....	54
5.3 Composti organici nelle deposizioni di polveri.....	63
5.3.1 Ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA).....	63
5.3.2 PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri.....	70
5.4 Specie ioniche nelle deposizioni di polveri.....	78
5.5 Analisi dati rilevati dalla postazione fissa MELARA annuale.....	81
5.5.1 Rateo di deposizione di polveri.....	81
5.5.2 Contenuto di metalli e specie ioniche.....	82
<b>6. ANDAMENTO E CARATTERIZZAZIONE DEL PM10.....</b>	<b>84</b>
6.1 Caratterizzazione chimica del PM10.....	90
6.1.1 Contenuto di metalli nel PM10.....	90
6.1.2 Contenuto di benzo[a]pirene nel PM10.....	93
6.1.3 Contenuto di levoglucosano, carbonio elementare e organico nel PM10.....	94
<b>7. SINTESI DEI RISULTATI DEI MONITORAGGI 2014-2018.....</b>	<b>102</b>

7.1	Ratei di deposizione delle polveri .....	105
7.2	Metalli nelle deposizioni di polveri.....	109
7.2.1	Ratei di deposizioni stagionali dei metalli .....	109
7.2.2	Concentrazioni di metalli nelle polveri .....	116
7.3	Composti organici nelle deposizioni di polveri .....	126
7.3.1	Ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) .....	126
7.4	PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri .....	133
7.5	Specie ioniche nelle deposizioni delle polveri.....	139
7.6	Andamento del PM10, metalli e specie organiche.....	142
7.6.1	Caratterizzazione chimica del PM10 .....	146
7.7	Sintesi dei risultati dei monitoraggi 2016-2018 rilevati dalla postazione fissa MELARA .....	153
7.7.1	Ratei di deposizione delle polveri .....	154
7.7.2	Ratei di deposizioni stagionali dei metalli .....	157
7.7.3	Concentrazioni di metalli nelle polveri .....	159
7.7.4	Specie ioniche nelle deposizioni delle polveri .....	161
<b>8.</b>	<b>SINTESI E CONCLUSIONI.....</b>	<b>162</b>
8.1	Sintesi monitoraggio 2018 .....	162
8.2	Sintesi e conclusioni del periodo 2014 ÷ 2018.....	167
	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....</b>	<b>172</b>

## Elenco Appendici

**APPENDICE 1** – Fattori di tossicità di PCDD, PCDF E PCB.

**APPENDICE 2** – Precipitazioni durante i periodi di monitoraggio.

**APPENDICE 3** – Correlazioni metalli nelle singole postazioni.

**APPENDICE 4** – Concentrazione del PM10 nelle postazioni di Chiappa, Le Grazie e Follo.

**APPENDICE 5** – Descrizione delle postazioni.

**APPENDICE 6** – Tabelle di sintesi deposizione e composizione 2014÷2017.

**APPENDICE A6.1** – Ratei di deposizione di polveri nelle postazioni di monitoraggio.

**APPENDICE A6.2** – Ratei di deposizione dei metalli.

**APPENDICE A6.3** – Concentrazioni dei metalli nelle polveri depositate.

**APPENDICE A6.4** – Ratei di deposizione degli IPA totali, della Norma UNI e del BaP .

**APPENDICE A6.5** – Ratei di deposizione di PCDD/F - Valori in  $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$ .

**APPENDICE A6.6** – Ratei di deposizione di PCB - Valori in  $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$ .

**APPENDICE A6.7** – Ratei di deposizione delle specie ioniche.

**APPENDICE 7** – Validazione dei dati di metalli nei deposimetri.

**APPENDICE 8** – Validazione dei dati di PM10.

## Elenco Allegati

**ALLEGATO 1** – Protocollo di attuazione delle prescrizioni 14 e 18.

## 1. Premessa

La Centrale ENEL Eugenio Montale della Spezia ha ricevuto l'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) per il suo esercizio con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 06/09/2013 (prot. 0000244). Nel parere della Commissione Istruttoria IPPC parte integrante della AIA, nel paragrafo 10 sono contenute una serie di prescrizioni. In particolare, la prescrizione 14 del parere della Commissione Istruttoria IPPC prevede:

*“Si prescrive l'implementazione di campagne annuali di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche, da realizzarsi con Arpal e Amministrazione Comunale, per il dosaggio di metalli (As, Pb, Cd, Ni, V, Cu, Cr, Mn, Hg e TI), IPA cancerogeni, diossine e furani e PCB, con particolare riferimento a dioxin like. Anche garantendo la piena collaborazione con Enti Locali ed ARPAL per l'attualizzazione dell'esistente PRQA”.*

Al fine di definire e condividere le modalità operative da mettere in atto per ottemperare a quanto prescritto si sono tenuti una serie di incontri che hanno portato alla definizione da parte degli Enti coinvolti (Arpal, Comune di Arcola, Comune della Spezia, Provincia della Spezia) di un Protocollo di Attuazione della prescrizione 14 condiviso con il Gestore (società ENEL Produzione S.p.A., Centrale della Spezia) e CESI (verbale del 16/04/2014 numero protocollo del comune della Spezia 8982 del 27/05/2014).

Il Gestore ha incaricato CESI, in qualità di società di consulenza specialistica, di collaborare con Arpal nell'esecuzione dei monitoraggi concordati nel Protocollo di Attuazione.

## 2. La Prescrizione 14

Per l'attuazione della prescrizione 14, Arpal ha condotto un percorso condiviso con gli Enti Locali con ENEL e con CESI, che ha preso in considerazione i seguenti aspetti:

- definizione del numero e durata delle campagne annuali;
- individuazione delle postazioni di monitoraggio, in funzione delle loro caratteristiche;
- tipo di deposimetri da utilizzare nelle campagne in funzione dei parametri da monitorare;
- parametri chimici da monitorare e modalità di suddivisione del lavoro analitico;
- individuazione delle stazioni meteorologiche più adatte a descrivere le caratteristiche meteorologiche dei periodi di monitoraggio;
- modalità di validazione dei dati;
- modalità di elaborazione dei risultati analitici e meteorologici;
- raccolta di dati ed informazioni sulle sorgenti presenti sul territorio da utilizzare per la stesura dei commenti e delle valutazioni dei monitoraggi.

### 2.1 Attuazione della Prescrizione 14

Il disegno sperimentale è stato formalizzato in un protocollo di attuazione, condiviso ed approvato dagli Enti Locali (verbale del 16/04/2014, numero prot. del Comune della Spezia 8982 del 27/05/2014), i cui contenuti sono riportati nei paragrafi che seguono, con esplicitazione dei dettagli applicativi.

Nel 2014 si è fatto ricorso ad un ampio disegno sperimentale per ottenere un numero sufficiente di informazioni sulle caratteristiche delle deposizioni nel comprensorio della Spezia, tale approccio è proseguito fino ad oggi.

Il monitoraggio ha riguardato il particolato atmosferico in quanto gli inquinanti potenzialmente tossici per l'uomo e indicati dal protocollo di attuazione sono adsorbiti sulla superficie delle particelle di diversa frazione granulometrica.

Il particolato può essere raccolto con strumentazioni che selezionano granulometrie diverse:

- i **deposimetri tipo "Bulk"** (UNI EN 15841:2010) raccolgono soprattutto la somma delle particelle sedimentabili per via secca e quelle dilavate dalle precipitazioni. Tali particelle sono in genere caratterizzate da una granulometria relativamente elevata e pertanto tendono a sedimentare per effetto della forza di gravità ed eventualmente risollevarsi su sollecitazione esterna;
- i **campionatori PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>** raccolgono le particelle sospese in aria con un sistema attivo di selezione di taglio granulometrico. Tali particelle sono costituite da una miscela complessa, multifase, di tutti i solidi aerodispersi e delle particelle liquide a bassa tensione di vapore e hanno dimensioni tali da restare in sospensione per un tempo più elevato delle particelle sedimentabile raccolte con i deposimetri.

Nel dettaglio i campionatori PTS (polveri totali sospese) raccolgono le polveri disperse in aria aventi un diametro aerodinamico in genere minore o uguale a 100 µm; i campionatori PM<sub>10</sub> quelle aventi un diametro aereodinamico minore o

uguale a 10  $\mu\text{m}$ ; i campionatori  $\text{PM}_{2.5}$  quelle aventi un diametro aerodinamico minore o uguale a 2.5  $\mu\text{m}$ .

Nel protocollo attuativo della **prescrizione 14** che riguarda il monitoraggio di un'area vasta di dimensioni quasi provinciali per valutare l'impatto dovuto alle emissioni della centrale ENEL si è definito di effettuare la speciazione chimica delle deposizioni<sup>1</sup> e di integrarla con campionamento ed analisi del  $\text{PM}_{10}$  per valutare la distribuzione degli inquinanti anche sulle particelle più pericolose in quanto raggiungono le prime vie aeree dell'uomo.

Ad integrazione di quanto sopradetto, si segnala che il protocollo attuativo della **prescrizione 18** riguarda invece il monitoraggio di un'area limitata legata ai possibili impatti delle attività di movimentazione del carbone, dallo scarico nave all'ingresso in centrale ENEL, si è definito di effettuare la speciazione chimica delle deposizioni e di integrarla con campionamento ed analisi del PTS in quanto le eventuali particelle più piccole di carbone hanno dimensioni in gran parte superiori ai 10  $\mu\text{m}$  e quindi non sarebbero rilevabili con campionatori  $\text{PM}_{10}$ .

I dettagli applicativi del protocollo attuativo della prescrizione 14 sono descritti nei paragrafi seguenti. Come nell'anno precedente, nel 2018:

- è stato mantenuto il monitoraggio continuativo istituito a partire dal 2016 presso la postazione divenuta permanente di **Melara** (vedi Tabella 2), area indicata dal modello diffusionale della prescrizione n.15 come soggetta alla massima deposizione delle emissioni ENEL;
- per migliorare la rappresentatività dello studio, in linea con quanto previsto per le misurazioni indicative delle deposizioni totali dal D.Lgs 155/2010, Allegato 1-Tabella 2, le campagne a partire dal 2017 vengono effettuate suddivise nelle quattro stagioni, come riportato nel par. 2.2;
- è stato lasciato a cinque il numero delle postazioni in cui effettuare l'analisi delle diossine e PCB, pur garantendo la rappresentatività grazie al basso rateo di deposizione delle diossine nel triennio già esaminato e alla loro diffusione ubiquitaria nell'area;
- è stata elaborata l'attribuzione dei contributi delle varie sorgenti utilizzando i campioni di  $\text{PM}_{10}$ , prelevati presso le postazioni di Fossamastra e Amendola dell'RQA, opportunamente scelti in modo da avere un numero sufficiente di dati di input mediante Modello al Recettore (software PMF5-EPA). Sono stati utilizzati due set di campioni giornalieri sequenziali rappresentativi della stagione invernale ed estiva per un totale di circa 100 campioni per postazione.

## 2.2 Numero e durata delle “campagne annuali di monitoraggio” del 2018

Il Protocollo prevede l'attuazione di “campagne annuali di monitoraggio” che a partire dal 2017 comprendano quattro congrui periodi di rilevazione, ciascuno per ogni

<sup>1</sup> Ad ulteriore rafforzamento delle scelte condivise va rilevato che la direttiva 2004/107/CE, recepita dal Dlgs 155/2010, ha introdotto la misura delle deposizioni come attività di monitoraggio utile per la valutazione dell'accumulo degli inquinanti nel suolo e dell'esposizione indiretta della popolazione attraverso la catena alimentare. Essa prevede che gli stati membri si adoperino per la raccolta di informazioni esaurienti in merito ai valori di deposizione di arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici, considerati critici per la loro tossicità in quanto riconosciuti come cancerogeni e genotossici.

stagione meteorologica, al fine di includere i quattro periodi più significativi dal punto di vista meteoroclimatico.

Nel prospetto che segue sono elencati i periodi di monitoraggio effettuati nel corso del 2018 includendo anche quelli della prescrizione 18<sup>2</sup>:

Prescrizione 14			Prescrizione 18		
Data	Codifica	Note	Data	Codifica	Note
18/01 – 22/02/18	P14 18/1	Campagna invernale	18/01 - 22/02/18	P18 18/1	Campagna invernale
30/03 – 27/04/18	P14 18/2	Campagna primaverile			
28/06 – 01/08/18	P14 18/3	Campagna estiva	28/06 - 01/08/18	P18 18/2	Campagna estiva
11/10 – 06/11/18	P14 18/4	Campagna autunnale			

**Tabella 1 - Campagne di misura della Prescrizione 14 e 18.**

Si evidenzia che, a seguito del fermo anticipato della CTE per esigenze di rete rispetto a quanto già programmato, la prevista campagna primaverile è diventata di fatto una "campagna di bianco"<sup>3</sup>.

Nel corso dell'anno 2018 è stato mantenuto il monitoraggio delle deposizioni totali, con campagne mensili a copertura di tutto l'anno, nella postazione di Melara. La postazione è stata implementata in quanto la zona risulta, dal modello diffusionale realizzato ai sensi della prescrizione AIA n.15, interessato dalla probabilità massima di ricaduta delle emissioni della Centrale ENEL.

Nel prospetto che segue sono indicate le campagne integrative di Melara.

Prescrizione 14	
Data	Codifica
13/12/17 – 18/01/18	ME_G_P14 17
22/02/18 – 29/03/18	ME_A_P14 18
27/04/18 – 30/05/18	ME_B_P14 18
30/05/18 – 28/06/18	ME_C_P14 18
01/08/18 – 03/09/18	ME_D_P14 18
03/09/18 – 11/10/18	ME_E_P14 18
06/11/18 – 17/12/18	ME_F_P14 18

**Tabella 2 - Campagne di misura integrative della Prescrizione 14.**

La postazione di Melara, quindi, è rimasta attiva con continuità per tutto l'anno.

<sup>2</sup> La prescrizione 18 riguarda il monitoraggio di un'area limitata legata ai possibili impatti delle attività di movimentazione del carbone, dallo scarico nave all'ingresso in CTE ENEL.

<sup>3</sup> I campionamenti di PM<sub>10</sub> sono iniziati successivamente rispetto a quelli delle deposizioni in quanto il fermo CTE è stato anticipato con un preavviso di pochi giorni rispetto al programma; non è stato possibile partire contestualmente con i campionamenti di PM<sub>10</sub> in quanto prevedono una preparazione più lunga e complessa.

### 2.2.1 Eventi accidentali durante i monitoraggi del 2018

Nel corso delle campagne di monitoraggio del 2018 si sono avuti alcuni eventi accidentali descritti di seguito:

- durante la campagna integrativa **P14 18/A di Melara**, a partire dal giorno **25/02/2018** si sono verificati una serie di eventi nevosi caratterizzati da intenso freddo e culminati il giorno **01/03/2018** in una nevicata abbondante;
- durante la campagna primaverile **P14 18/2** si è avuta una forte avvezione sahariana nei giorni **14-15/04/2018**;
- durante la campagna estiva il **14/07/2018** si è verificato un incendio, partito da una scarica abusiva con presenza di pneumatici e materiale plastico, che ha devastato una vasta area di bosco fra Podenzana e Bolano; i fumi, sospinti dal vento, hanno con buona probabilità interessato anche il deposimetro collocato presso il piazzale antistante il cimitero di Bolano;



Figura 1 – Incendio del 14/07/18.

- durante la campagna autunnale il **27/10/2018** si è verificato un incendio in una zona collinare, boschiva, sopra la centrale ENEL e all'alba un principio di incendio nel vano scala dell'ultimo piano di una palazzina in un quartiere non lontano dalla postazione di Piazza Saint Bon;
- durante la campagna autunnale nei giorni **28-29/10/2018** si è assistito ad un evento meteo di portata storica caratterizzato da un intensissimo richiamo umido sciroccale dal nord Africa (con 4 giorni consecutivi di vento con raffiche di burrasca forte e picchi massimi di vento di tempesta da Scirocco) con mareggiate intense e significativa deposizione di sabbia sahariana.

### 2.3 Postazioni di monitoraggio

La scelta delle postazioni, effettuata nel 2018, ha preso in considerazione le loro caratteristiche tecniche e logistiche, tenendo presente anche i criteri generali di microscala ed i possibili impedimenti dovuti ad ostacoli naturali o antropici, in modo da includere almeno una postazione per tipologia significativa (fondo urbano e suburbano, traffico, industriale, ecc.). L'elenco delle postazioni utilizzate nelle campagne del 2018 è riportato nella Appendice 5 con le strumentazioni già esistenti e quelle integrate per lo svolgimento delle campagne.

Postazione	Tipologia Arpal	Significatività per le deposizioni	Strumentazione esistente	Integrazione strumentazione meteo <sup>4</sup>	Integrazione strumentazione qualità aria
<b>Chiappa</b>	Fondo suburbana	Postazione di "bianco"	NOx e O <sub>3</sub>	VV, DV 10 m, TA, UR, PA, PR	PM <sub>10</sub> (campionamento su filtro per 24 ore)
<b>Fossamastra</b>	Industriale urbana	Deposizioni industriali, traffico, porto.	SO <sub>2</sub> , NOx, CO PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	-	-
<b>Parco della Maggiolina</b>	Fondo urbana	Fondo cittadino	SO <sub>2</sub> , NOx, CO, O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> & PM <sub>2.5</sub> (giornaliero & orario)	-	-
<b>Piazza Saint Bon</b>	Traffico urbana	Traffico urbano	NOx, Benzene, PM <sub>10</sub>	-	-
<b>Le Grazie</b>	(ex RRQA ENEL)	Deposizioni Industriali	SO <sub>2</sub> , NOx	VV, DV 10 m, TA, UR, PA, PR, RN, RG	PM <sub>10</sub> (campionamento su filtro per 24 ore)
<b>Follo</b> <sup>5</sup>	(ex RRQA ENEL)	Deposizioni Industriali	-	VV, DV 4 m,	PM <sub>10</sub> (campionamento su filtro per 24 ore)
<b>Bolano</b>	(ex RRQA ENEL)	Deposizioni Industriali	SO <sub>2</sub> , NOx, O <sub>3</sub>	VV, DV 10 m, TA, UR, PA, RG	-
<b>Arcola, località Baccano</b>	-	Richiesta da Comune Arcola	-	-	-
<b>Melara</b>	-	Ricaduta emissioni ENEL da modellazione	-	-	-

**Tabella 3 - Postazioni di misura della Prescrizione 14.**

Nel 2018, inoltre, sono state effettuate con l'utilizzo dei laboratori mobili di Arpal anche campagne puntuali per valutare eventuali pressioni in alcuni punti critici del territorio. Le campagne sono state condotte in concomitanza con quelle della P14 e precisamente a Melara durante la **P14 18/1**, a Marina del Canaletto durante la campagna **P14 18/3**. I report di queste campagne sono disponibili sul sito web di Arpal.

Nella figura seguente è riportata l'ubicazione delle postazioni che sono state utilizzate per il monitoraggio delle deposizioni:

<sup>4</sup> VV, DV x m=Velocità e Direzione Vento a x m da terra; TA=Temperatura Aria; UR=Umidità Aria; PA=Pressione Atmosferica; PR=Precipitazioni; RN=Radiazione Netta; RG=Radiazione Globale.

<sup>5</sup> La strumentazione integrativa è stata posizionata in prossimità della cabina di monitoraggio della Rete di Qualità dell'Aria gestita da Arpal, non attiva da giugno 2013, e riattivata a gennaio 2016 a cura delle proprietà (ENEL Produzione).



**Figura 2 - Ubicazione delle postazioni di prelievo.**

In Appendice 5 sono riportate le schede anagrafiche delle postazioni utilizzate.

## 2.4 Tipi di deposimetri utilizzati

Ciascuna delle postazioni è stata dotata di due deposimetri “bulk” di tipo “bottle+funnel” che raccolgono indistintamente la frazione umida e secca delle deposizioni atmosferiche (deposizione atmosferica integrale).

Un deposimetro, con imbuto e bottiglia di raccolta in materiale plastico, è stato dedicato alla raccolta delle deposizioni destinate alla determinazione di specie metalliche mentre un deposimetro, con imbuto e bottiglia di raccolta in vetro, è stato impiegato per la determinazione di microinquinanti organici (IPA cancerogeni, diossine e furani e PCB *dioxin like* – nel seguito indicati come *dl*).

Le caratteristiche dei deposimetri sono in accordo con quelle previste dai seguenti metodi:

- UNI EN 15841:2009 “Ambient air quality - Standard method for determination of arsenic, cadmium, lead and nickel in atmospheric deposition”;
- UNI EN 15980:2011 “Air quality - Determination of the deposition of benzo[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, benzo[j]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a]pyrene, dibenz[a,h]anthracene and indeno[1,2,3-cd]pyrene”.

Sebbene non vi sia ancora una norma europea esplicitamente dedicata al campionamento delle deposizioni atmosferiche per la determinazione di PCDD/F e PCB *dl*, il tipo di campionatori utilizzato nel presente lavoro è di largo impiego in monitoraggi analoghi (Guerzoni, S., 2005; Venturini, E., 2013; Esposito, V., 2012, Rada, E. C., 2014).

I deposimetri sono stati posizionati nelle postazioni su pali a circa 180-200 cm da terra, rispettando il più possibile i criteri di microscala previsti dalle norme di riferimento sopra citate. Nella figura che segue, a destra è visibile la configurazione di un campionatore “bottle+funnel” (in plastica per il prelievo di deposizioni da destinare alle determinazioni di specie inorganiche ed in vetro per quelle organiche): la parte superiore è l'imbuto di raccolta delle deposizioni umide e secche e la parte inferiore costituisce la bottiglia di raccolta. A sinistra è mostrato il campionatore in configurazione di prelievo:



Figura 3 – Deposimetri in configurazione di prelievo.

## 2.5 Parametri chimici, metodi e validazione dei dati

La prescrizione 14 indica esplicitamente i singoli metalli (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Tl, V) e le classi di microinquinanti organici da monitorare nelle deposizioni, ovvero: “ .. *IPA cancerogeni, diossine e furani e PCB, con particolare riferimento a dioxin like*”. Oltre ai parametri chimici, per ciascun deposimetro inorganico, è stata determinata, mediante analisi gravimetrica, l'entità della deposizione di particolato sedimentabile insolubile in acqua e di fase acquosa (precipitazione umida), se presente.

### 2.5.1 Metalli

I metalli determinati nelle deposizioni sono stati i seguenti: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Tl, V. In accordo con la norma UNI EN 15841:2009, che prevede la possibilità di utilizzo di metodi analitici equivalenti a UNI 14902:2005, per determinare l'intero set di metalli richiesto dalla prescrizione sono stati impiegati i metodi ISO 17294-2004 (ICP-MS), ISO 11885-2004 (ICPOES), previa dissoluzione dei filtri con metodo interno CESI, adattato da ISO 14869-2001. I limiti di quantificazione (LdQ) strumentali, in  $\mu\text{g}$ , sono riportati nel prospetto che segue:

Parametro	u.d.m.	Limite di quantificazione
As	$\mu\text{g}$	0,02
Cd	$\mu\text{g}$	0,01
Cr	$\mu\text{g}$	0,2
Cu	$\mu\text{g}$	0,08
Hg	$\mu\text{g}$	0,01
Mn	$\mu\text{g}$	0,02
Ni	$\mu\text{g}$	0,02
Pb	$\mu\text{g}$	0,02
Tl	$\mu\text{g}$	0,01
V	$\mu\text{g}$	0,04

Tabella 4 – Limiti di quantificazione per i metalli.

I valori assoluti in  $\mu\text{g}$  determinati in laboratorio sono stati successivamente normalizzati rispetto all'area del deposimetro e al numero di giorni di durata delle campagne, esprimendo così il valore finale in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$  (rateo di deposizione giornaliero).

### 2.5.2 IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)

Per quanto riguarda gli IPA, sono stati determinati quelli **cancerogeni** previsti dalla Norma Europea UNI EN 15890:2011. A questi IPA sono stati aggiunti ulteriori composti policiclici aromatici di interesse al monitoraggio. Nella successiva tabella sono riportati tutti i composti IPA determinati, le loro caratteristiche di genotossicità e cancerogenesi e il limite di quantificazione del metodo utilizzato (gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore a spettrometria di massa (HRGC/LRMS)). I composti previsti dalla Norma sono evidenziati in grassetto:

Composto	Abbreviazione	Genotossicità	Cancerogenesi secondo IARC (§)	Limite di quantificazione [ng]
Fenantrene	Fen	-	3	2
Antracene	Ant	-	3	2
Fluorantene	Flu	-	3	2
Pirene	Pir	-	3	2
<b>Benzo(a)antracene *</b>	BaA	Genotossico	2B	2
Crisene	Cri	Genotossico	2B	2
<b>Benzo(b)fluorantene *</b>	BbF	Genotossico	2B	2
<b>Benzo(j)fluorantene *</b>	BjF	Genotossico	2B	2
<b>Benzo(k)fluorantene *</b>	BkF	Genotossico	2B	2
Benzo(e)pirene	BeP	-	3	2
<b>Benzo(a)pirene *</b>	BaP	Genotossico	1	2
<b>Indeno(1,2,3-cd)pirene *</b>	IP	Genotossico	2B	2
<b>Dibenzo(a,h)antracene *</b>	DBahAn	Genotossico	2A	2
Benzo(g,h,i)perilene	BghiP	Genotossico	3	2
Dibenzo(a,l)pirene	DBalP	Genotossico	2A	2
Dibenzo(a,e)pirene	DBaeP	Genotossico	3	2
Dibenzo(a,i)pirene	DBaiP	Genotossico	2B	2
Dibenzo(a,h)pirene	DBahP	Genotossico	2B	2
Coronene	Cor	Genotossico	3	2

**Tabella 5 - IPA determinati nelle deposizioni atmosferiche.**

Note alla tabella:

\* - IPA previsti dalla norma UNI EN 15980

§ - IARC: aggiornamento al 18 febbraio 2015: 1 - Carcinogenic to humans; 2A - Probably carcinogenic to humans; 2B - possible human carcinogen; 3 - Not classifiable as to its carcinogenicity to humans

I valori assoluti in ng determinati in laboratorio sono stati successivamente normalizzati rispetto all'area del depositometro e al numero di giorni di durata delle campagne, esprimendo così il valore finale in ng/m<sup>2</sup>/d (rateo di deposizione giornaliero).

### 2.5.3 PCDD/F e PCB dioxin like (dl)

Nei campioni di deposizioni sono stati determinati i congeneri di policlorodibenzodiossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e PCB *dioxin like* (dl) per i quali è stato stabilito internazionalmente un fattore di tossicità. Di seguito è riportato l'elenco dei composti determinati e il limite di quantificazione (LdQ) strumentale del metodo utilizzato (EPA 1613B:1994, gascromatografia ad alta risoluzione con rivelatore a spettrometria di massa - HRGC/LRMS) calcolato mediante sottrazione di bianco di laboratorio. I fattori di tossicità (TEF) secondo quanto sviluppato in ambito NATO e dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità (World Health Organization - WHO) sono riportati in Appendice 1.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

Composto	u.d.m.	Limite di quantificazione
1,2,3,4,6,7,8-Eptaclorodibenzodiossina	pg	0,34
1,2,3,4,7,8-Esaclorodibenzodiossina	pg	0,23
1,2,3,6,7,8-Esaclorodibenzodiossina	pg	0,14
1,2,3,7,8,9-Esaclorodibenzodiossina	pg	0,11
1,2,3,7,8-Pentaclorodibenzodiossina	pg	0,20
2,3,7,8-Tetraclorodibenzodiossina	pg	0,13
Octaclorodibenzodiossina	pg	1,50
1,2,3,4,6,7,8-Eptaclorodibenzofurano	pg	0,13
1,2,3,4,7,8,9-Eptaclorodibenzofurano	pg	0,13
1,2,3,4,7,8-Esaclorodibenzofurano	pg	0,12
1,2,3,6,7,8-Esaclorodibenzofurano	pg	0,16
1,2,3,7,8,9-Esaclorodibenzofurano	pg	0,17
2,3,4,6,7,8-Esaclorodibenzofurano	pg	0,17
1,2,3,7,8-Pentaclorodibenzofurano	pg	0,02
2,3,4,7,8-Pentaclorodibenzofurano	pg	0,01
2,3,7,8-Tetraclorodibenzofurano	pg	0,14
Octaclorodibenzofurano	pg	0,27
PCB 77	pg	0,07
PCB 81	pg	0,02
PCB 118	pg	1,10
PCB 123	pg	0,31
PCB 114	pg	0,02
PCB 105	pg	1,26
PCB 126	pg	0,62
PCB 167	pg	0,01
PCB 156	pg	0,16
PCB 157	pg	0,10
PCB 169	pg	0,29
PCB 189	pg	0,32

**Tabella 6 – Limiti di quantificazione per PCDD/F e PCB.**

Nella tabella precedente, per ogni congenere PCDD/F e PCB, è stato riportato il più basso LdQ strumentale determinato nei campioni in quanto il limite di quantificazione è variato nel corso delle analisi.

La variabilità del LdQ è una conseguenza naturale della variabilità delle condizioni strumentali di analisi, in particolare del livello di interferenze che influisce sul rumore di fondo utilizzato per il calcolo del rapporto segnale-rumore, da cui deriva a sua volta il calcolo del LdQ. I LdQ per ogni campione di deposizione, espressi in  $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$ , sono inclusi nella Tabella 34 per PCDD/F e nella Tabella 35 per i PCB.

Per esprimere i ratei di deposizione complessiva di PCDD/PCDF e PCB *d*/ nei diversi campioni si è utilizzato, come consuetudine, il concetto di tossicità totale equivalente (TEQ), che si ottiene sommando i prodotti tra i fattori di tossicità equivalente (TEF) dei singoli congeneri di PCDD/F e PCB *d*/ e i rispettivi ratei di deposizione, applicando la formula riportata di seguito:

$$\text{Total Toxic Equivalency (TEQ)} = \sum_{n=1}^k C_n * \text{TEF}_n$$

Dove  $C_n$  rappresenta la concentrazione del congenere  $n$  e TEF il suo fattore di equivalenza tossico. In particolare, i ratei di deposizione in TEQ di PCDD/F e PCB *d*/

sono stati calcolati applicando i fattori di tossicità NATO/CCMS (1988) per PCDD/F e WHO<sup>6</sup> 2005 per i PCB (vedi Appendice 1 per i valori numerici).

Il rateo espresso in TEQ rappresenta quindi l'ammontare di tutti i composti *dioxin like*, normalizzato per ciascun potenziale tossico relativo alla 2,3,7,8-tetraclorodibenzodiossina (2,3,7,8-TCDD).

In presenza di dati inferiori al limite di rilevabilità strumentale (LdR) per attribuire un valore al singolo analita al fine del calcolo del TEQ è possibile seguire 3 criteri (vedi Rapporto ISTISAN 04/15<sup>7</sup>):

- attribuzione di un valore pari a zero (*lower-bound*): tale soluzione sottostima il valore vero dell'analita;
- attribuzione di un valore pari al LdR (*upper-bound*): tale soluzione sovrastima il valore vero dell'analita. Potrebbe sembrare la soluzione più cautelativa ed è quella utilizzata nei campioni di alimenti, ma nel caso di un set di misure con un numero elevato di dati inferiori al LdR, la sovrastima può essere molto alta e inoltre non permette di apprezzare le reali differenze di tossicità tra campioni in quanto i valori del TEQ tendono a diventare uniformi;
- attribuzione di un valore pari alla metà del limite di rilevabilità (*medium-bound*): tale soluzione costituisce un punto di equilibrio tra le due precedenti soluzioni estreme e questo criterio viene di norma utilizzato in campo ambientale.

Considerata la presenza di molti analiti con valori inferiori al LdR nel presente rapporto è stato utilizzato il criterio *medium-bound*, che il citato Rapporto ISTISAN 04/15 ritiene essere il più praticabile.

I valori espressi in pg assoluti, determinati in laboratorio o quelli espressi in pg TEQ, sono stati normalizzati rispetto all'area del deposimetro e al numero di giorni di durata delle campagne, esprimendo così il valore finale in pg/m<sup>2</sup>/d o pg TEQ/m<sup>2</sup>/d (rateo di deposizione giornaliero).

#### **2.5.4 Suddivisione delle attività analitiche per il 2018**

Le attività analitiche relative alla caratterizzazione chimica delle deposizioni relative alle campagne previste dal protocollo sono state così suddivise:

- preparazione dei campioni per la determinazione di classi di composti organici (PCDD/F, PCB dl, IPA): Arpal, con procedura conforme alla norma UNI EN 15980:2011;
- preparazione dei campioni per la determinazione dei metalli: CESI e Arpal, con procedura conforme alla norma UNI EN 15841:2009 e concordata dai rispettivi tecnici di laboratorio, con verifiche puntuali da parte di Arpal sulle determinazioni CESI;
- analisi di PCDD/F, PCB dl, IPA: Arpal effettuate sia sul filtro che sul filtrato, sommando i valori ottenuti;
- analisi dei metalli: effettuate da CESI con validazione dei risultati da parte del laboratorio Arpal.

<sup>6</sup> WHO: Organizzazione Mondiale della Sanità

<sup>7</sup> Menichini, E., & Viviano, G., 2004

Le deposizioni della postazione fissa di Melara raccolte nei periodi non previsti dalle campagne del protocollo di attuazione della Prescrizione 14 sono state caratterizzate da Arpal relativamente alla composizione dei metalli e degli ioni.

## 2.6 Analisi integrative rispetto alla prescrizione AIA

Oltre alle caratterizzazioni chimiche previste dalla prescrizione AIA, sono state eseguite una serie di analisi integrative individuate nel Protocollo che hanno riguardato la fase acquosa delle deposizioni e il PM<sub>10</sub>.

Nella fase acquosa dei deposimetri sono state determinate le seguenti specie ioniche: Na, K, Ca, Mg, NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> e Cl, utilizzando i metodi ISO 10304-1:1992 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>), ISO14911:1998 (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Ciò al fine di valutare gli apporti di aerosol marino (principalmente sodio, cloro) e secondario (ammonio, solfati e nitrati).

Al fine di avere un quadro più completo sul particolato PM<sub>10</sub> e di confrontare gli output modellistici con dati reali, nelle tre postazioni in cui sono stati installati campionatori integrativi di PM<sub>10</sub> (Chiappa, Le Grazie e Follo), oltre alle determinazioni gravimetriche (si veda capitolo 6), sono stati determinati i metalli previsti dal D.Lgs.155/2010 (As, Cd, Ni, Pb) nelle stesse giornate in cui tali analisi vengono effettuate di routine anche sulle postazioni della RQA. I metalli sono stati analizzati da Arpal, utilizzando il metodo UNI EN ISO 17294-2:2005.

Su un numero selezionato di campioni di PM<sub>10</sub> delle postazioni integrative sono stati anche determinati i parametri EC (Elemental Carbon), OC (Organic Carbon) e levoglucosano, per la valutazione preliminare dell'incidenza di eventuali altre sorgenti che insistono sul territorio in esame.

## 2.7 Validazione dei risultati

Nell'Appendice 7 sono elencati i campioni di deposizione su cui Arpal o CESI hanno eseguito le validazioni dei metalli.

Relativamente alla determinazione dei metalli sulle deposizioni sono stati validati 18 campioni su 48 (37%) eseguendo la determinazione analitica di tutti e 9 i metalli ricercati. L'indice di validazione conclusivo è risultato pari al 73%, maggiore del valore soglia prefissato dal protocollo Arpal, pari al 70%.

Relativamente alla determinazione gravimetrica del PM<sub>10</sub> le validazioni sono riportate nell'Appendice 8.

### 3. Inquadramento meteorologico

Per l'inquadramento meteorologico del periodo delle campagne, sono state utilizzati i dati raccolti da una decina di postazioni, sia della rete di monitoraggio Arpal, che di quella integrativa gestita da CESI, operativa durante le campagne e che, vista la complessa orografia del territorio, possono dare informazioni puntuali sul sito di misura aiutando nell'interpretazione di eventi particolari o situazioni puntuali.

La lista delle postazioni utilizzate per l'inquadramento meteorologico è riportata nella tabella che segue, con indicazione della strumentazione installata, periodo di inizio e fine misura che, per le postazioni integrative (evidenziate con sfondo grigio), corrisponde a quello delle campagne.

Postazione meteo	Tipologia	Quota slm (m)	Parametri meteo misurati <sup>8</sup>	inizio/fine misura
<b>La Spezia Comune</b>	Stazione fissa	40	VV e DV 6 m, TA, UR, PA, RG, PR	-
<b>Monte Beverone</b>	Stazione fissa	220	VV e DV 15 m, TA, UR, RG	-
<b>Fornola</b>	Stazione fissa	25	PR	-
<b>La Foce - Monteviseggi</b>	Stazione fissa	350	TA, PR	-
<b>Chiappa</b>	Integrazione strumentazione CESI	60	VV e DV 10 m, TA, UR, PA, PR	Dal 26/02 – 28/04 Dal 28/06 al 02/09
<b>Le Grazie</b>	Integrazione strumentazione CESI	20	VV e DV 10 m, TA, UR, PA, PR, RG, RN	Dal 26/02 – 28/04 Dal 28/06 al 02/09
<b>Bolano</b>	Integrazione strumentazione CESI	325	VV e DV 10 m, TA, UR, PA, PR, RG, RN	Dal 26/02 – 28/04 Dal 28/06 al 02/09
<b>Follo</b>	Integrazione strumentazione CESI	220	VV, DV 4 m, TA	Dal 26/02 – 28/04 Dal 28/06 al 02/09

Tabella 7 – Postazioni meteorologiche utilizzate

<sup>8</sup> VV, DV x m=Velocità e Direzione Vento a x m dal piano di installazione; TA=Temperatura Aria; UR=Umidità Aria; PA=Pressione Atmosferica; PR= Precipitazioni; RN=Radiazione Netta; RG=Radiazione Globale.

### 3.1 Caratteristiche meteorologiche generali del periodo relativo alle campagne di monitoraggio previste dalla Prescrizione 14

Le caratteristiche meteorologiche delle campagne di monitoraggio, che si sono svolte nel corso delle quattro stagioni, sono state, ovviamente, molto diverse tra loro.

La **campagna invernale P14 18/1** (18/01/2018 ÷ 22/02/2018) vede una prima fase caratterizzata dal passaggio di veloci fronti da nord – ovest associati ad una discreta ventilazione. Si registra anche un episodio di föhn attorno al il 21/01 con giornate insolitamente miti per il periodo invernale anche in Riviera; a seguire si assiste ad una rimonta anticiclonica tra il 22-26 del mese con qualche modesto passaggio intorno al 01/02 allorché si ha una ripresa delle precipitazioni.

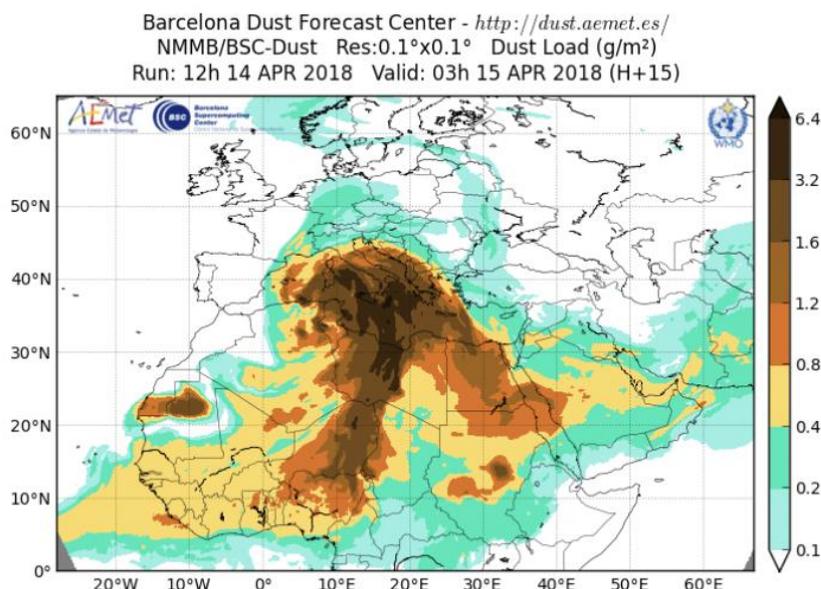
Il periodo compreso tra il 5 e 18 febbraio vede il passaggio di strutture depressionarie che si sono approfondite sull'area mediterranea: ciò comporta un'intensificazione delle precipitazioni che hanno interessato lo spezzino (con quantitativi localmente significativi in alcune giornate) più modesti verso il 5, 6 e 8 febbraio e, successivamente il 12 ed il 18 (20 e 30 mm/24 h). Si segnala, inoltre, una significativa meridionalizzazione dei flussi a causa dell'approfondirsi di una configurazione depressionaria sull'area mediterranea che ha comportato l'apporto di sabbia africana intorno all'8 febbraio.

Dopo un marzo instabile e a tratti fresco e piovoso, con aprile si entra nella climatologia primaverile; il mese nel quale si sviluppa la **campagna primaverile P14 18/2** (30/03/2018 ÷ 27/04/2018) risulta dal punto di vista meteorologico diviso in due parti; la prima metà in cui si osservano condizioni di spiccata variabilità che hanno visto annuvolamenti anche intensi associati a qualche precipitazione associati ad alcuni passaggi frontali atlantici che sono stati seguiti da una fase più stabile dopo la seconda metà del mese caratterizzata da un tempo soleggiato ed e a tratti estremamente caldo, a causa dell'affermarsi di una vasta struttura anticiclonica di origine africana sul continente.

La settimana tra il 26 marzo e il 1 aprile è stata caratterizzata dalla prevalenza di un'area depressionaria associata all'entrata di correnti atlantiche anche verso il Mediterraneo. Una struttura più importante ha interessato il centro Nord tra il 30 e 31 a causa della formazione di una serie di circolazioni secondarie (con un minimo 997 hPa) tra il Golfo del Leone e il Piemonte associate a tempo incerto e precipitazioni sullo spezzino il 31/04 (circa 16 mm/24h). Si segnalano rinforzi di burrasca sullo spezzino tra il 31 marzo e il 1 aprile (con massimi fino 65 km/h). Segue il 3- 4 del mese una nuova fase perturbata legata all'approfondimento di una depressione sul Mediterraneo occidentale e avvezione umida che ha portato una fase precipitativa sullo spezzino (16 e 33 mm/24h rispettivamente il 3 e 4 aprile). In questa occasione il fronte ha attraversato il Nord-Ovest e la Liguria dando origine al fenomeno delle nubi basse che hanno interessato la costa genovese addossandosi ai monti con piogge e successive schiarite giovedì 5.

Segue dal 9 al 12 del mese una terza fase caratterizzata da una vasta depressione sull'Europa centro occidentale che insiste sul Mediterraneo e l'Europa centro-occidentale con precipitazioni.

La settimana tra il 9 e il 15 aprile è stata caratterizzata in Liguria da una sequenza di giornate piovose con cumulate giornaliere massime mercoledì 11 con circa 18 mm/24h a Spezia e ben 5 giornate su 7 con precipitazioni caratterizzate tra la sera del 11 e il 12 aprile da correnti meridionali e un probabile apporto di deposizioni sabbiose.

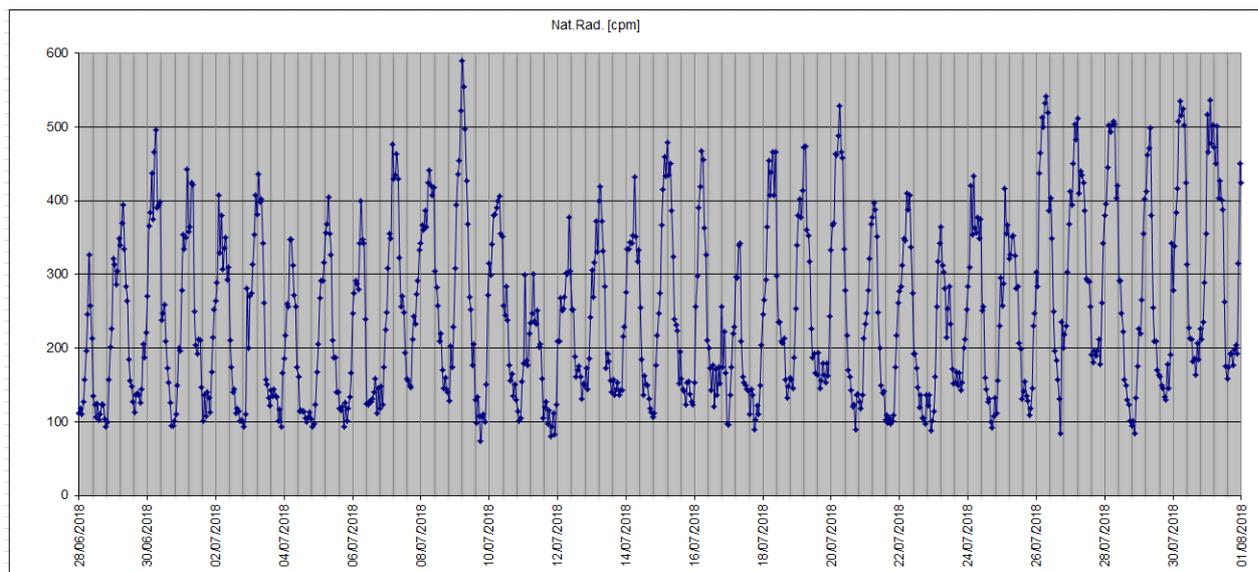


Nella seconda parte del mese tra il 16 e il 30 aprile si è osservata inizialmente in Liguria un'ondata di caldo fuori stagione per il mese di aprile (se non negli anni '60, con punte estive che hanno superato i 31°C in diverse località liguri) a causa di condizioni anticicloniche che nell'ultima settimana del termicamente più in linea con la primavera dopo l'anticipo d'estate vissuto nei giorni precedenti.

Nella **campagna estiva P14 18/3** (28/06/2018 - 01/08/2018) si registra tempo stabile e caldo alternato a infiltrazioni da nord, Nord-Ovest che hanno accentuato gli episodi convettivi sulle zone montuose del nord Italia (in particolare alpine ma più localmente anche in appennino), legati a rovesci e temporali anche forti; questi episodi hanno interessato a tratti la Liguria con precipitazioni localmente intense e grandinate con qualche danno in particolare verso il 15 e attorno al 20-21 luglio; proprio quest'ultimo peggioramento in Liguria ha visto intensi temporali e grandinate che hanno provocato danni all'agricoltura nell'entroterra dello spezzino con piogge che si sono spinte in costa a Spezia il 22 luglio (con quantitativi scarsi di 2 mm/24h) e successivamente verso il 28/07 con una decina di mm.

Si evidenziano inoltre venti moderati sui 10 km/h in media con raffiche superiori, legati a prevalenti regimi di brezza, mentre in occorrenza di condizioni d'instabilità sul centro levante si evidenzia un vento medio sullo spezzino di 16 km/h (intensità forte) il giorno 11/07.

Nel grafico che segue sono rappresentati i valori dell'attività BETA associabile ai prodotti di decadimento del Radon rilevati con il campionatore SWAM: sono evidenti i cicli giornalieri (valori relativamente più elevati di notte rispetto al giorno) sopra i quali si innestano le situazioni meteorologiche locali che hanno, ad esempio, portato alla quasi totale scomparsa del ciclo giorno/notte, in modo particolare nelle principali fasi di tempo relativamente perturbato.

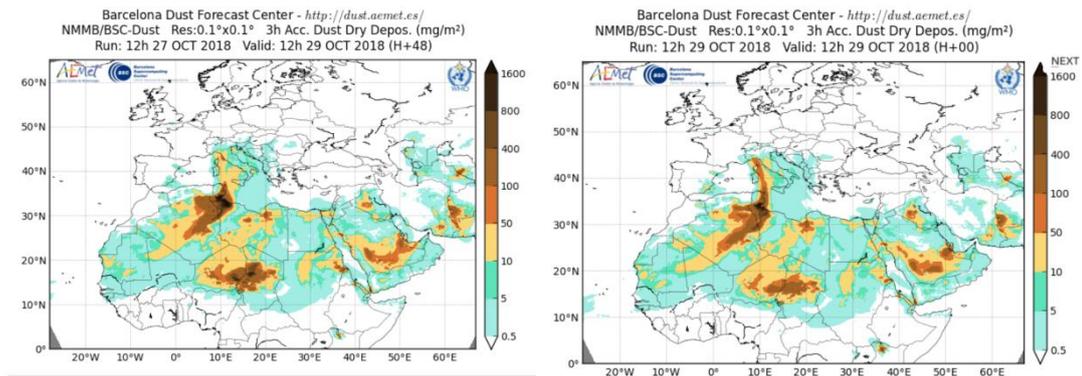


**La campagna autunnale P14 18/4 (11/10/2018 - 06/11/2018)** ha inizio nel mese di ottobre che si apre sul Mediterraneo e l'Europa sud-occidentale all'insegna di un tempo a tratti molto instabile e perturbato, per effetto della circolazione depressionaria che dalla Penisola Iberica si è estesa verso Est alle altre zone meridionali del Mediterraneo, interessando oltre al Nord Africa anche il Tirreno centro meridionale, le due isole maggiori e le zone ioniche.

In breve sulla Liguria si segnala attorno un rinforzo del flusso sciroccale verso 11-12 del mese, che ha comportato una fase di maltempo più autunnale con rovesci intensi. Dopo temporanee schiarite legate a un tempo asciutto con temperature inattese (che hanno toccato i 28-30°C verso il 19/10 anche per un probabile effetto di legato al vento di föhn, ben presto si evidenzia un nuovo esteso peggioramento associato a tempo perturbato e venti dalle intensità eccezionali: un violento flusso da sud a partire dal 27/28/11 con intensità sullo spezzino seguito dal Libeccio comporta una convergenza di onde da S,SE il 29/11 con quelle da SW, creando una mareggiata con danni su gran parte del litorale.

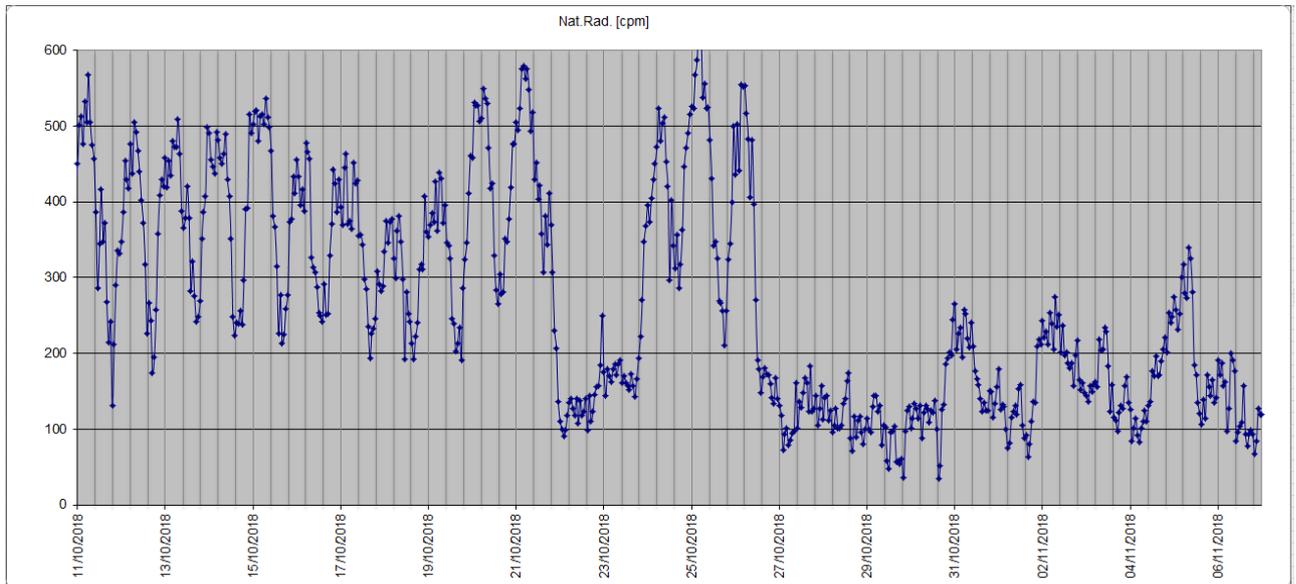
Dal 26/10 al 02/11 si segnala un periodo di precipitazioni e tempo instabile sullo spezzino con picchi di 36 e 70 mm/24h rispettivamente il 28/29 ottobre, legati a un intensissimo quanto anomalo richiamo umido sciroccale dal nord Africa e lungo il Tirreno che ha comportato 4 giorni consecutivi di vento con raffiche di burrasca forte (> 72-90 km/h) tra il 27 e 30 ottobre dai quadranti meridionali con picchi massimi di vento di tempesta da Scirocco (172 km/h). A seguire un episodio di libeccio il 30 ottobre con mareggiate da ostro e libeccio assai intense sul territorio.

A causa dell'estrema quanto estesa meridionalizzazione dei flussi si segnala, in particolare, il 29/10 (vedere mappa di seguito) una deposizione di sabbia legata alla struttura che ha interessato il Tirreno e la Liguria che ha insistito per circa 3 giorni sulla Liguria.



Inizio del mese di novembre è ancora caratterizzato a tratti da tempo incerto, autunnale, ma meno instabile ed estremo rispetto ai giorni precedenti: si evidenziano, diversi passaggi perturbati associati a richiami meridionali alternati all'ingresso di correnti più continentali che hanno comportato un graduale calo termico con piovaski deboli o localmente moderati (tra 20 e 30 mm) sullo spezzino (1-2 e 6 novembre).

Nel grafico che segue sono rappresentati i valori dell'attività BETA associabile ai prodotti di decadimento del Radon rilevati con il campionatore SWAM: sono evidenti i cicli giornalieri (valori relativamente più elevati di notte rispetto al giorno) sopra i quali si innestano le situazioni meteorologiche locali che hanno, ad esempio, portato alla quasi totale scomparsa del ciclo giorno/notte: la cosa è molto evidente in occasione dell'evento di fine mese.



### 3.2 Andamento della temperatura e dell'umidità

Nelle figure che seguono sono riportati gli andamenti di temperatura ed umidità misurati presso la postazione meteo del Comune della Spezia nei quattro periodi di monitoraggio, in quanto rappresentativa del tessuto urbano della Spezia.

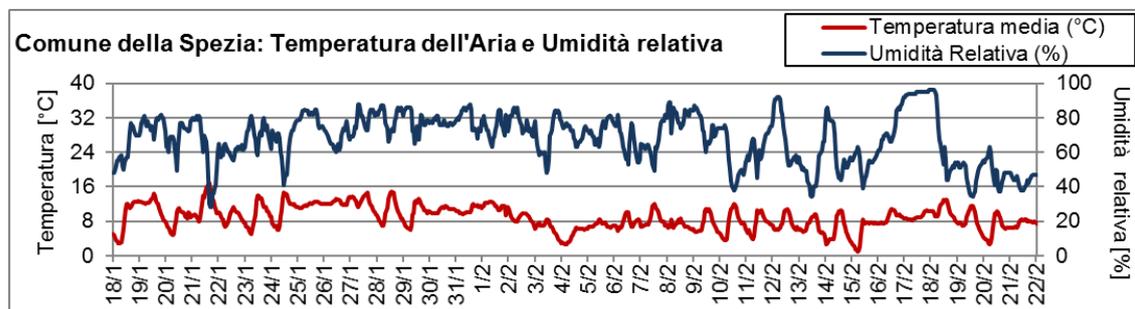


Figura 4 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 18/1.

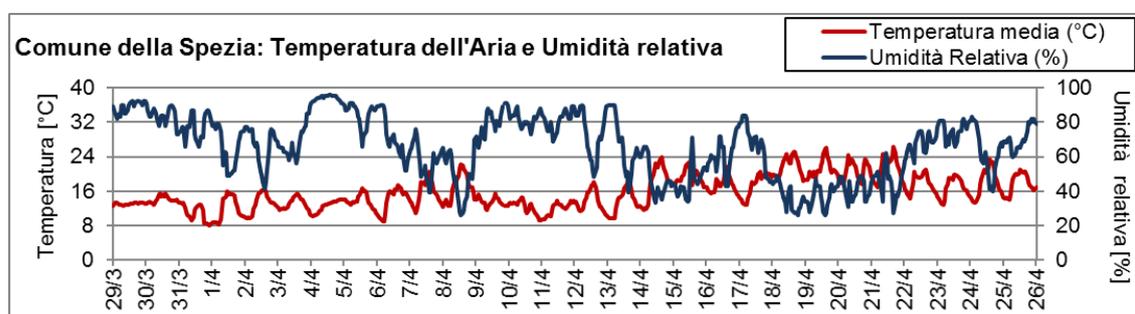


Figura 5 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 18/2.

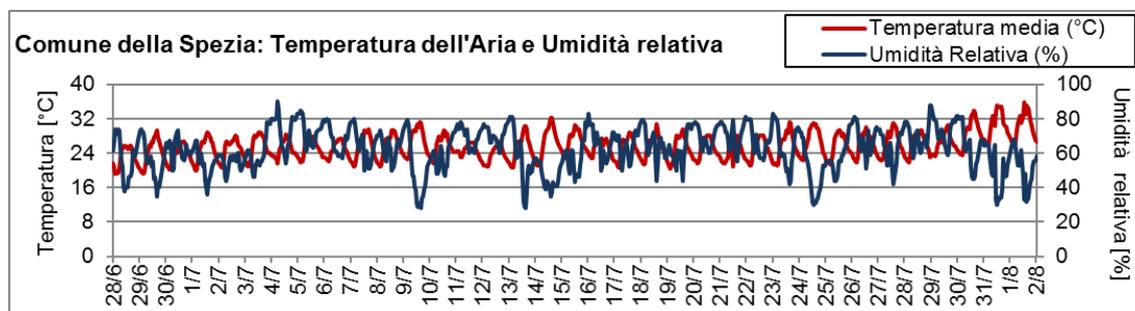


Figura 6 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 18/3.

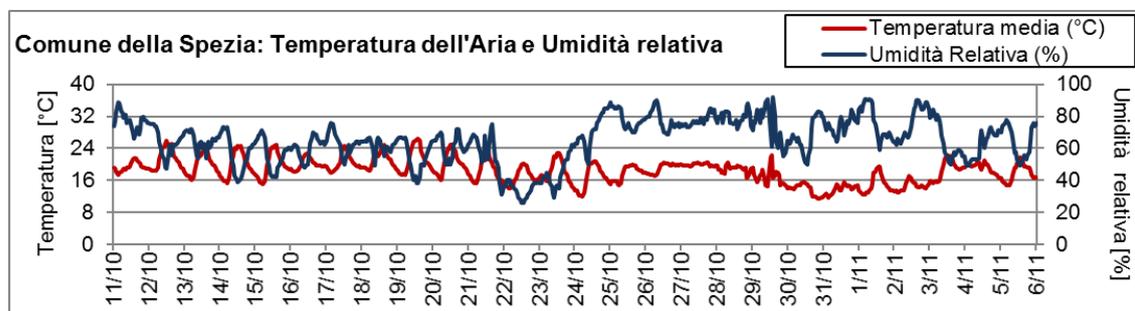


Figura 7 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 18/4.



Figura 8 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 18/1.



Figura 9 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 18/2.

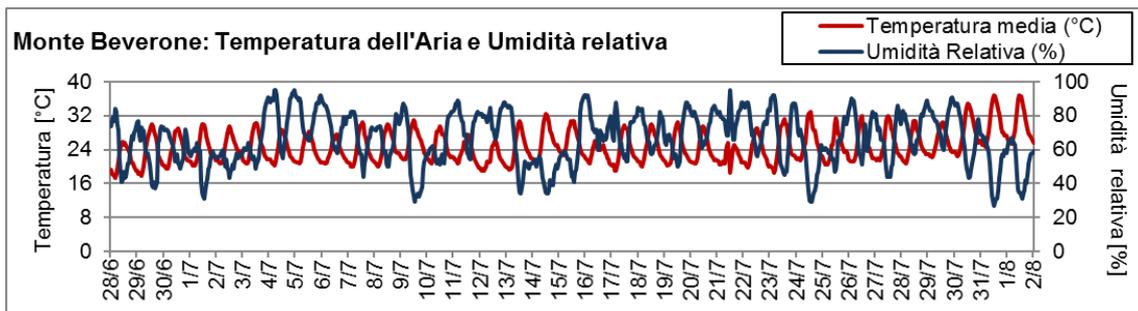


Figura 10 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 18/3.

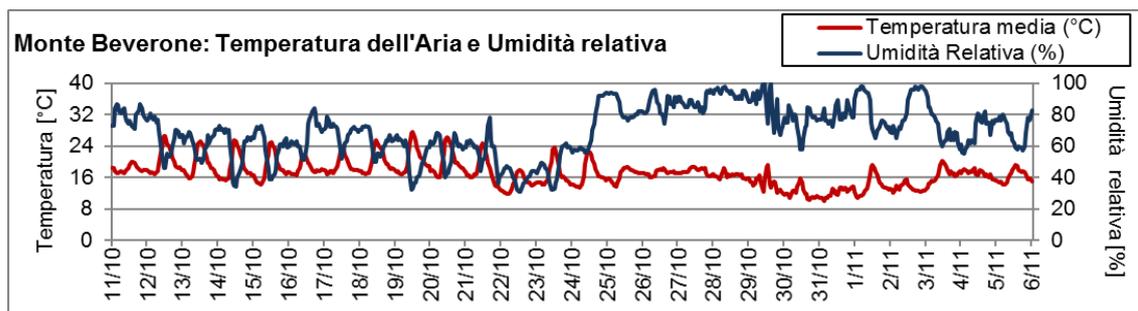


Figura 11 – Andamento temporale di temperatura e umidità relativa durante la campagna P14 18/4.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

Il prospetto seguente riassume alcuni indici statistici di temperatura e umidità nelle campagne per la postazione del Comune della Spezia:

<b>Comune della Spezia</b>				
	invernale	primaverile	estiva	autunno
	P14 18/1	P14 18/2	P14 18/3	P14 18/4
<b>Temperatura (°C)</b>				
media	9	16	26	18
minimo	1	8	19	11
massimo	17	26	36	27
mediana	9	15	26	19
<b>Umidità (%)</b>				
media	67	66	62	66
minimo	28	26	28	26
massimo	96	96	90	92
mediana	71	68	63	66

Tutte le campagne sono state caratterizzate da temperature mediamente sopra la norma, in particolare nelle campagne estiva ed autunnale che sono risultati più elevati anche dei corrispettivi dell'anno precedente.

### 3.3 Anemometria

Di seguito sono riportate le Rose dei Venti geolocalizzate sulle postazioni individuate come rappresentative:

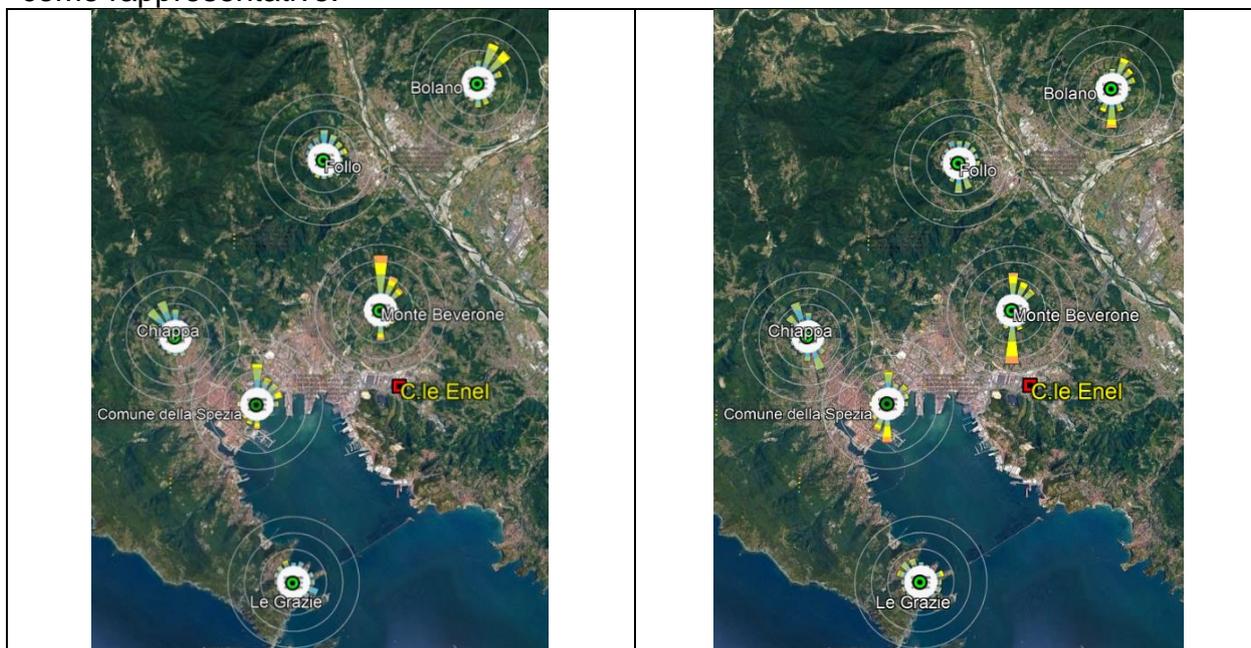


Figura 12 - Rose dei venti durante la P14 18/1

Figura 13 - Rose dei venti durante la P14 18/2

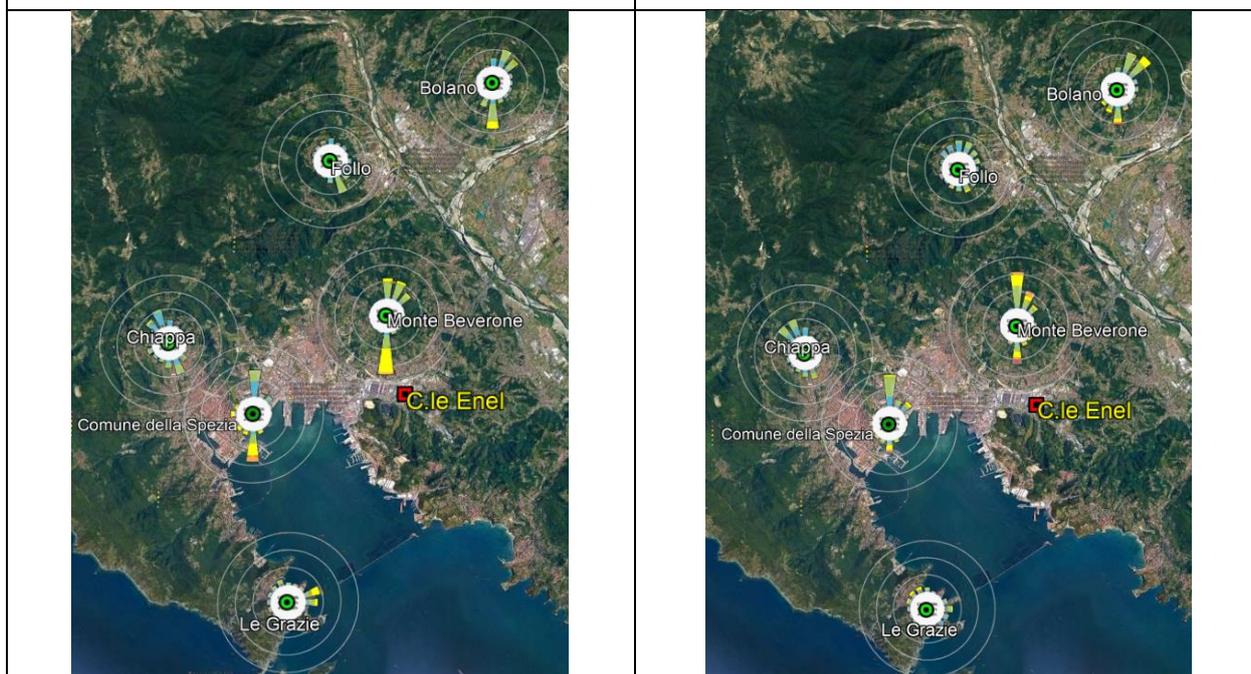


Figura 14 - Rose dei venti durante la P14 18/3.

Figura 15 - Rose dei venti durante la P14 18/4.

I venti hanno mostrato un comportamento significativamente differente nel corso dei quattro periodi di monitoraggio, con i venti più intensi (sopra i 6 m/s) provenienti in prevalenza dai quadranti settentrionali in inverno ed in autunno, dai quadranti meridionali in primavera ed estate, stagione quest'ultima dove sono ben evidenti le

brezze. Di seguito si riportano gli andamenti temporali nei quattro periodi di monitoraggio della centralina meteo del Comune della Spezia (rappresentativa del tessuto urbano della città) e di quelli di Monte Beverone, indicativa della zona collinare intorno e rappresentativa anche di un'area più estesa.

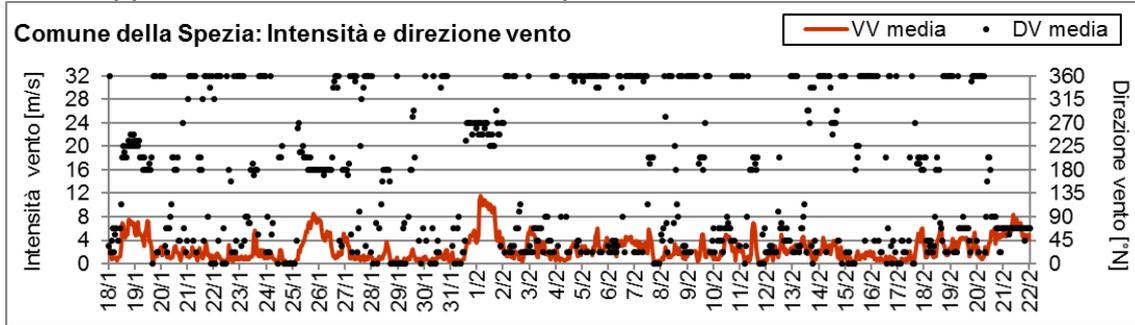


Figura 16 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 18/1 (Comune della Spezia).

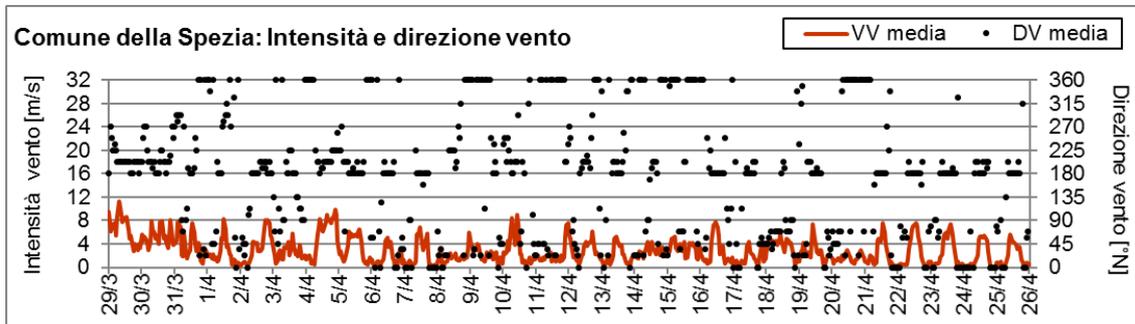


Figura 17 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 18/2 (Comune della Spezia).

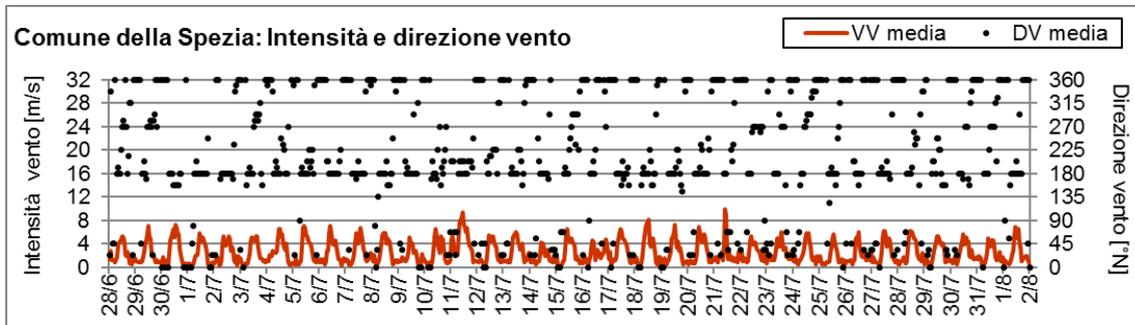


Figura 18 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 18/3 (Comune della Spezia).

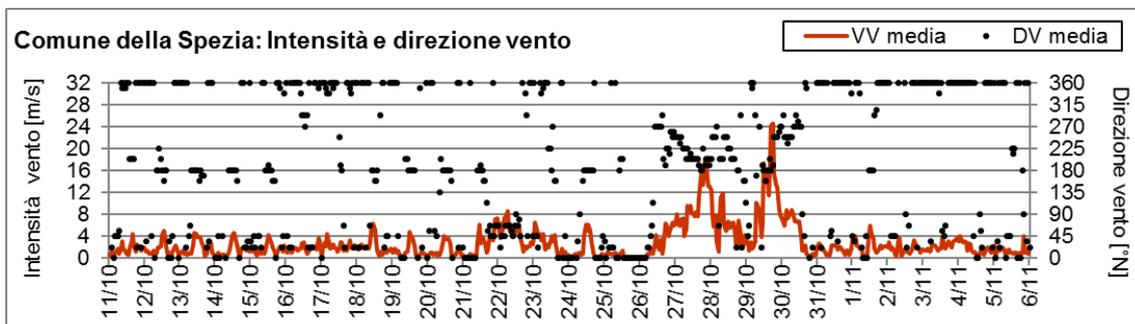


Figura 19 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 18/4 (Comune della Spezia).

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

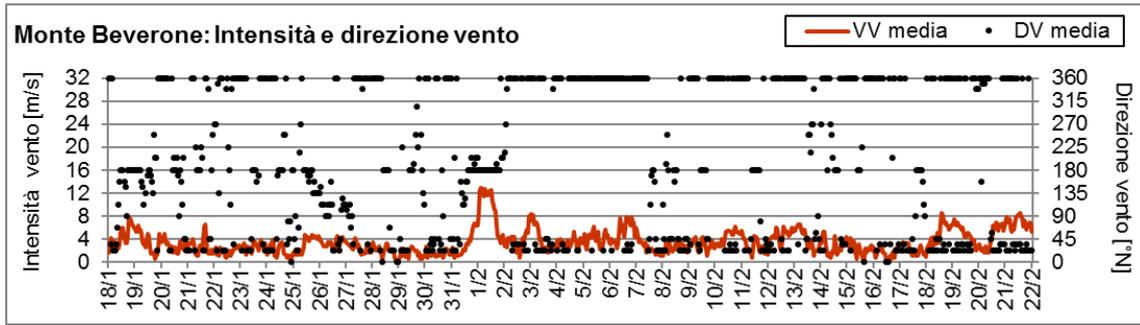


Figura 20 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 18/1 (Monte Beverone).

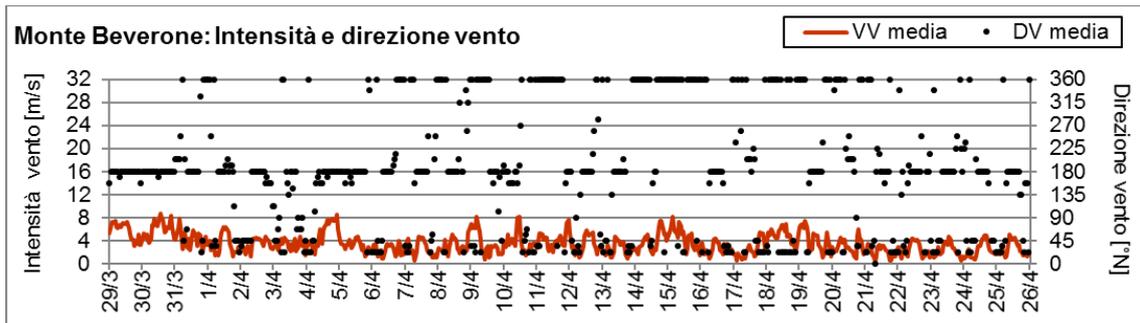


Figura 21 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 18/2 (Monte Beverone).

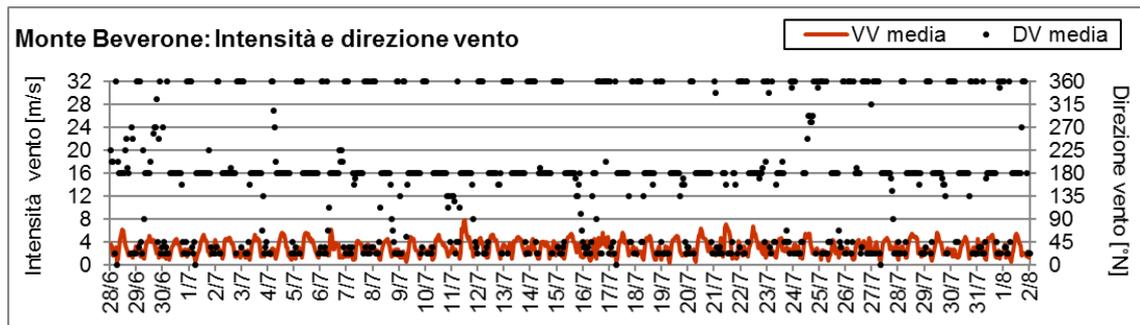


Figura 22 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 18/3 (Monte Beverone).

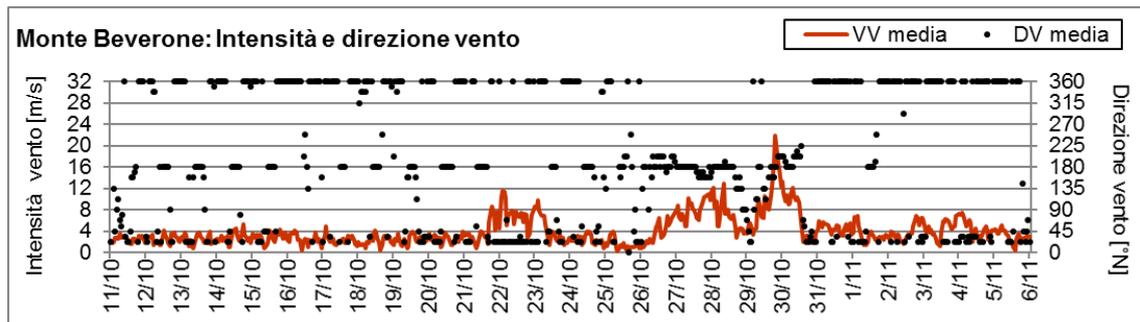


Figura 23 - Intensità e direzione del vento durante la Campagna P14 18/4 (Monte Beverone).

Risulta evidente la differenza dell'andamento della velocità del vento nelle varie campagne: tra le due postazioni non vi sono significativi scostamenti anche se gli eventi più intensi (ad esempio quello di fine ottobre) hanno evidenziato intensità medie più elevate nella postazione del Comune posta ad una quota più elevata rispetto al suolo circostante.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

In modo più marcato nella campagna estiva, ma comunque in generale in assenza di situazioni di forzanti a scala sinottica, è ben visibile la ciclicità nell'intensità e direzione del vento (legata per l'appunto ai meccanismi di brezza) con punte anche oltre i 4 m/s in estate quando le termiche sono più intense ed anche in questo caso con intensità lievemente superiori nella postazione del Comune.

La figura che segue riassume la frequenza di ore con differenti velocità di vento nelle campagne di monitoraggio invernale ed estiva. I dati sono desunti dalle misure anemometriche relative alla postazione di Monte Beverone:

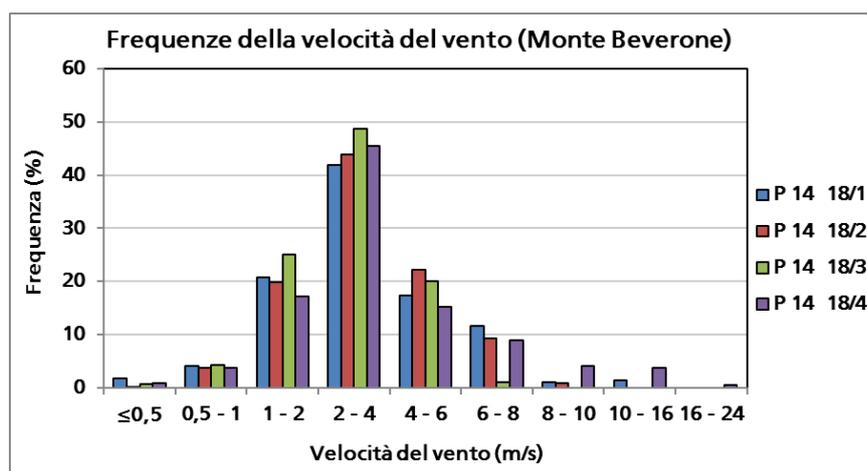


Figura 24 - Frequenze della velocità del vento nei quattro periodi di monitoraggio (2018).

In termini di frequenza di velocità del vento, i periodi di monitoraggio considerati non sono stati particolarmente diversi, anche se vi è stata una frequenza maggiore di ore con venti con intensità superiore ai 6 m/s nel periodo autunnale quando si sono registrati velocità medie anche superiori ai 20 m/s in occasione dell'evento di fine ottobre: si evidenzia come si tratti di valori non registrati in precedenza nel corso dei monitoraggi della P14.

La Tabella 8 riassume il numero di ore in cui il vento ha soffiato negli intervalli di velocità indicati (dati di Monte Beverone):

Campagna	Ore totali	Velocità vento [m/s]								
		≤0,5	0,5-1	1-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-16	16-24
P14 18/1	864	15	36	179	362	150	100	10	12	0
P14 18/2	696	1	26	138	305	155	65	6	0	0
P14 18/3	864	6	37	217	421	173	10	0	0	0
P14 18/4	648	6	24	111	295	99	58	27	24	4

Tabella 8 – Numero di ore con differenti velocità del vento nelle campagne di monitoraggio.

Anche nel 2018 la campagna invernale **P14 18/1** ha visto numerosi eventi caratterizzati da intensità maggiori di 6 m/s, eventi che hanno avuto una frequenza molto più bassa in occasione delle altre campagne; risulta peraltro evidente come nel corso della campagna autunnale **P14 18/4** vi sia stato il numero maggiore di occorrenze di velocità maggiori di 10 m/s. Tutti questi eventi dell'inverno e dell'autunno potrebbero giustificare una maggiore dispersione di polveri sedimentabili, con una conseguente minore deposizione.

### 3.4 Precipitazioni

I dati completi delle precipitazioni giornaliere misurate nelle postazioni di Le Grazie, Bolano, Comune e Chiappa sono riportati in Appendice 2. Di seguito sono riassunti il numero di eventi meteorici significativi<sup>9</sup> e la precipitazione totale misurata presso le postazioni di Comune della Spezia, La Foce – Monte Viseggi e Fornola, per tenere conto della variabilità spaziale delle precipitazioni nell'area di monitoraggio:

Comune della Spezia				
	Campagna P14 18/1	Campagna P14 18/2	Campagna P14 18/3	Campagna P14 18/4
N° eventi meteorici	6	4	6	4
N° giorni totali	17	10	6	13
Precipitazione totale [mm]	106,6	109,2	15,4	208,4

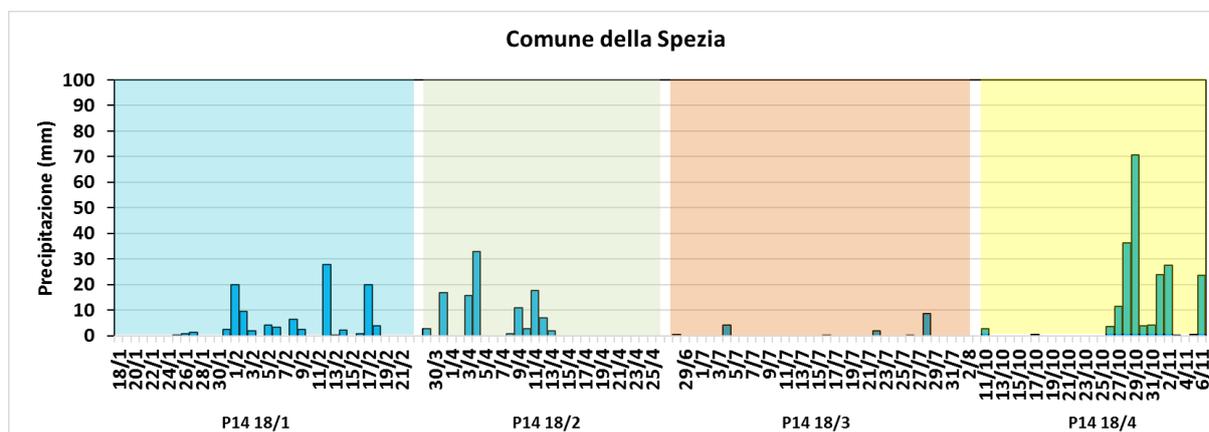
La Foce - Monteviseggi				
	Campagna P14 18/1	Campagna P14 18/2	Campagna P14 18/3	Campagna P14 18/4
N° eventi meteorici	5	3	6	3
N° giorni totali	20	14	8	16
Precipitazione totale [mm]	155,4	137,4	8,2	260,0

Fornola				
	Campagna P14 18/1	Campagna P14 18/2	Campagna P14 18/3	Campagna P14 18/4
N° eventi meteorici	9	1	6	4
N° giorni totali	24	29	9	13
Precipitazione totale [mm]	130,2	214,0	18,4	231,8

Tabella 9 – Precipitazione cumulata misurata a Comune della Spezia, La Foce- Monte Viseggi e Fornola (mm).

Di seguito è mostrato l'andamento temporale degli eventi di precipitazione nelle campagne di monitoraggio:



<sup>9</sup> Per eventi si è inteso il numero di periodi piovosi, che possono essere quindi di durata plurigiornaliera.

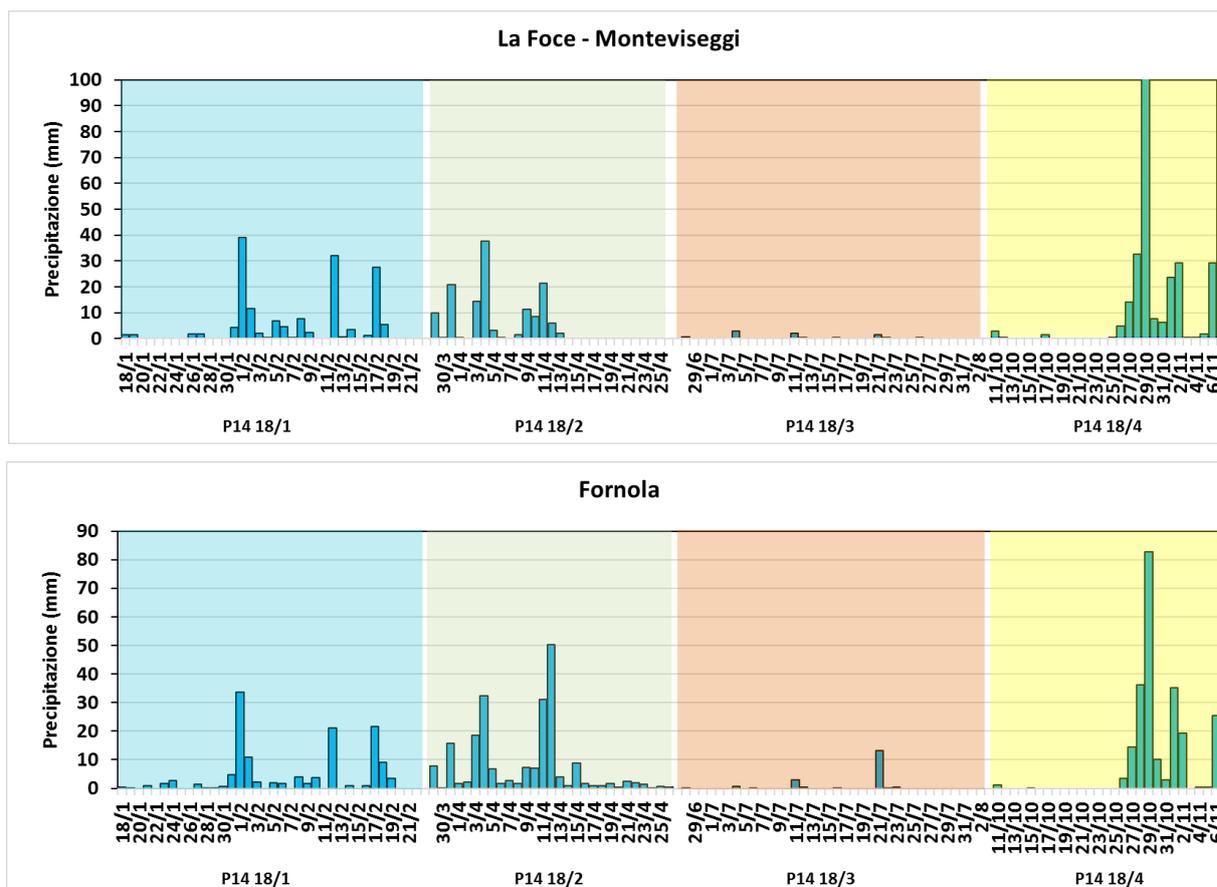


Figura 25 - Precipitazioni durante il periodo delle campagne del 2018.

Di seguito sono riportati alcuni commenti agli eventi di precipitazione avvenuti durante le quattro campagne di monitoraggio:

- Campagna **P14 18/1**: si sono registrati numerosi eventi precipitativi con valori cumulati in linea con la climatologia;
- Campagna **P14 18/2**: durante questo periodo la cumulata più rilevante si è registrata in Val Magra, nella postazione di Fornola che ha visto più che nell'area del golfo una sequenza di giorni piovosi pressoché continua;
- Campagna **P14 18/3**: durante questo periodo si sono avuti pochissimi eventi di pioggia, con valori di cumulata in linea con la stagione estiva e legati ad eventi temporaleschi.
- Campagna **P14 18/4**: questo periodo è stato caratterizzato dai più significativi eventi meteorici concentrati nell'ultima decade allorché si sono rilevati oltre 200 mm di cumulata in tutte e tre le postazioni analizzate.

### 3.4.1 Confronto tra dati pluviometrici e precipitazioni raccolte dai deposimetri

La tabella seguente riporta l'entità delle precipitazioni umide raccolte dai deposimetri inorganici ed organici durante i quattro periodi di monitoraggio:

Postazione	Sigla	Data Inizio	Data Fine	Deposimetri organici precipitazione [mm]	Deposimetri inorganici precipitazione [mm]
<b>Campagna P14 18/1</b>					
Bolano	BL	18/01/2018	22/02/2018	147	133
Follo	FL	18/01/2018	22/02/2018	141	170
Arcola	AR	18/01/2018	22/02/2018	105	117
Le Grazie	LG	18/01/2018	22/02/2018	120	116
Chiappa	CH	18/01/2018	22/02/2018	149	148
Maggiolina	MG	18/01/2018	22/02/2018	131	140
Saint Bon	SB	18/01/2018	22/02/2018	141	128
Melara	ME	18/01/2018	22/02/2018	115	109
Fossamastra	FS	18/01/2018	22/02/2018	124	133
<b>Campagna P14 18/2</b>					
Bolano	BL	29/03/2018	26/04/2018	203	233
Follo	FL	29/03/2018	26/04/2018	170	202
Arcola	AR	29/03/2018	26/04/2018	173	166
Le Grazie	LG	29/03/2018	26/04/2018	111	110
Chiappa	CH	29/03/2018	26/04/2018	142	140
Maggiolina	MG	29/03/2018	26/04/2018	149	149
Saint Bon	SB	29/03/2018	26/04/2018	138	118
Melara	ME	29/03/2018	26/04/2018	135	131
Fossamastra	FS	29/03/2018	26/04/2018	122	117
<b>Campagna P14 18/3</b>					
Bolano	BL	28/06/2018	02/08/2018	77	76
Follo	FL	28/06/2018	02/08/2018	35	29
Arcola	AR	28/06/2018	02/08/2018	11	6
Le Grazie	LG	28/06/2018	02/08/2018	14	5
Chiappa	CH	28/06/2018	02/08/2018	12	6
Maggiolina	MG	28/06/2018	02/08/2018	14	6
Saint Bon	SB	28/06/2018	02/08/2018	14	10
Melara	ME	28/06/2018	02/08/2018	5	6
Fossamastra	FS	28/06/2018	02/08/2018	8	7
<b>Campagna P14 18/4</b>					
Bolano	BL	11/10/2018	06/11/2018	243	279
Follo	FL	11/10/2018	06/11/2018	268	342
Arcola	AR	11/10/2018	06/11/2018	189	199
Le Grazie	LG	11/10/2018	06/11/2018	216	227
Chiappa	CH	11/10/2018	06/11/2018	289	306
Maggiolina	MG	11/10/2018	06/11/2018	243	227
Saint Bon	SB	11/10/2018	06/11/2018	259	263
Melara	ME	11/10/2018	06/11/2018	220	264
Fossamastra	FS	11/10/2018	06/11/2018	223	253

Tabella 10 - Entità delle precipitazioni raccolte dai deposimetri. Valori in mm.

La campagna **P14 18/4** è stata caratterizzata da quantitativi significativi di precipitazione con scostamenti percentuali contenuti tra i due deposimetri.

Nel corso della campagna estiva la quantità di precipitazione raccolta è stata di gran lunga inferiore e pertanto le differenze rilevate in alcuni casi tra le due tipologie di raccoglitori, molto contenute in termini assolute ma rilevanti in termini percentuali, possono essere ricondotte probabilmente ad una diversa evaporazione dovuta ai materiali che li costituiscono (plastica per gli inorganici, vetro per gli organici) ed anche ai fattori di forma degli imbuto che presentano il collo con diametro differente.

Nella figura che segue è mostrata la correlazione tra le entità di precipitazioni raccolte dai deposimetri per specie inorganiche e organiche installati in parallelo nelle postazioni di monitoraggio:

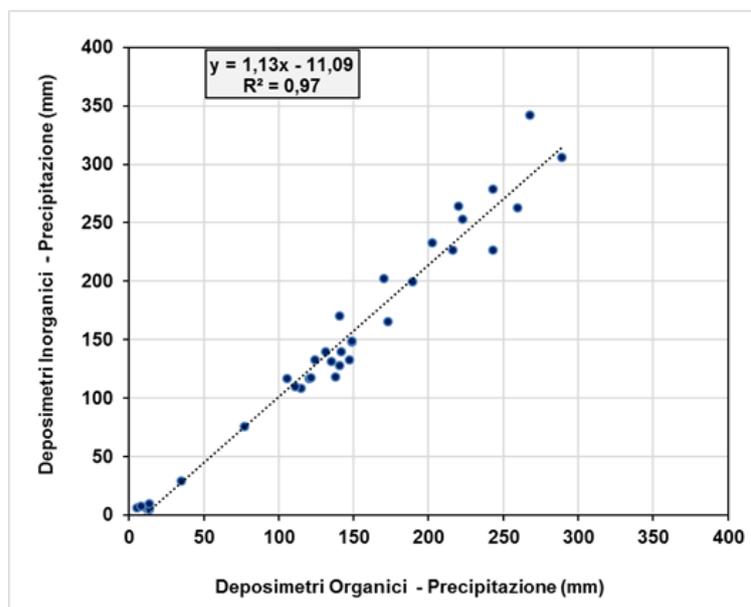


Figura 26 – Correlazione tra le precipitazioni raccolte dai deposimetri installati in parallelo.

Come già in passato, a parte singoli e limitati casi, probabilmente legati all'intensità delle precipitazioni e alla turbolenza atmosferica, la correlazione appare ottima ed entrambi i tipi di campioni sono rappresentativi delle deposizioni umide avvenute nel periodo.

La tabella seguente sintetizza i valori medi delle precipitazioni raccolte dai deposimetri organici ed inorganici nelle quattro campagne:

Campagna	n	Media	Dev. Std	Mediana	Minimo	Massimo
P14 18/1	18	131	16	132	105	170
P14 18/2	18	150	34	141	110	233
P14 18/3	18	19	22	11	5	77
P14 18/4	18	251	37	248	189	342

Tabella 11 - Valori statistici delle deposizioni umide raccolte nei deposimetri.

Nella figura seguente sono confrontate le medie delle precipitazioni raccolte dai deposimetri inorganici delle varie postazioni nei quattro periodi di monitoraggio:

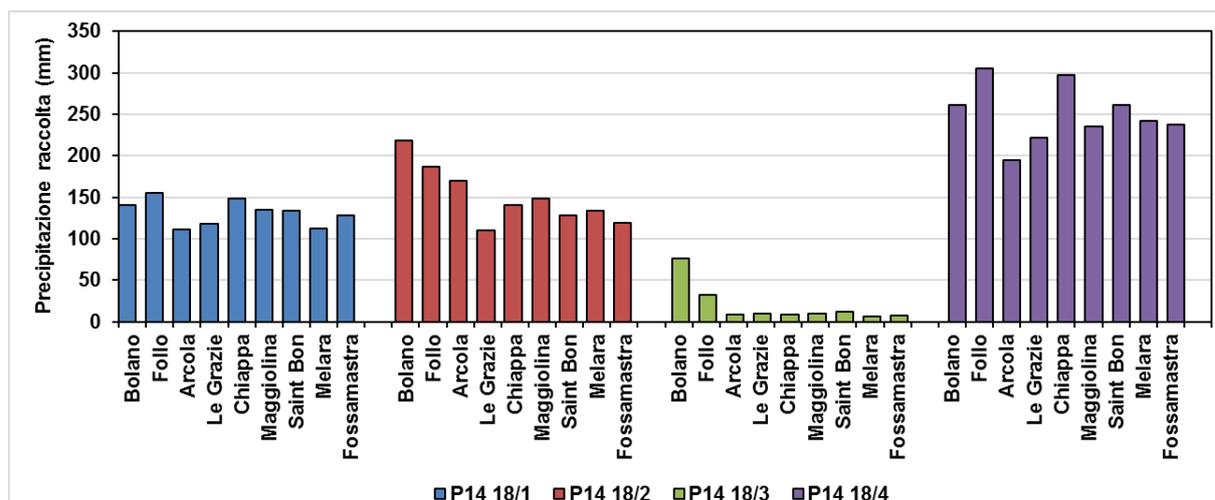


Figura 27 – Precipitazioni raccolte dai deposimetri durante i quattro periodi di monitoraggio.

È evidente come i valori più elevati si siano riscontrati nelle postazioni della val di Magra, in particolare Bolano e Follo e come la campagna **P14 18/4**, abbia evidenziato i valori più elevati in forza dell'evento di tempo fortemente perturbato registrato a partire dalla fine del mese di ottobre.

### 3.5 Caratteristiche meteo generali delle campagne suppletive effettuate a Melara

Nel seguito sono descritte le principali caratteristiche meteorologiche delle sette campagne di monitoraggio integrative che hanno consentito di verificare con continuità nel corso dell'anno 2018 le deposizioni inorganiche presso il sito di Melara.

Nella tabella che segue è riportata l'articolazione delle diverse campagne ed il raffronto tra la precipitazione raccolta nei deposimetri e quella rilevata presso la postazione della Spezia Comune.

Campagna	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Precipitazione raccolta [mm]	Precipitazione Stazione La Spezia Comune [mm]
P14 17/G	13/12/2017	18/01/2018	36	150	115,6
P14 18/A	22/02/2018	29/03/2018	35	248	194,0
P14 18/B	27/04/2018	30/05/2018	33	54	59,0
P14 18/C	30/05/2018	28/06/2018	29	37	15,6
P14 18/D	01/08/2018	03/09/2018	33	39	68,4
P14 18/E	03/09/2018	11/10/2018	38	20	24,0
P14 18/F	06/11/2018	17/12/2018	41	202	182,0

Tabella 12 – Precipitazione cumulata misurata a Comune della Spezia e con il deposimetro di Melara (mm).

Nella tabella è indicata anche la campagna **P14 17/G** che si è sviluppata a cavallo tra il 2017 e il 2018 che si è scelto di elaborare nel presente rapporto.

Inoltre, per completare la copertura annuale, un'ulteriore campagna è stata effettuata a partire dal 13/12/18 ma, essendosi svolta in parte anche nel corso del mese di gennaio 2019, la stessa sarà elaborata e discussa in occasione del prossimo Rapporto.

### 3.5.1 La situazione meteo nel corso della campagna P14 17/G (13/12/2017 ÷ 18/01/2018)

Il periodo in generale vede un dicembre più umido e ventoso tra ovest e sud-Ovest (quasi autunnale), caratterizzato da una tardiva intensificazione delle precipitazioni sul Nord Italia e la Liguria (Levante) con 3 giornate di precipitazioni più significative sullo spezzino (in costa) caratterizzate da valori di 17 e 29 mm/24h (rispettivamente il 14, 26 e 27 del mese) e due episodi di mareggiata intensa di libeccio lungo verso l'11 dicembre (per l'approfondirsi di una estesa depressione dall'aspetto autunnale) con uno stato molto agitato (altezza d'onda significativa di 4.7 m e un Hmax di 8.4 m) e ancora condizioni meteomarine avverse e verso il 27 e 28 dicembre (mare tra molto mosso e localmente agitato). Sintetizzando l'intero mese di dicembre vede precipitazioni sopra l'atteso nel Levante Ligure con 253 mm/mese (rispetto a valori climatologici attesi di 103 mm).

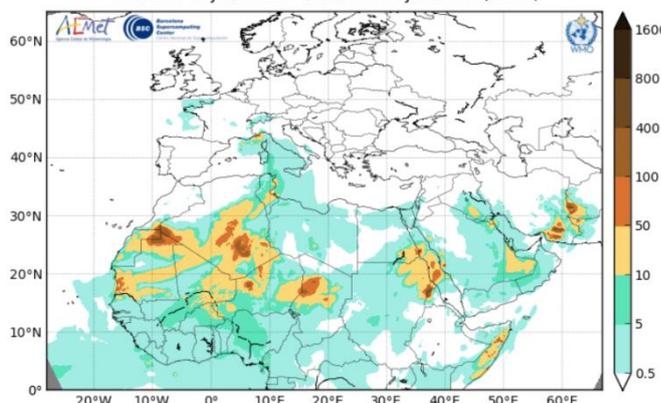
Segue un Gennaio caratterizzato dalla dominanza di una depressione sull'Europa centro settentrionale: tale configurazione che a tratti ha tratti interessa il Mediterraneo occidentale vede rapidi sia la formazione di una depressione sul Mediterraneo occidentale con correnti sciroccali sulle zone tirreniche che rapidi passaggi frontali da Nord Ovest (spesso attenuati dalla barriera alpina) che sono associati alla formazione di alcuni minimi secondari. Tornando alle precipitazioni, se dicembre vedeva fenomeni sopra l'atteso nel Levante Ligure, Gennaio è caratterizzato da fasi più instabili in particolare nella prima metà con precipitazioni sullo spezzino limitate al 1/01, il 6/01, 10/01 e 16 del mese (che non risultano particolarmente rilevanti in costa nello spezzino).

La configurazione del 8 gennaio, in particolare, che non è in linea con i veloci passaggi da Ovest, Nord Ovest del periodo, vede un cambio di configurazione con un richiamo di aria caldo umida sub tropicale dal nord Africa, evidenziando richiami di origine africana che hanno comportato deposizioni di sabbia di origine africana sull'intera regione e sullo spezzino.

Per quanto riguarda la ventilazione si evidenzia come gennaio, che è caratterizzato in costa (stazione della Spezia) da raffiche di burrasca forte il 1/01 e raffiche di burrasca verso il 8-9/01, si chiude con intense correnti occidentali, in particolare tra il 16/18 gennaio, quando si sono registrati picchi di 80 km/h.

Dal punto di vista delle temperature si segnala un'anomalia termica positiva che si estende dall'area mediterranea a gran parte dell'Europa centrale con valori massimi sopra la norma di +3/+5°C in particolare nello spezzino (a Spezia il 7/01 si registrano 17.8 gradi).

Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>  
 NMMB/BSC-Dust Res:0.1°x0.1° 3h Acc. Dust Dry Depos. (mg/m<sup>2</sup>)  
 Run: 12h 08 JAN 2018 Valid: 18h 08 JAN 2018 (H+06)



### 3.5.2 La situazione meteo nel corso della campagna P14 18/A (22/02/2018 ÷ 29/03/2018)

Fino al 25 febbraio è stata caratterizzata, in Liguria, da clima mite e qualche debole precipitazione, preludio dell'irruzione di aria molto fredda giunta sulla regione i giorni di fine mese, che condiziona poi inizio marzo. Dal punto di vista delle precipitazioni sono state generalmente deboli, nevose anche lungo la costa centrale domenica 25: sabato 24 le cumulate massime, localizzate nell'entroterra imperiese (Colle d'Oggia ha raggiunto 26.8 millimetri). Ma è l'aspetto delle temperature quello più interessante si ha dal 25, invece, con un crollo delle temperature caratterizzate da minime in molte località sottozero e valori assoluti di tutto rispetto: -13.5 a Poggio Fearza (Imperia), -10.4 a Casani di Suvero (La Spezia).

In costa a Spezia i valori termici raggiungono minimi di -3.9 °C il 28/02/2018. L'ingresso di aria siberiana, che ha comportato la comparsa di neve nell'entroterra a partire dall'imperiese con spolverate anche verso costa tra Ventimiglia, Genova e l'interno Levante, con significativi episodi di gelicidio nell'interno e zone di confine con Piemonte. In questo periodo correnti siberiane giungono fino alla nostra Penisola, mentre i sistemi frontali, rallentati dall'anticiclone, comportano una convergenza tra l'aria umida sul Tirreno e la massa d'aria fredda continentale. Così si sono avute gelate diffuse e nevischio fino a bassa quota verso la costa anche in Liguria e in Toscana tra il 28 febbraio e l'1 marzo.



Figura 28 – Nevicata a Spezia il 01/03/18: postazione RQA e deposimetri di Parco della Maggiolina.

Dopo il freddo torna il clima mite ma anche la pioggia. La settimana tra il 5 e l'11 marzo in Liguria è stata caratterizzata, dopo l'intensa fase fredda dei giorni precedenti, dal ritorno di un clima tutto sommato mite ma anche della pioggia verso il 10-11 quando si sono avute le precipitazioni più significative sulle quattro province dall'inizio del 2018. Si osserva un ritorno a correnti atlantiche più miti che hanno allontanato le correnti siberiane (nord-orientali) d'inizio mese che erano collegate a un potente anticiclone. Questa struttura ha abbandonato l'Europa e si è ritirata verso latitudini artiche, favorendo il predominio della depressione presente sull'Europa occidentale comportando, sul Nord Italia e la Liguria, condizioni di tempo a tratti variabile ma più mite, più in linea con la climatologia.

La pioggia per l'appunto torna protagonista, in particolare il giorno 11 marzo, con quantità molto elevate di pioggia in particolare nella zona del genovesato con valori giornalieri maggiori di 150 mm (mentre si osservano 36 mm/24h a Spezia). Seguono alcuni sistemi frontali che, nel loro moto verso Est/Sud-Est (a causa del blocco anticiclonico) che determinano fasi perturbate e umide con precipitazioni tra il 10 e il 18 sullo spezzino: le giornate del 17 e 18 del mese sono caratterizzate da picchi di

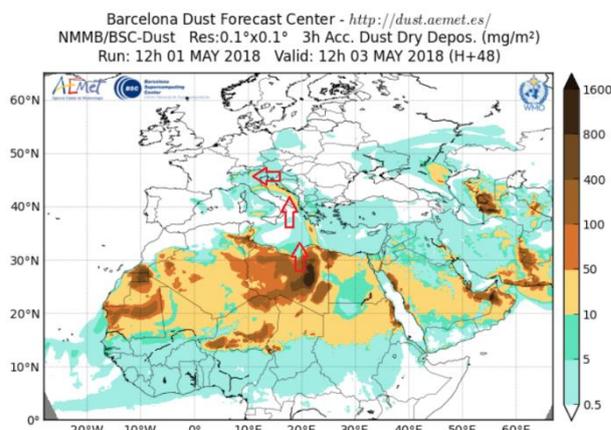
precipitazioni poco significativi di circa 16-17 mm/24h. Tra il 19 e il 25 marzo in Liguria si hanno ancora temperature basse, soprattutto per quanto riguarda le minime mentre le precipitazioni risultano, invece, complessivamente piuttosto scarse o assenti. Segnaliamo infine, un'ultima perturbazione che ha attraversato velocemente il nord Italia giovedì 29/03 con scarse precipitazioni nello spezzino in costa.

### 3.5.3 La situazione meteo nel corso della campagna P14 18/B (27/04/2018 ÷ 30/05/2018)

Dopo un aprile instabile che ci ha fatto transitare nella stagione primaverile, si evidenzia come la prima parte di maggio sia stata caratterizzata da condizioni di spiccata variabilità alternata ad annuvolamenti più consistenti per il succedersi di nuclei e infiltrazioni di aria più fresca provenienti dall'Europa settentrionale che hanno interessato il Mediterraneo occidentale e in parte anche la Liguria e i versanti tirrenici. Tale configurazione ha determinato precipitazioni anche a carattere temporalesco più significative nell'interno della regione ed è stata seguita da un tempo progressivamente più soleggiato e caldo nel corso della terza settimana, anche a causa di una rimonta anticiclonica che ha fatto incrementare le temperature su valori tipici dell'estate, con picchi che hanno raggiunto i 33°C sul Savonese e nel Levante.

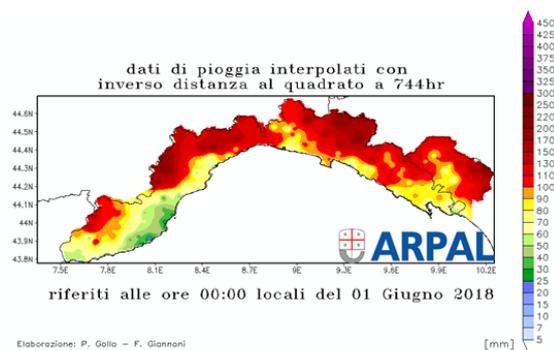
La prima parte del mese ha visto condizioni più instabili e perturbate caratterizzate dalla dominanza di una circolazione atlantica che ha interessato direttamente le coste nord-occidentali europee e solo a tratti le zone mediterranee; queste ultime sono state interessate a tratti dalla presenza di una circolazione depressionaria alimentata dalla discesa di masse d'aria atlantica che nella prima settimana del mese ha stazionato sul centro-sud d'Italia influenzando il meteo del nord con cieli coperti e piogge.

Si evidenzia in tale contesto possibili deposizioni di sabbia verso il 3 e 4/05 a causa dei richiami sud-orientali che dal nord Africa hanno interessato l'intera penisola (vedere la mappa delle Dust Dry Dep del Barcellona Dust Forecast Center di seguito).



Si segnalano una serie di passaggi frontali sulla Penisola nel corso della prima parte di maggio che hanno portato alla formazione di diverse circolazioni sulle zone tirreniche/Liguri in particolare tra il 2-5/06, verso 8-9/06 e attorno al 13 e 17 del mese, legate anche alla formazione di una serie di occlusioni sulla Penisola e i Balcani. Successivamente, nel corso della seconda parte del mese, si evidenzia il prevalere di un'anomalia positiva di geopotenziale sull'Europa centro settentrionale (legata a un ulteriore rafforzamento dell'anticiclone tra la Gran Bretagna e la Penisola Scandinava).

Queste dinamiche comportano che le precipitazioni di maggio sulla Liguria (si veda la mappa areale delle precipitazioni) mostra quantitativi massimi oltre i 150-160 mm/mese, in particolare in alcune zone interne del centro della regione e verso i confini toscani, mentre in costa gli stessi risultano in media, al di sotto degli 80-90 mm/mese, a seconda delle zone.



Nello spezzino si registrano quantitativi di pioggia ridotti rispetto al resto della regione con valori di 54 mm per maggio (contro i 89 mm/mese attesi dalla climatologia). Si evidenzia sulla costa dello spezzino qualche precipitazione più consistente (tra deboli e moderate) i primi due giorni del mese (inferiori a 15 mm/24h) e successivamente verso il 10 e 13 e 14 del mese (< 6mm/24h). Nella seconda parte del mese, come accennato, si hanno scarsi fenomeni su Spezia, limitati al 20 e 30 di maggio (caratterizzate da quantitativi scarsi < 5 mm/24h).

### 3.5.4 La situazione meteo nel corso della campagna P14 18/C (30/05/2018 ÷ 28/06/2018)

Dopo un maggio inizialmente caratterizzato da condizioni di spiccata variabilità con precipitazioni anche a carattere temporalesco, seguite da un periodo progressivamente più stabile caldo che ci traghetta verso l'estate: giugno comunque è ancora condizionato da iniziali condizioni di spiccata variabilità associate a una dominanza di una circolazione depressionaria sull'Europa occidentale, seguita da una rimonta della pressione sul continente, alternata a qualche episodio instabile verso la fine della seconda decade e nell'ultima parte del mese si ha un ritorno di aria instabile di origine balcanica.

Nella prima decade di giugno si osserva, in particolare, come l'instabilità sia stata condizionata da una debole circolazione depressionaria quasi stazionaria che ha insistito sull'Europa sud-occidentale e il Mediterraneo occidentale. Segue una rimonta della pressione sul continente, alternata a qualche episodio instabile verso la fine della seconda decade. Il 7, 12 e 13 del mese si osservano nello spezzino in costa deboli precipitazioni.

Nella seconda metà la rianalisi evidenzia il rafforzarsi di un'anomalia positiva di geopotenziale sull'Europa centro settentrionale, legata a un ulteriore rafforzamento dell'anticiclone tra la Gran Bretagna/Francia e la Russia mentre una circolazione depressionaria si va rafforzando sul meridione italiano, il Golfo della Sirte e la Grecia. Tuttavia, gli ultimi giorni del mese, attorno al 28/06 si osserva il passaggio di una linea d'instabilità dai quadranti settentrionali, legata a rovesci e temporali che hanno interessato anche la Liguria con precipitazioni di moderata intensità limitate all'interno nelle ore più calde. Lo spezzino costiero evidenzia un deficit di precipitazione mensile evidente rispetto alle altre province.

In questa fase il trend termico è stato caratterizzato anche da nuovi incrementi, anche a causa di una rimonta della pressione associata a tempo in prevalenza soleggiato: infatti si evidenziano temperature massime sopra la norma con 30 °C a Savona verso il 14/06 e picchi di 32°C verso il 17/06, in particolare nell'interno spezzino, parallelamente alle prime notti tropicali sul genovese (T min > 20°C). Anche nell'ultima decade del mese la colonnina di mercurio ha superato i 30/32°C in costa, salvo qualche locale calo legato ad un aumento dell'instabilità.

### **3.5.5 La situazione meteo nel corso della campagna P14 18/D (01/08/2018 ÷ 03/09/2018)**

Dopo un mese di luglio che si è mantenuto all'insegna di una spiccata variabilità con episodi temporaleschi anche intensi sul centro nord e la Liguria, alternati a condizioni di disagio da caldo, ecco che il mese di agosto parte con temperature decisamente alte e sopra l'attesa a causa di una rimonta anticiclonica insidiata tuttavia da infiltrazioni in quota di aria atlantica sul Nord Italia e sulla Liguria, più accentuate verso fine mese per il transito di alcuni sistemi frontali provenienti dalla Francia. Se la prima parte di agosto ha visto una configurazione sulla penisola che risulta dominata da una configurazione prevalentemente anticiclonica, mentre la seconda parte del mese lascia maggiore spazio a infiltrazioni atlantiche associate a qualche passaggio perturbato che ci ha interessati nel suo moto verso Sud-Est, indebolendo il dominio anticiclonico. In tale contesto si può osservare come le circolazioni depressionarie atlantiche (L) siano rimaste prevalentemente confinate oltre il 55° parallelo nord nel corso di agosto.

La spinta anticiclonica di origine africana ha comportato temperature assai elevate e caratterizzate da un 'anomalia termica media per lo spezzino +4/5°C per l'intero periodo con massimi + 8°C (1, 20,21 e 22 agosto). Nello spezzino si osservano, in particolare, due periodi caldi estesi tra 1-8 del mese e il 15-25 del mese, caratterizzati da temperature massime > 30 °C con massimi compresi tra 36 °C (12 agosto) e 35 °C (tra il 21 e 22 agosto).

Le precipitazioni areali mensili mostrate che hanno interessato il centro levante, sono legate a frequenti rovesci temporaleschi che trovano un evidente riscontro nel significativo numero di giornate caratterizzate da fulminazioni (centrate sull'area del genovese e nel medio levante). Tale andamento precipitativo tuttavia ha visto valori mensili più significativi sul centro e medio Levante: si osservano sulla costa del centro levante valori puntuali rispettivamente di circa 135 mm a Genova, 103 mm sia a Savona che nello spezzino a Levante (mediamente con 7 giorni piovosi): in particolare a Levante e nelle zone limitrofe, nell'ultima settimana del mese si sono evidenziati brevi ma intensi eventi temporaleschi, associati a colpi di vento con danni in costa e rischi per il turismo balneare. Il carattere locale delle precipitazioni temporalesche è mostrato dai valori irregolari registrati nelle stazioni (sia nell'interno che in costa).

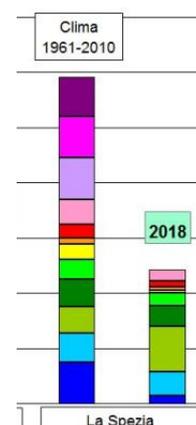
Più a Est, nell'area del golfo della Spezia segnaliamo precipitazioni mensili più modeste comprese tra 25-50 mm circa, mentre sulla stazione della Spezia si segnalano 24 mm/mese contro i 63 mm attesi, con soli 4 giorni piovosi.

### 3.5.6 La situazione meteo nel corso della campagna P14 18/E (03/09/2018 ÷ 11/10/2018)

La prima parte di settembre vede ancora condizioni di variabilità seguite da tempo più stabile e temperature ancora decisamente sopra l'atteso nella prima decade e occasionalmente verso la metà del mese si osservano a tratti condizioni di variabilità in Liguria. Segue nel corso delle ultime due decadi una dominanza dell'anticiclone, anche di matrice sub tropicale, che ha portato una maggiore stabilità e giornate calde ancora estive. Questa situazione che è colta ai bassi livelli dalla rianalisi mensile della pressione al suolo, vede nel corso del mese una rimonta anticiclonica (H) verso latitudini più settentrionali (oltre il 45° parallelo nord), con massimi tra la Francia e la Gran Bretagna che hanno comportato richiami caldo umidi dall'area mediterranea verso il nord-est Europa.

Per quanto riguarda le temperature sono significative quelle registrate tra il 19 e 24 e verso il 28-30 del mese: valori tra i 27 e 30 °C e anomalie positive che in questi periodi raggiungono +3 e +6°C.

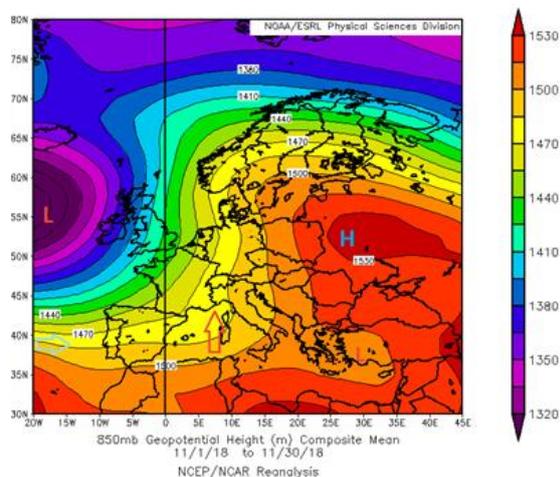
Gli istogrammi a lato, dove sono confrontati i valori mensili 2018 con quelli climatologici per Spezia, evidenziano per settembre (e per i primi 9 mesi dell'anno) un deficit precipitativo significativo.



### 3.5.7 La situazione meteo nel corso della campagna P14 18/F (06/11/2018 ÷ 17/12/2018)

Anche il mese di novembre vede una configurazione sinottica caratterizzata dal contrapporsi di due strutture: una vasta depressione atlantica estesa fino alle zone mediterranee ed una vasta zona anticiclonica centrata sull'Europa orientale.

Tale configurazione ha comportato una prevalenza di correnti meridionali sulle aree mediterranee e tirreniche, per l'approssimarsi di alcuni passaggi frontali provenienti dalla penisola Iberica e il vicino atlantico che hanno interessato la Liguria con diversi episodi precipitativi dapprima nel corso della prima decade e successivamente verso l'ultima.



Successivamente, verso metà novembre, al flusso prevalentemente meridionale che ha caratterizzato la prima parte del mese, si è andato ad affermare un contributo a tratti più orientale di origine continentale; ciò ha comportato un'inversione di tendenza sia nelle precipitazioni che nell'andamento termico, caratterizzata per quest'ultimo parametro da un calo delle temperature e una riduzione delle anomalie termiche positive eccezionali registrate nei mesi precedenti.

Dal punto di vista delle temperature, dopo un ottobre anomalo e caldo, si evidenzia sull'intera penisola un'anomalia termica ancora lievemente positiva (poco oltre +0.5 °C) ma più modesta rispetto alle anomalie del mese precedente. Agli iniziali richiami caldo umidi dal nord-Africa, si sono alternati ritorni più continentali (nella seconda parte del mese di novembre) che hanno comportato un graduale calo termico: tale andamento ha visto una riduzione delle temperature su valori più in linea con la climatologia.

Per quanto riguarda le precipitazioni si evidenziano in Liguria diversi eventi perturbati, caratterizzati da precipitazioni diffuse, nel complesso in linea con l'atteso.

#### 4. Operatività della centrale ENEL durante le campagne

Durante il periodo di monitoraggio sono stati raccolti ed elaborati i principali dati di impianto legati al funzionamento e alle emissioni della centrale termoelettrica ENEL.

Nel seguito sono riportati in forma grafica, per le campagne di monitoraggio **P14 18/1**, **P14 18/2**, **P14 18/3** e **P14 18/4** i principali parametri caratteristici del gruppo SP3, con valori desunti dallo SDEE (database Scambio Dati Enti Esterni): potenza [MW], portata OCD [t/h], portata carbone [t/h], portata metano [Nm<sup>3</sup>/h], NO<sub>x</sub> [mg/Nm<sup>3</sup>], SO<sub>2</sub> [mg/Nm<sup>3</sup>], CO [mg/Nm<sup>3</sup>] e polveri [mg/Nm<sup>3</sup>].

Il Gestore ha anticipato per il gruppo SP3 l'applicazione dei valori limiti di emissione prescritti dal quarto anno di validità dell'AIA già a partire dal 1° Gennaio 2016 in adeguamento alla Direttiva Europea 2010/75/UE "IED" recepita in Italia con il D.Lgs. 4 marzo 2014 n.46, rispettando di fatto i valori limite più restrittivi di quelli previsti dalla IED.

Pertanto i limiti di legge **giornalieri**, vigenti dal 01/01/2016, per le emissioni dei macroinquinanti per il gruppo SP3 indicati nella tabella riportata al par. 10.3.1 del PIC dell'A.I.A. n. 244 del 06/09/2013 sono i seguenti:

- SO<sub>2</sub>: 180 mg/Nm<sup>3</sup>
- NO<sub>x</sub>: 180 mg/Nm<sup>3</sup>
- CO: 150 mg/Nm<sup>3</sup>
- Polveri: 15 mg/Nm<sup>3</sup>

Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P14 18/1** (18/01-22/02) si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 442 MW ed ha avuto un transitorio di arresto il 19/01 e uno di avviamento il 07/02 riportati in Tabella 13 -

Transitori	
dalle	alle
19/01/2018 - 00:00	07/02/2018 - 15:00

Tabella 13 - Transitori campagna P14 18/1.

Per il transitorio di avviamento sono stati utilizzati gas naturale, gasolio e carbone sino al raggiungimento del minimo tecnico (280 MW) e quindi esclusivamente carbone.

L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P14 18/1**, escludendo i valori registrati durante il periodo di fermata, sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro NO<sub>x</sub> è 125 mg/Nm<sup>3</sup>, del parametro SO<sub>2</sub> è 127 mg/Nm<sup>3</sup>, del parametro polveri è 9 mg/Nm<sup>3</sup> e del parametro CO è 43 mg/Nm<sup>3</sup>.

Di seguito sono riportati gli andamenti giornalieri dei parametri caratteristici monitorati.

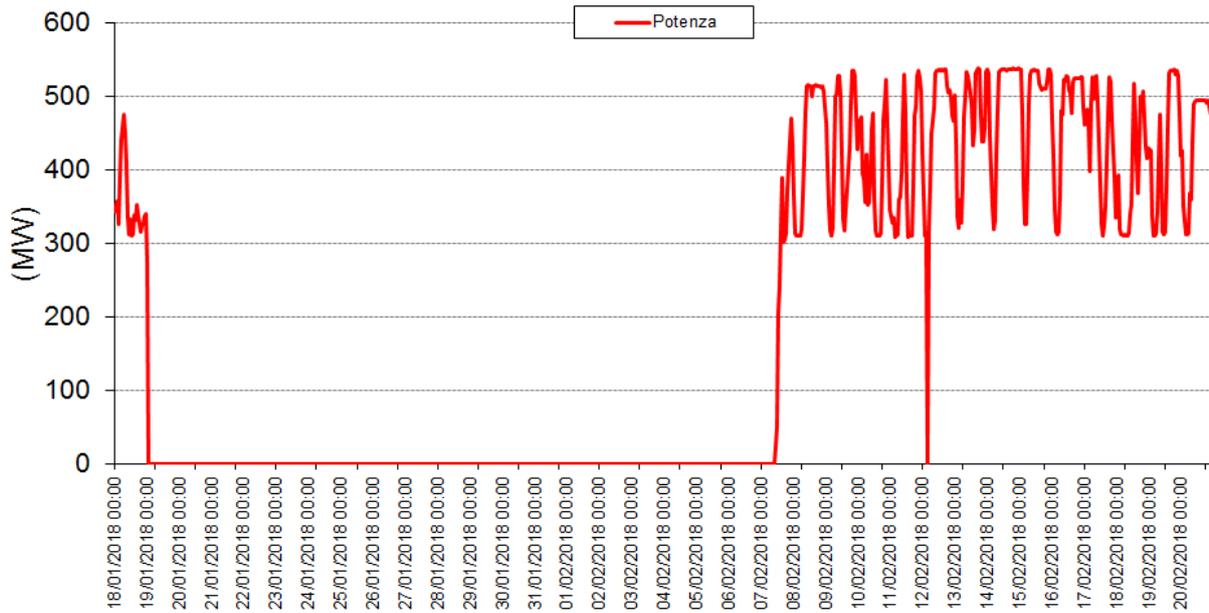


Figura 29 - Potenza generata dalla CTE durante la campagna P14 18/1.

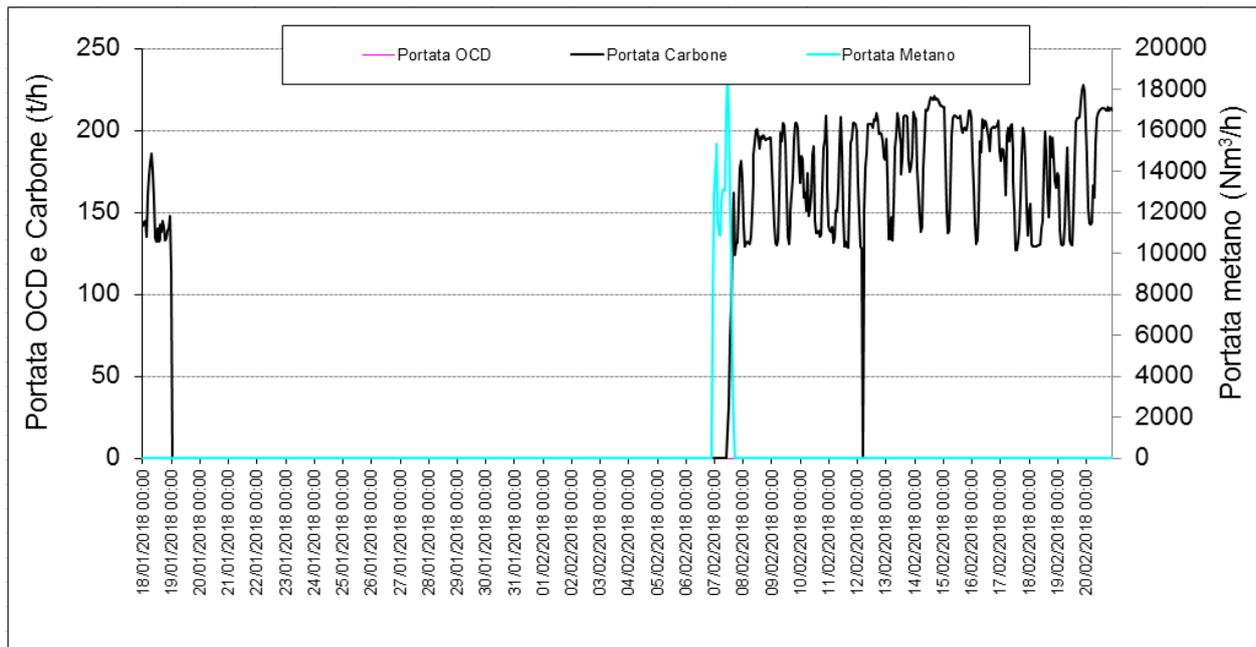


Figura 30 - Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P14 18/1.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

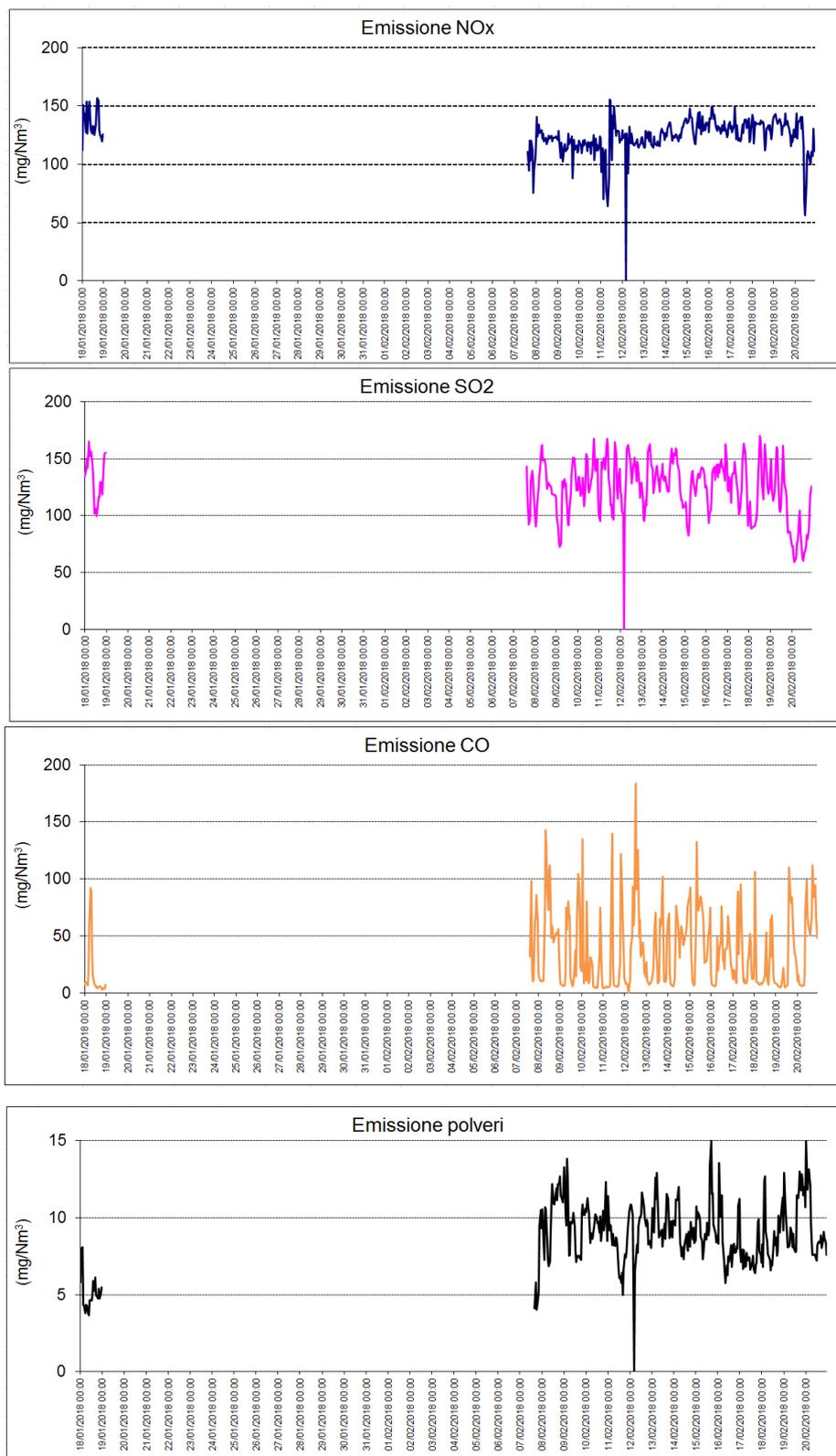


Figura 31 - Emissione di inquinanti dalla CTE nella campagna P14 18/1.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM  
BS OHSAS 18001

Durante la campagna **P14 18/2** (30/03-27/04) il gruppo SP3 non ha mai funzionato di fatto rappresentando così un bianco di campagna. L'andamento dei parametri caratteristici e dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P14 18/2** dunque non è stato riportato.

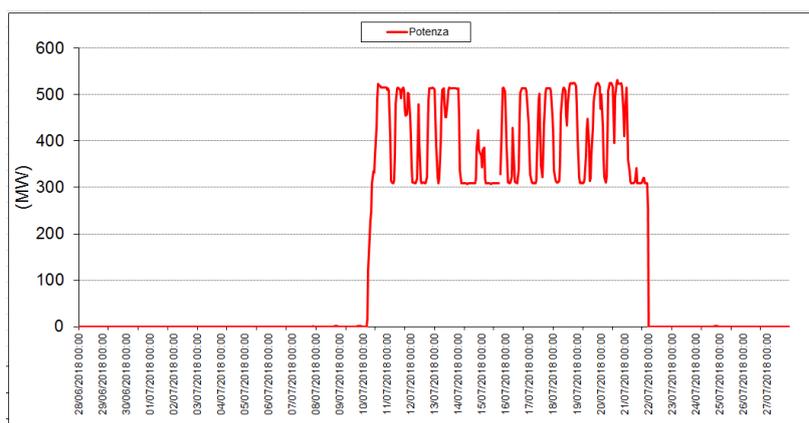
Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P14 18/3** (28/06-01/08), si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 423 MW e ha avuto dall'inizio della campagna un arresto con un transitorio di avviamento il giorno 10/07 uno di arresto il giorno 22/07 e uno di avviamento il 30/07 riportati in Tabella 14:

Transitori	
dalle	alle
23/06/2018 – 02:00	10/07/2018 – 08:00
22/07/2018 – 00:00	30/07/2018 – 08:00

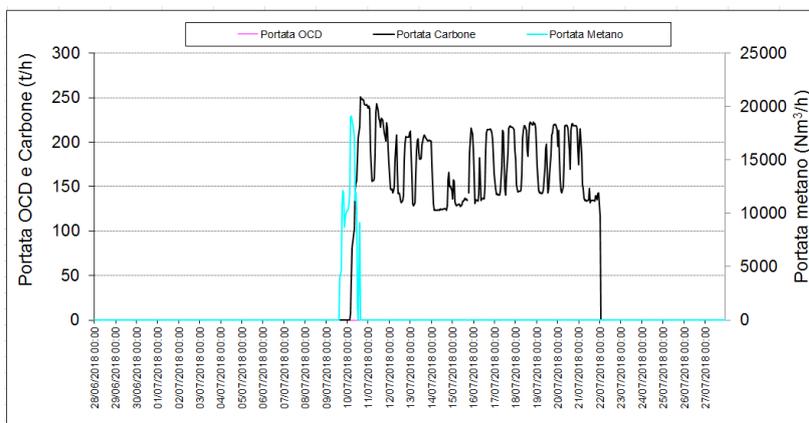
**Tabella 14– Periodi transitori nella campagna P14 18/3.**

L'andamento dei macroinquinanti monitorati nella campagna **P14 18/3** sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro  $\text{NO}_x$  è  $132 \text{ mg/Nm}^3$ , del parametro  $\text{SO}_2$  è  $130 \text{ mg/Nm}^3$ , del parametro polveri è  $2 \text{ mg/Nm}^3$  e del parametro CO è  $44 \text{ mg/Nm}^3$ .

Si riportano di seguito gli andamenti dei parametri caratteristici monitorati:



**Figura 32- Potenza generata dalla CTE durante la campagna P14 18/3.**



**Figura 33- Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P14 18/3.**

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

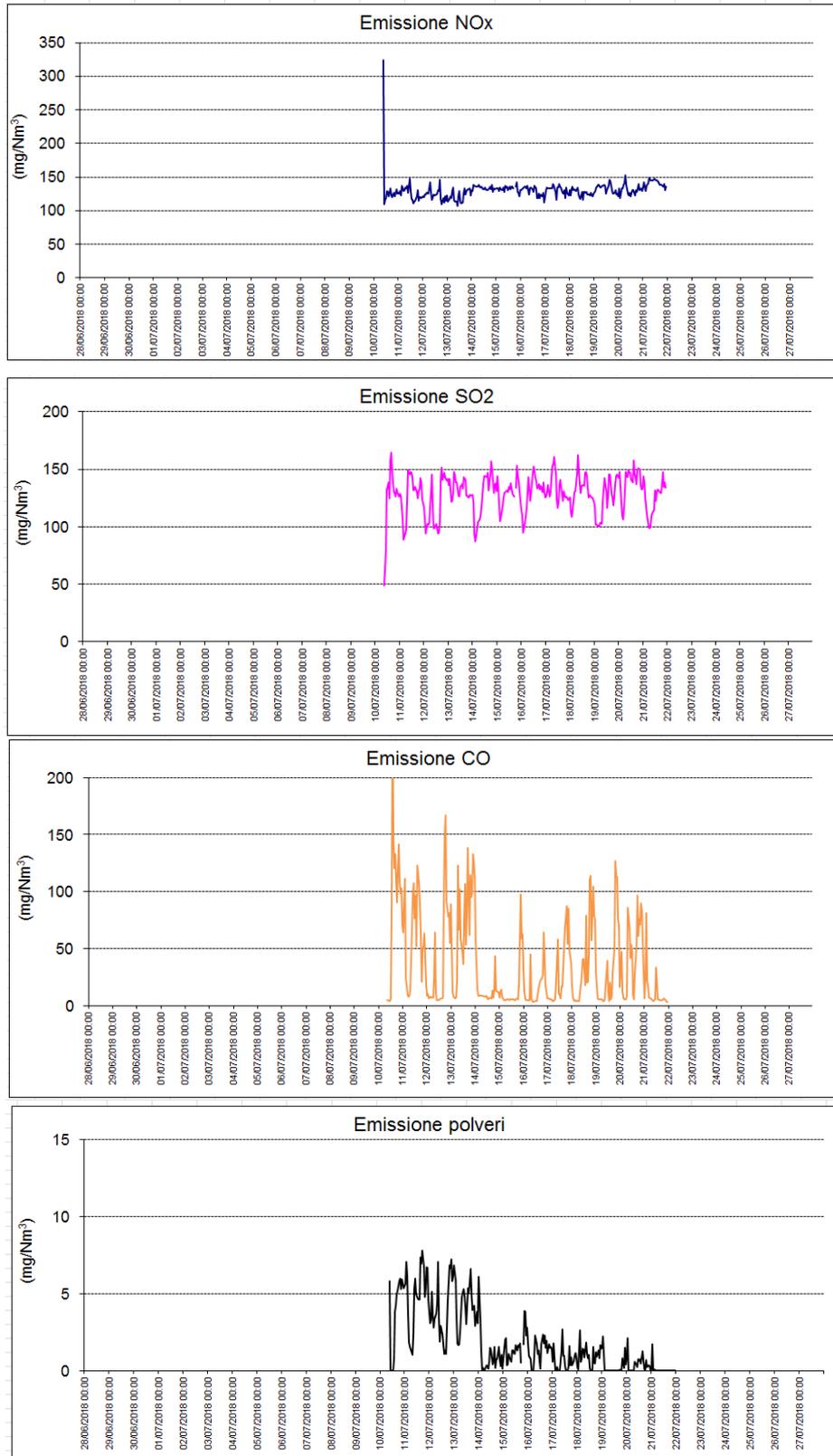


Figura 34- Emissione di inquinanti dalla CTE nella campagna P14 18/3.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Dall'analisi dei dati relativi alla campagna **P14 18/4** (11/10-06/11), si evince che il gruppo SP3 ha erogato una potenza elettrica media di circa 387 MW ed ha avuto due transitori di fermo il 12/10 e il 24/10 e due transitori di avviamento il 22/10 e il 02/11 riportati in Tabella 15:

Transitori	
dalle	alle
12/10/2018 – 15:00	22/10/2018 – 23:00
24/10/2018 – 17:00	02/11/2018 – 09:00

Tabella 15– Periodi transitori nella campagna P14 18/4.

L'andamento dei macroinquinanti nella campagna **P14 18/4** sono corrispondenti all'andamento della potenza del gruppo SP3: il valore medio del parametro  $\text{NO}_x$  è 139  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ , del parametro  $\text{SO}_2$  è 138  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ , del parametro polveri è 4  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  e del parametro CO è 29  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ .

Si riportano di seguito gli andamenti dei parametri caratteristici monitorati:

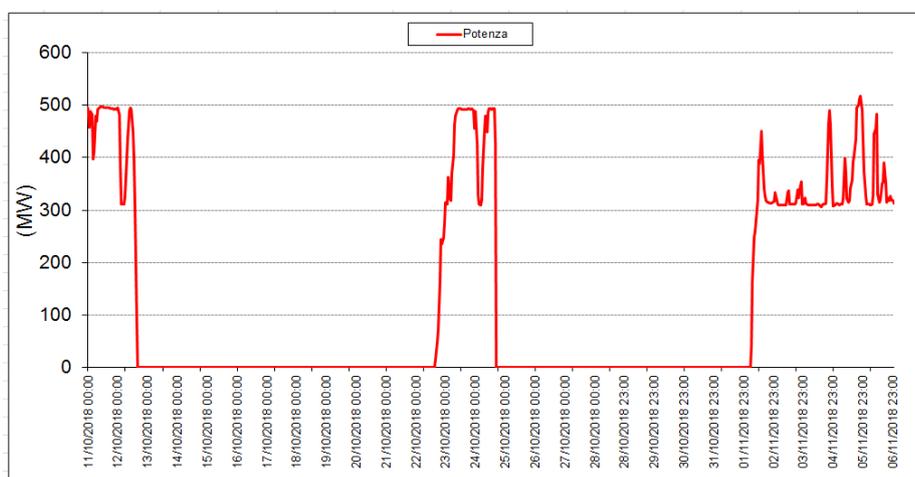


Figura 35- Potenza generata dalla CTE durante la campagna P14 18/4.

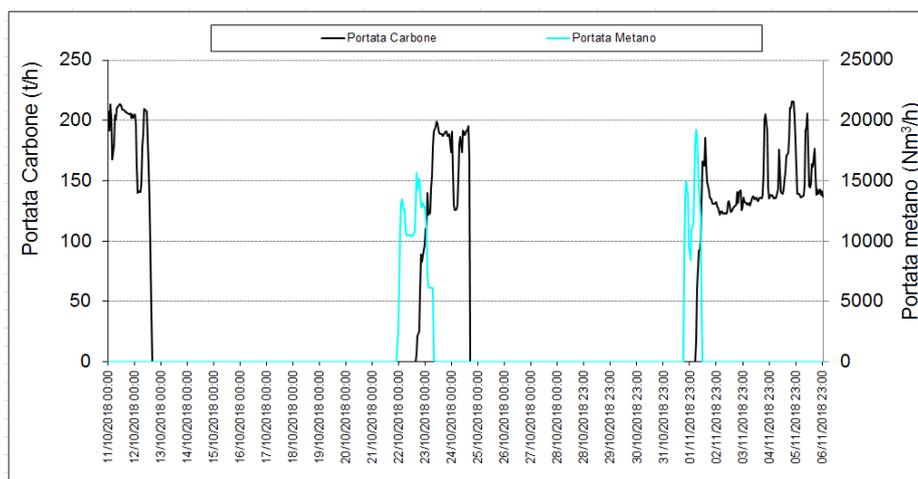


Figura 36- Combustibili utilizzati dalla CTE durante la campagna P14 18/4.

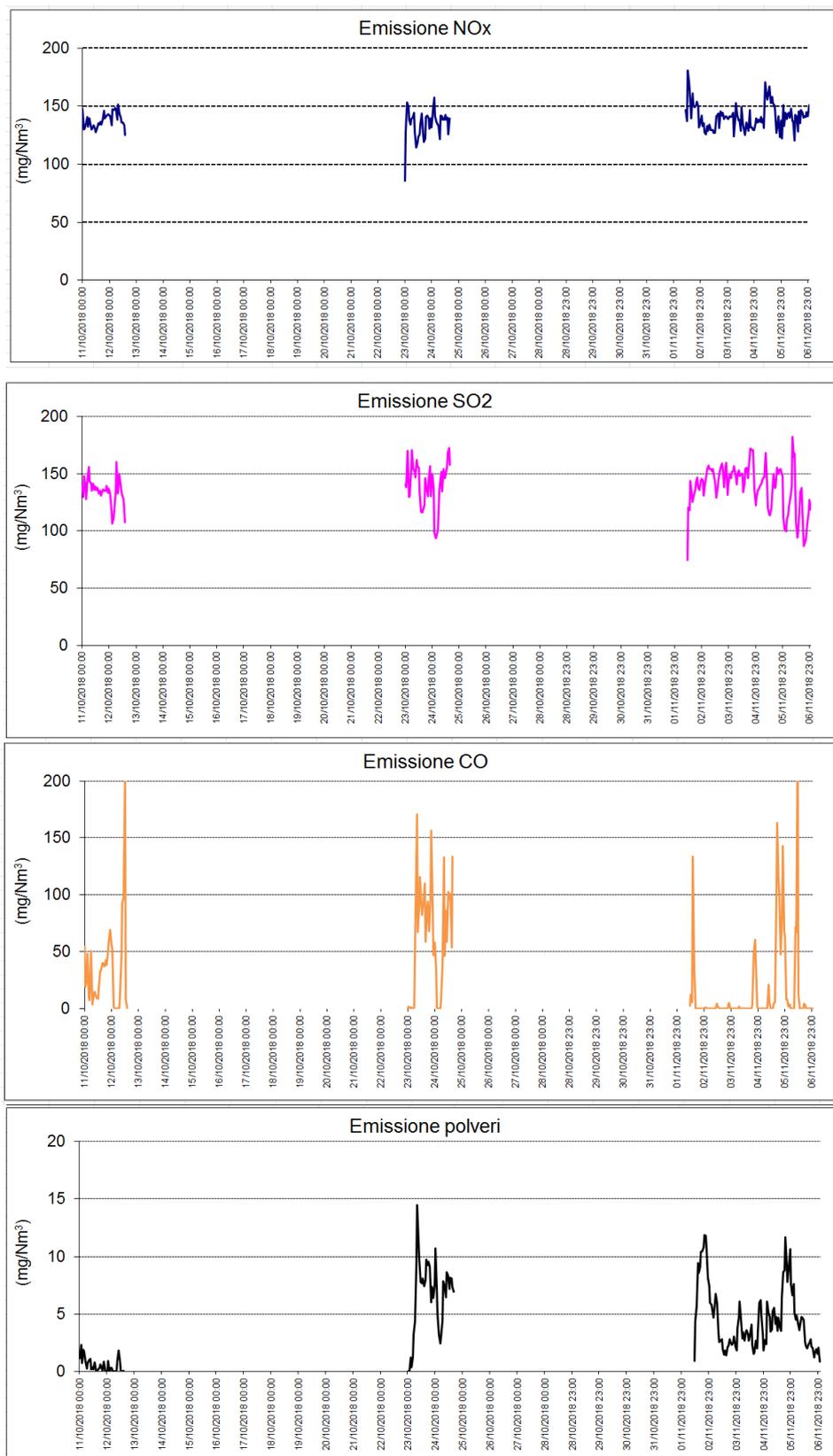


Figura 37- Emissione di inquinanti dalla CTE nella campagna P14 18/4.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM  
BS OHSAS 18001

Tenendo in considerazione i periodi di fermo impianto verificatosi, si è ritenuto opportuno procedere a richiedere alla ENEL Produzione S.p.A. il valore delle massiche dei macroinquinanti emessi durante le campagne di monitoraggio: è infatti possibile che, se il gruppo SP3 non avesse subito un fermo impianto, avrebbe emesso un differente quantitativo di massiche di polvere.

	Ore	CO [t]	SO <sub>2</sub> [t]	NOx [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	392	27,49	73,85	71,59	5,05
Massiche in transitorio	-	0,19	0,22	0,40	0,03
Totale periodo	-	27,68	74,07	71,99	5,08

**Tabella 16 - Valori massici durante la campagna P14 18/1.**

	Ore	CO [t]	SO <sub>2</sub> [t]	NOx [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	-	-	-	-	-
Massiche in transitorio	-	-	-	-	-
Totale periodo	-	-	-	-	-

**Tabella 17 - Valori massici durante la campagna P14 18/2.**

	Ore	CO [t]	SO <sub>2</sub> [t]	NOx [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	344	22,33	64,11	64,05	1,03
Massiche in transitorio	-	0,56	0,58	4,53	0,01
Totale periodo	-	22,89	64,69	68,58	1,04

**Tabella 18- Valori massici durante la campagna P14 18/3.**

	Ore	CO [t]	SO <sub>2</sub> [t]	NOx [t]	Polvere [t]
Massiche normale funzionamento	189	8,65	34,44	33,62	1,08
Massiche in transitorio	-	0,53	0,98	3,05	0,05
Totale periodo	-	9,18	35,42	36,74	1,13

**Tabella 19 - Valori massici durante la campagna P14 18/4.**

I valori forniti sono stati confrontati con la stima delle massiche che si sarebbero avute se l'impianto avesse funzionato sempre a regime, assumendo cautelativamente per il calcolo il valore medio delle polveri registrato durante le singole campagne e la rispettiva portata media teorica secondo AIA del gruppo SP3.

Ne risulta che a seguito dei periodi di fermo impianto, il decremento rispetto alle massiche teoriche per un funzionamento senza interruzioni è risultato essere circa del

68%, 100%, 69% e del 80% per la campagna **P14 18/1**, **P14 18/2**, **P14 18/3** e **P14 18/4** rispettivamente.

Si è voluto allora valutare se l'operatività della centrale nel corso delle campagne fosse in linea con l'operatività tipica di un periodo di riferimento più esteso (anno 2018). Come evidenziato nella tabella che segue, l'impianto nel corso dell'anno 2018 ha subito diversi periodi di fermata quantificabili in circa il 46% del periodo di riferimento (167 giorni di non funzionamento e 198 giorni di funzionamento); tali periodi di fermata, come dichiarato da ENEL, nella maggior parte dei casi non sono direttamente connessi alla volontà di ENEL Produzione, ma regolamentati dal gestore del sistema elettrico nazionale.

Data inizio	Data fine
01/01/2018 00:00	09/01/2018 16:00
09/01/2018 16:00	18/01/2018 23:00
07/02/2018 14:00	06/03/2018 20:00
10/03/2018 08:00	12/03/2018 00:00
12/03/2018 09:00	23/03/2018 00:58
26/03/2018 15:58	29/03/2018 06:00
22/05/2018 00:00	25/05/2018 23:00
18/06/2018 00:00	23/06/2018 02:00
10/07/2018 08:00	21/07/2018 22:00
30/07/2018 08:00	12/10/2018 12:00
22/10/2018 23:00	24/10/2018 15:00
02/11/2018 09:00	22/12/2018 00:00
31/12/2018 23:00	31/12/2018 23:00

**Tabella 20 – Periodo di esercizio del gruppo SP3 nell'anno 2018.**

Pertanto ne deriva che il gruppo SP3 durante la campagna **P14 18/1** ha registrato un periodo di esercizio (con potenza maggiore di 280 MW) inferiore di circa il 7% rispetto a quella di tutto l'anno 2018, durante la campagna **P14 18/2** inferiore del 54% perché mai in funzione, durante la campagna **P14 18/3** inferiore di circa il 12%, mentre durante la campagna **P14 18/4** inferiore di circa il 24%.

Il Gestore ha inoltre fornito il rapporto annuale relativo all'anno 2018 dal quale si evince che il gruppo SP3 ha emesso un quantitativo di massiche di polveri pari a 20,4 t relative ai 198 giorni di funzionamento.

Dall'elaborazione di tale parametro per ogni campagna di campionamento (vedi Tabella 16 ÷ Tabella 19), le massiche di polvere, rispetto a quelle mediamente emesse dal gruppo SP3 durante l'anno 2018, sono risultate:

- superiori del 201% nella **P14 18/1**;
- inferiori del 100% nella **P14 18/2**;
- inferiori del 30% nella **P14 18/3**;
- superiori del 39% nella **P14 18/4**.

## 5. Risultati della caratterizzazione delle deposizioni

Come introdotto in precedenza, le campagne di monitoraggio del 2018 sono state effettuate in quattro periodi stagionali: invernale, primaverile, estivo e autunnale ciascuno della durata di circa un mese in linea con quanto previsto per le misurazioni indicative delle deposizioni totali dal D.Lgs 155/2010, Allegato 1-Tabella 2 in modo che i valori medi dei vari parametri determinati analiticamente risultino rappresentativi dell'intero anno solare.

Di seguito sono riportate le date di inizio e fine delle campagne del 2018, la loro durata in giorni e la percentuale di giorni di funzionamento della centrale ENEL rispetto alla durata di ciascuna campagna:

<b>Campagna</b>	<b>Data inizio</b>	<b>Data fine</b>	<b>Durata</b>	<b>Funzionamento Centrale %</b>	<b>Funzionamento Centrale</b>
<b>P 14 18/1</b>	18/01/2018	22/02/2018	35	47	Parzialmente in funzione
<b>P 14 18/2</b>	30/03/2018	27/04/2018	29	0	Spenta
<b>P 14 18/3</b>	28/06/2018	02/08/2018	35	42	Parzialmente in funzione
<b>P 14 18/4</b>	11/10/2018	06/11/2018	26	30	Parzialmente in funzione

**Tabella 21 - Periodi di campionamento delle campagne 2018 e operatività della Centrale.**

Nel corso delle quattro campagne di monitoraggio del 2018 (si veda Tabella 21), la centrale è rimasta quindi parzialmente operativa durante il periodo di svolgimento della **P14 18/1** con un arresto dal 19/01 al 07/02 rimanendo in funzione per il 47% del tempo. Durante lo svolgimento della campagna **P14 18/2**, la centrale è rimasta sempre ferma (v. cap.4) e tale campagna costituisce di fatto un bianco, ovvero può rappresentare l'assenza di pressioni ambientali dovute alle emissioni dalla centrale.

Nella campagna estiva **P14 18/3** la centrale ha subito due arresti: dal 23/06 al 10/07 e dal 22 al 30/07, rimanendo in funzione per il 42% del tempo complessivo della campagna. Anche nella campagna invernale **P14 18/4** si sono avuti due periodi di arresto della centrale: dal 12 al 22/10 e dal 24/10 al 02/11, rimanendo in funzione per il 30% del tempo complessivo della campagna.

Il monitoraggio delle deposizioni è stato condotto nelle postazioni già utilizzate nel 2014-2017, ovvero: Bolano, Follo, Arcola, Le Grazie, Chiappa, Maggiolina, Saint Bon e Fossamastra. Dal 2016 a queste si è aggiunta Melara, sito dove il modello diffusionale (si veda Prescrizione AIA nr. 14 e report relativi [CESI, 2014]) prevede la massima ricaduta delle emissioni della Centrale.

Per quanto riguarda il sito di Fossamastra, dopo la sperimentazione del 2016, il deposimetro di riferimento per la postazione è quello posizionato a circa 2 m da terra, in prossimità della sede stradale. Nelle successive tabelle e figure, la postazione "Fossamastra" indica quindi il deposimetro collocato presso la sede stradale e non compare più la distinzione "Alto" e "Basso" dei precedenti rapporti. Nel 2018 è stato comunque ancora mantenuto per alcune campagne il deposimetro posizionato a circa 6 m da terra sul tetto di un edificio di servizio del nastro trasportatore ENEL, per

raccogliere ulteriori dati di confronto tra i due deposimetri e corroborare le attualizzazioni dei dati pregressi al fine di raccordare i dati pluriennali.

Per quanto riguarda il sito di Arcola, dopo la sperimentazione del 2017, il deposimetro di riferimento per la postazione è quello posizionato all'interno della Scuola, in un sito rappresentativo di area vasta e non più come quello utilizzato negli anni precedenti che ha evidenziato limiti legati a inquinamenti estremamente locali già discussi (si veda il report trasmesso con nota prot Arpal 37531 del 20/12/2018).

### 5.1 Ratei di deposizione delle polveri e entità precipitazioni

La tabella seguente riassume i ratei di deposizione delle polveri sedimentabili insolubili in acqua, espresse in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$  determinate nei deposimetri inorganici e la precipitazione raccolta espressa in mm.

Postazione	Sigla	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Rateo deposizione [ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	Precipitazione raccolta [mm]
<b>Campagna P14 18/1 (Centrale in funzione)</b>						
Bolano	BL	18/01/2018	22/02/2018	35	8	133
Follo	FL	18/01/2018	22/02/2018	35	9	170
Arcola	AR	18/01/2018	22/02/2018	35	10	91
Le Grazie	LG	18/01/2018	22/02/2018	35	10	116
Chiappa	CH	18/01/2018	22/02/2018	35	11	148
Maggiolina	MG	18/01/2018	22/02/2018	35	14	140
Saint Bon	SB	18/01/2018	22/02/2018	35	26	128
Melara	ME	18/01/2018	22/02/2018	35	10	109
Fossamastra	FS	18/01/2018	22/02/2018	35	109	133
<b>Campagna P14 18/2 (Centrale ferma)</b>						
Bolano	BL	29/03/2018	26/04/2018	28	84	233
Follo	FL	29/03/2018	26/04/2018	28	109	202
Arcola	AR	29/03/2018	26/04/2018	28	58	162
Le Grazie	LG	29/03/2018	26/04/2018	28	73	110
Chiappa	CH	29/03/2018	26/04/2018	28	87	140
Maggiolina	MG	29/03/2018	26/04/2018	28	104	149
Saint Bon	SB	29/03/2018	26/04/2018	28	104	118
Melara	ME	29/03/2018	26/04/2018	28	97	131
Fossamastra	FS	29/03/2018	26/04/2018	28	158	117
<b>Campagna P14 18/3 (Centrale in funzione)</b>						
Bolano	BL	28/06/2018	02/08/2018	35	145	76
Follo	FL	28/06/2018	02/08/2018	35	30	6
Arcola	AR	28/06/2018	02/08/2018	35	36	6
Le Grazie	LG	28/06/2018	02/08/2018	35	35	5
Chiappa	CH	28/06/2018	02/08/2018	35	76	6
Maggiolina	MG	28/06/2018	02/08/2018	35	71	6
Saint Bon	SB	28/06/2018	02/08/2018	35	64	10
Melara	ME	28/06/2018	02/08/2018	35	22	6
Fossamastra	FS	28/06/2018	02/08/2018	35	139	7
<b>Campagna P14 18/4 (Centrale in funzione)</b>						
Bolano	BL	11/10/2018	06/11/2018	26	284	279
Follo	FL	11/10/2018	06/11/2018	26	373	342
Arcola	AR	11/10/2018	06/11/2018	26	316	205
Le Grazie	LG	11/10/2018	06/11/2018	26	322	227
Chiappa	CH	11/10/2018	06/11/2018	26	464	306
Maggiolina	MG	11/10/2018	06/11/2018	26	430	227
Saint Bon	SB	11/10/2018	06/11/2018	26	441	263
Melara	ME	11/10/2018	06/11/2018	26	349	264
Fossamastra	FS	11/10/2018	06/11/2018	26	498	253

**Tabella 22 – Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili e entità precipitazioni.**

I ratei di deposizione delle polveri insolubili misurati nelle quattro campagne di monitoraggio sono riportati nella figura seguente. E' stato incluso anche il valore della precipitazione cumulata (misurato in mm) con asse secondario invertito:

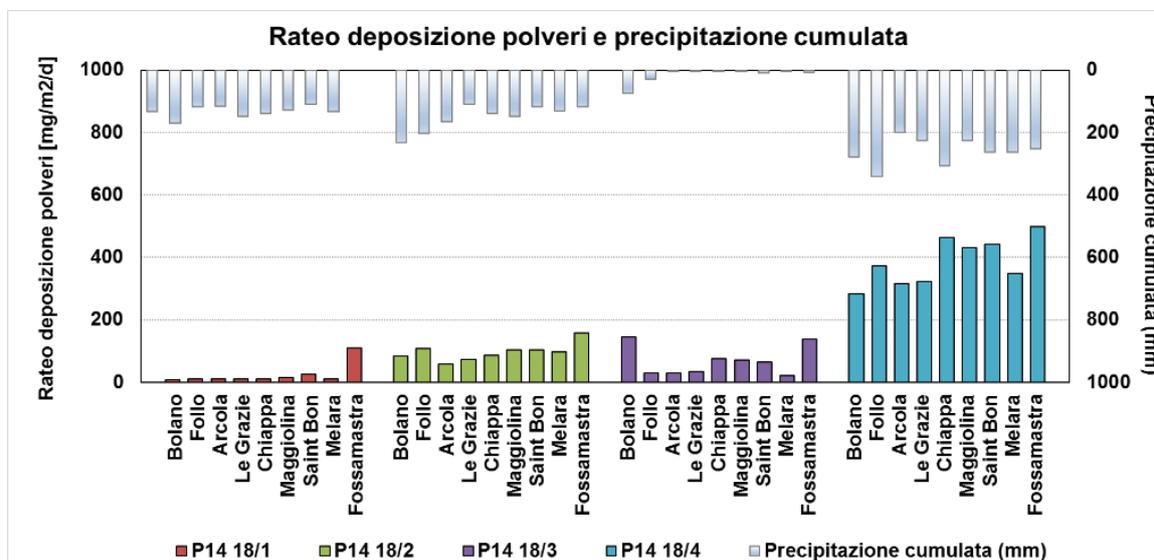


Figura 38 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili e precipitazione cumulata in mm.

La Figura 38 mostra che i valori più elevati nei ratei di deposizione sono stati osservati presso la postazione di Fossamastra in tutte le campagne, fatta eccezione per la campagna **P14 18/3** per cui il valore massimo è stato rilevato nella stazione di Bolano, a causa di un incendio anche di materiali di scarto, avvenuto il 17/7, in un contesto, tuttavia, di ratei di deposizione molto bassi nelle altre postazioni. Si rileva inoltre che i ratei di deposizione misurati presso la postazione di Fossamastra, influenzata da intenso traffico veicolare anche da mezzi pesanti e dalle attività di movimentazione container, sono significativamente più elevati. Nelle campagne **P14 18/2** e **P14 18/4** i ratei appaiono più omogenei per i contributi dati dagli eventi di polvere sahariana depositatesi sull'intero comprensorio.

A Melara, dove il modello diffusionale prevede la massima ricaduta delle emissioni della Centrale, le deposizioni sono risultate quantitativamente in linea con la media delle deposizioni misurate nelle altre postazioni nelle quattro campagne di misura, con valori tipicamente confrontabili o di poco inferiori a quelli rilevati nelle postazioni di fondo suburbano (Chiappa) e fondo urbano (Maggiolina) ovvero con le aree meno soggette a pressione antropica.

### 5.1.1 Valutazione della entità della polverosità depositata nel 2018

I valori della entità delle deposizioni di polveri riscontrati nell'area in esame nelle prime tre campagne del 2018 non sono molto differenti da quelle delle campagne precedenti, a parità di condizioni climatiche del periodo di monitoraggio, e sono rimasti compresi complessivamente tra 8 e 158 mg/m<sup>2</sup>/d. Più in dettaglio:

- campagna **P14 18/1** (invernale): deposizioni comprese tra 8 e 109 mg/m<sup>2</sup>/d;
- campagna **P14 18/2** (primaverile): deposizioni comprese tra 58 e 158 mg/m<sup>2</sup>/d;
- campagna **P14 18/3** (estiva): deposizioni comprese tra 22 e 145 mg/m<sup>2</sup>/d.

Un discorso a parte concerne la campagna autunnale fortemente influenzata da eventi meteo che hanno comportato una elevata deposizione di polveri comprese tra 284 e 498 mg/m<sup>2</sup>/d.

Pur considerando la la campagna **P14 18/4** del tutto anomala, se si assume un rateo medio complessivo di 144 mg/m<sup>2</sup>/d, a seconda del valore di riferimento europeo usato per il confronto (200 o 350 mg/m<sup>2</sup>/d), si può affermare che nell'area della Spezia le polveri sedimentabili sono da 1.4 a 2.4 volte inferiori rispetto ai valori guida europei, riportati di seguito.

Stato	Rateo deposizione [mg/m <sup>2</sup> /d]	Riferimento
Germania (media annua)	350	TA Luft, 2002
Austria (media annua)	210	Gesamte Rechtsvorschrift für Immissionsschutzgesetz-Luft, Fassung vom, 2013
Svizzera (media annua)	200	Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA 1986), media aritmetica annuale
Slovenia (media annua)	200	Decree on limit values, alert thresholds and critical imission values for substances into the atmosphere). (Ur. L. RS št.73/1994)
Norvegia	167	Espresso come 5 g/m <sup>2</sup> /30 giorni. Norway, 2004. Forskrift om begrensning av forurensning, FOR 2004-06-01 nr 931. (Regu-lation on limitation of pollution).
Belgio-Fiandre (media mensile)	350	VLAREM II order of the Flemish Government of 1 June 1995 concerning General and Sectoral provisions relating to Environmental Safety. Appendix 2.5.2. Environmental quality standards for particulate fallout
Regno Unito e Scozia (media mensile)	200	Environment Agency, 2013
Irlanda	< 30 in aree rurali, 80-130 aree urbane e industriali	Irish Institute for Industrial Research and Standards, 1981

**Tabella 23 - Valori di riferimento europei per la deposizione di polveri <sup>10</sup>.**

In Italia non sono stati adottati valori normativi o di riferimento per le deposizioni di polveri. Per una valutazione dei valori di deposizione misurati alla Spezia, si può fare riferimento al rapporto finale del gruppo di lavoro della Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico del Ministero dell'Ambiente che riporta la seguente classificazione dell'indice di polverosità basata sul rateo di deposizione gravimetrico:

Classe di polverosità	Polvere totale sedimentabile (mg/m <sup>2</sup> /d)	Indice di polverosità
I	<100	Praticamente assente
II	100 - 250	Bassa
III	251 - 500	Media
IV	501 - 600	Medio-alta
V	>600	Elevata

**Tabella 24 - Classi di Polverosità in funzione del rateo di deposizione <sup>10</sup>.**

Il rateo medio misurato alla Spezia nelle prime tre campagne del 2018 (98 mg/m<sup>2</sup>/d), sebbene si riferisca a pochi mesi, è indicativo di una polverosità "praticamente assente". Nella campagna autunnale l'indice di polverosità ricade nell'intervallo di media polverosità, a causa degli eventi naturali estremi.

Nel 2018 a causa degli eventi meteo del tutto eccezioni ed estemporanei (sahariane, incendio di Bolano, etc..) le differenze tra postazioni urbane ed extraurbane è meno evidente rispetto agli anni precedenti.

<sup>10</sup> Si veda anche G. Settimo "Evoluzione storica e normativa delle deposizioni atmosferiche e stato dell'arte nazionale", Seminario Deposizioni atmosferiche, Brescia, 2014. Consultabile al sito: [http://ita.arpalombardia.it/ITA/area\\_download/index](http://ita.arpalombardia.it/ITA/area_download/index)

## 5.2 Metalli nelle deposizioni di polveri

### 5.2.1 Ratei di deposizione dei metalli

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione dei metalli determinati in accordo con quanto previsto dalla prescrizione 14. I ratei di deposizione sono espressi tutti in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ :

Postazione	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano	P14 18/1	<0,01	<0,008	0,010	<0,01	0,71	<0,01	0,98	0,66	2,38	0,80
Bolano	P14 18/2	0,51	0,029	<0,010	<0,01	4,45	2,65	5,17	4,18	61,92	5,41
Bolano	P14 18/3	0,32	0,020	<0,008	<0,01	4,90	1,65	2,58	6,58	54,34	4,41
Bolano	P14 18/4	2,08	0,041	<0,011	<0,01	20,53	10,96	8,59	11,38	90,21	23,07
Follo	P14 18/1	0,02	<0,008	0,015	<0,01	5,58	0,08	1,97	3,18	2,93	0,98
Follo	P14 18/2	0,64	0,024	<0,010	<0,01	5,76	4,01	2,85	5,31	59,97	5,78
Follo	P14 18/3	0,20	0,013	<0,008	<0,01	5,36	2,73	1,42	4,15	27,91	2,90
Follo	P14 18/4	3,32	0,129	0,018	<0,01	36,28	17,02	11,62	17,41	226,07	34,11
Arcola	P14 18/1	0,05	<0,008	<0,008	<0,01	2,58	0,28	1,18	1,98	5,14	1,00
Arcola	P14 18/2	0,39	0,023	<0,010	<0,01	3,06	1,48	2,09	3,85	40,82	3,92
Arcola	P14 18/3	0,13	0,017	<0,008	<0,01	2,20	1,41	1,35	4,84	18,43	1,80
Arcola	P14 18/4	2,60	0,084	<0,011	<0,01	26,53	14,46	9,29	18,44	184,69	27,33
Le Grazie	P14 18/1	0,05	0,011	<0,008	<0,01	1,10	<0,01	1,57	2,33	2,53	1,00
Le Grazie	P14 18/2	0,48	0,016	<0,010	<0,01	4,02	2,69	2,44	6,88	44,10	4,84
Le Grazie	P14 18/3	0,17	0,013	<0,008	<0,01	2,27	1,42	1,56	3,75	17,06	2,20
Le Grazie	P14 18/4	2,75	0,087	<0,011	<0,01	26,77	16,35	13,05	18,74	182,41	28,97
Chiappa	P14 18/1	<0,01	<0,008	<0,008	<0,01	2,37	0,20	6,68	2,66	3,87	1,32
Chiappa	P14 18/2	0,55	0,026	<0,010	<0,01	4,84	2,88	3,29	11,97	50,83	5,18
Chiappa	P14 18/3	0,17	0,025	<0,008	<0,01	2,41	2,38	4,51	5,48	19,99	2,07
Chiappa	P14 18/4	3,85	0,109	<0,011	<0,01	36,63	21,80	14,20	34,26	254,10	39,30
Maggiolina	P14 18/1	0,04	<0,008	<0,008	<0,01	3,81	0,83	5,60	2,97	7,11	2,23
Maggiolina	P14 18/2	0,53	0,023	<0,010	<0,01	5,48	3,76	2,46	7,91	73,29	5,43
Maggiolina	P14 18/3	0,20	0,021	<0,008	<0,01	3,57	2,05	2,24	7,77	25,06	2,96
Maggiolina	P14 18/4	2,95	0,091	<0,011	<0,01	29,79	13,24	10,20	17,94	179,81	30,31
Saint Bon	P14 18/1	0,12	0,018	<0,008	<0,01	5,97	2,52	3,72	6,71	9,96	2,50
Saint Bon	P14 18/2	0,62	0,023	<0,010	<0,01	8,81	4,85	4,46	22,50	98,62	5,73
Saint Bon	P14 18/3	0,31	0,032	<0,008	<0,01	11,71	5,93	5,77	60,68	54,38	3,93
Saint Bon	P14 18/4	3,60	0,096	<0,011	<0,01	48,68	19,88	18,56	66,18	308,79	37,79
Melara	P14 18/1	0,04	<0,008	<0,008	<0,01	3,87	0,02	2,12	2,78	5,10	1,35
Melara	P14 18/2	0,60	0,025	<0,010	<0,01	5,82	3,50	3,65	11,86	61,76	5,73
Melara	P14 18/3	0,15	0,012	<0,008	<0,01	3,53	1,59	9,68	7,92	16,96	1,86
Melara	P14 18/4	2,67	0,092	<0,011	<0,01	28,08	13,45	17,26	42,05	187,42	27,61
Fossamastra	P14 18/1	0,66	0,080	0,009	0,03	36,06	15,14	17,88	53,43	78,14	12,77
Fossamastra	P14 18/2	0,76	0,038	<0,010	<0,01	13,64	10,47	5,88	42,02	93,66	7,52
Fossamastra	P14 18/3	0,62	0,050	<0,008	<0,01	19,43	12,93	7,19	61,63	114,04	6,91
Fossamastra	P14 18/4	3,86	0,142	<0,011	<0,01	81,19	33,19	24,41	88,02	322,03	44,14

Tabella 25 - Ratei di deposizione in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$  di metalli nelle campagne di monitoraggio 2018.

La tabella evidenzia che le deposizioni dei metalli sono compatibili con quelle degli anni precedenti, a meno della campagna autunnale **P14 18/4**, nella quale i ratei sono superiori a causa degli eventi meteo che hanno comportato presenza e apporti di polveri sahariane e cristalli da risollevarimento. Per alcuni metalli (Cu, Pb) si evidenzia la prevalente origine antropica confermata dalla differente deposizione tra postazioni urbane ed extraurbane.

Come meglio illustrato nei paragrafi seguenti, a fronte della elevata variabilità delle deposizioni di metalli in termini quantitativi si riscontra invece una buona omogeneità in termini qualitativi, con profili di speciazione più regolari e costanti nel tempo e nel confronto fra i diversi siti.

### 5.2.1.1 Correlazione tra ratei di deposizioni di polveri e di metalli

Per alcuni metalli è emersa una significativa correlazione tra il rateo delle deposizioni di polveri sedimentabili e quello di alcuni metalli: As, Pb, Cr, Mn, Ni, V. Le figure che seguono illustrano tali correlazioni, evidenziando con quadrati in rosso i campionamenti non correlati con gli altri:

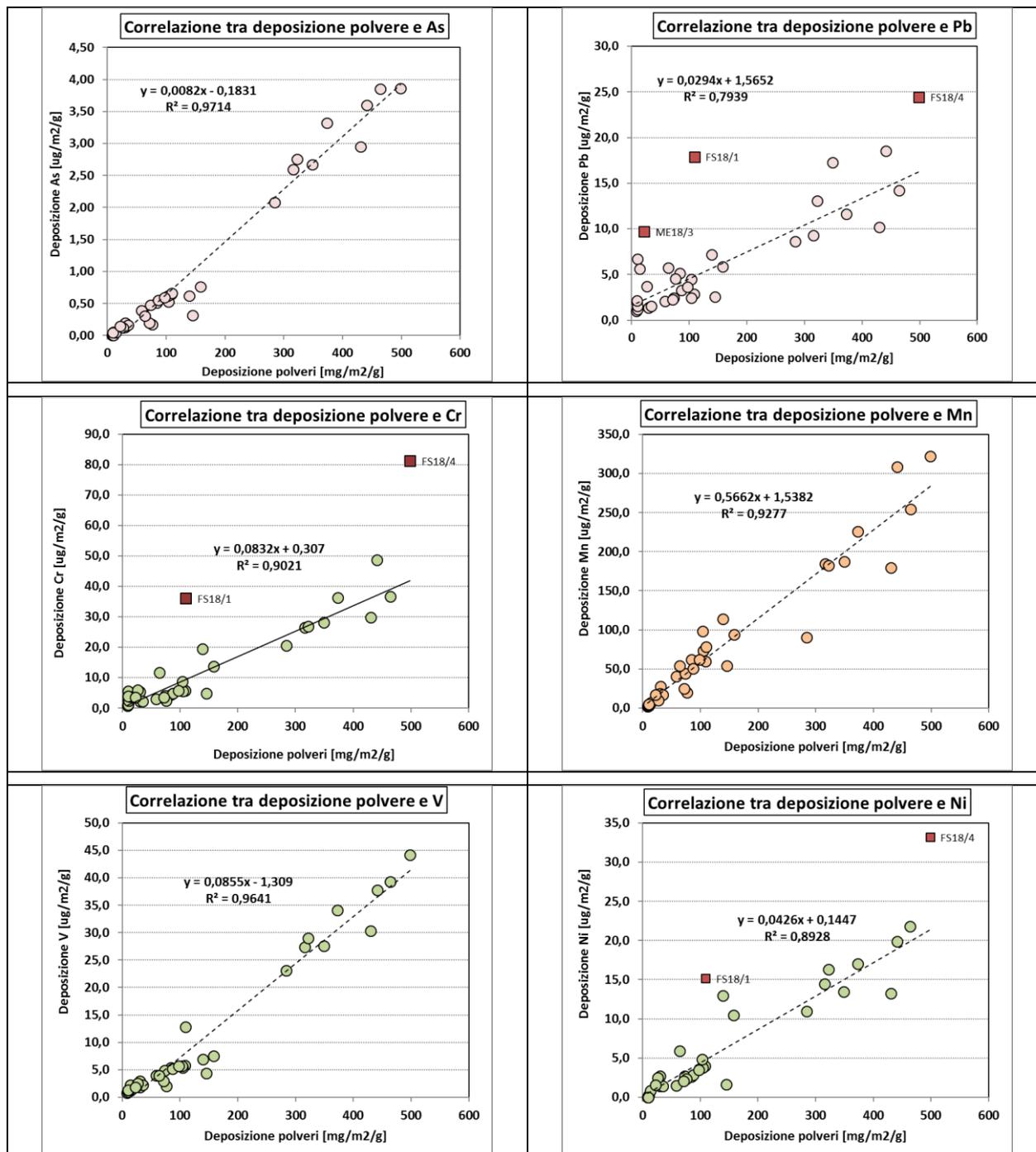


Figura 39 – Correlazioni tra deposizioni di polveri e alcuni metalli.

La buona correlazione tra alcuni metalli (As, Cr, Mn, Ni e V) e le polveri depositate, indica la presenza di una composizione caratteristica, poco variabile nel corso delle campagne e quindi riferibile ad un complesso omogeneo di sorgenti emmissive, tra cui potrebbe assumere un ruolo significativo quella di tipo crostale. Un discorso a parte va fatto per Cr, Ni e Pb, che non sono correlati in situazioni anomale: nella **P14 18/1**, per la bassissima polverosità e quindi per il traffico veicolare più evidente, e nella **P14 18/4**, per l'apporto di polveri esterne con caratteristiche non locali. Per il Cu non sono state individuate correlazioni significative con le polveri.

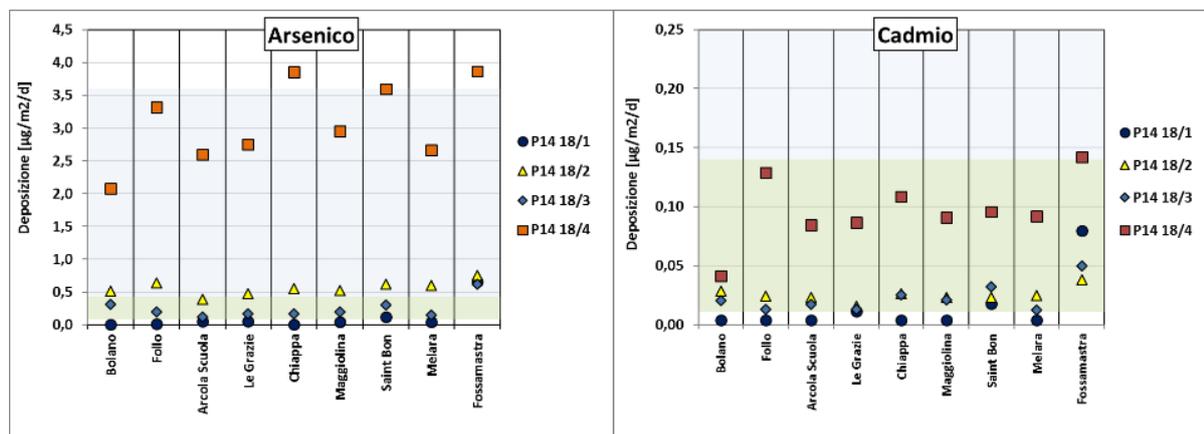
### 5.2.1.1 Confronto delle deposizioni di metalli del 2018 con valori di riferimento

Premesso che, in linea generale, le deposizioni di metalli sono state relativamente modeste, i valori misurati per As, Cd, e Ni per la città della Spezia ricadono tipicamente all'interno degli intervalli rilevati in differenti aree (rurali, urbane e industriali) di nazioni europee. Si riportano tali intervalli nella tabella seguente, tratta dal documento "European Commission, 2001, Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds, Position paper":

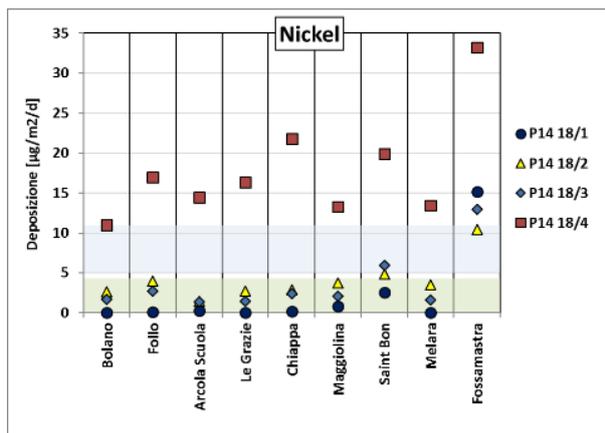
Metallo	Aree rurali	Aree urbane	Aree industriali
As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.082 – 0.43	0.22 – 3.4	2 – 4.3
Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.011 – 0.14	0.16 – 0.90	0.12 – 4.6
Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]	0.03 – 4.3	5 - 11	2.3 – 22

Tabella 26 - Ratei di deposizioni di As, Cd e Ni in aree europee omogenee per tipologia.

Nelle figure seguenti si riportano i ratei di deposizione di As, Cd, e Ni rilevati nelle quattro campagne<sup>11</sup>, dove si indica con la banda in verde chiaro l'intervallo di deposizione delle aree rurali e con quella in azzurro chiaro, l'intervallo di deposizione per le aree urbane.



<sup>11</sup> Come sopra riportato, i valori di deposizioni inferiori al limite di rilevabilità (LdR) sono stati sostituiti da metà del LdR



Legenda :

- Fascia verde chiaro: intervallo di deposizioni riscontrate in aree rurali europee.
- Fascia azzurro chiaro: intervallo di deposizioni riscontrate in aree urbane europee.

Figura 40 – Ratei di deposizione di As, Cd e Ni alla Spezia, confrontati con gli intervalli riscontrabili in aree rurali ed urbane europee.

I ratei di deposizione riscontrati per la città della Spezia, fatta eccezione per la campagna autunnale, nella maggior parte dei casi sono inferiori o ricadono entro l'intervallo associato alle aree rurali e, in pochi casi, in quello associato alle aree urbane (vedi Tabella 26).

Nella campagna autunnale i ratei di deposizione di As ricadono nell'intervallo associabile alle aree urbane e in alcuni casi in quello associabile alle aree industriali, mentre i ratei di deposizione di Ni ricadono nell'intervallo associabile alle aree industriali. I ratei di deposizione di Cd, invece, ricadono entro l'intervallo associabile alle aree rurali ma risultano di almeno un ordine di grandezza superiori a quelle riscontrate nelle altre campagne.

### 5.2.1.2 Concentrazioni di metalli nelle polveri depositate

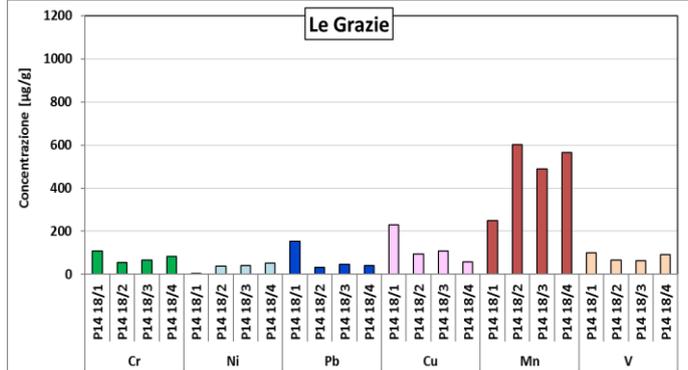
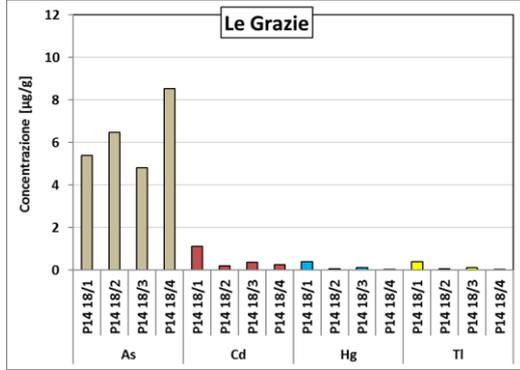
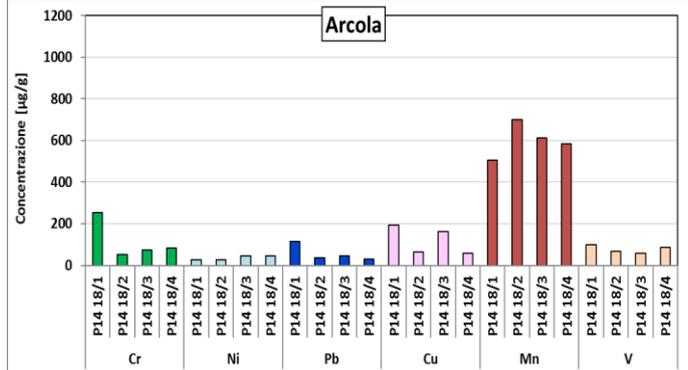
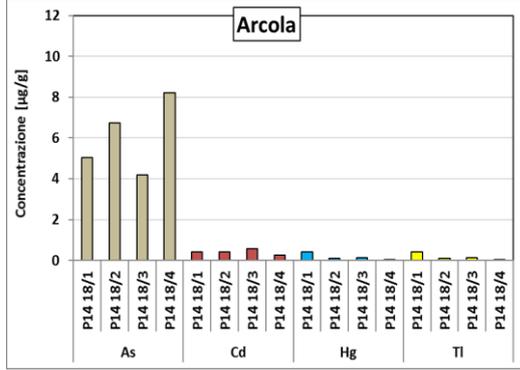
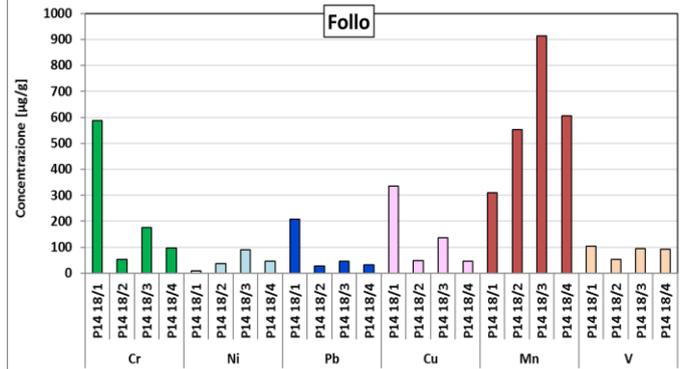
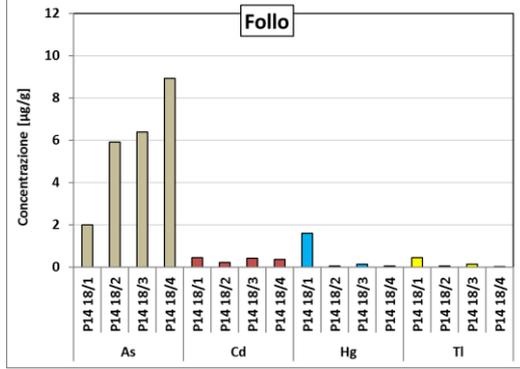
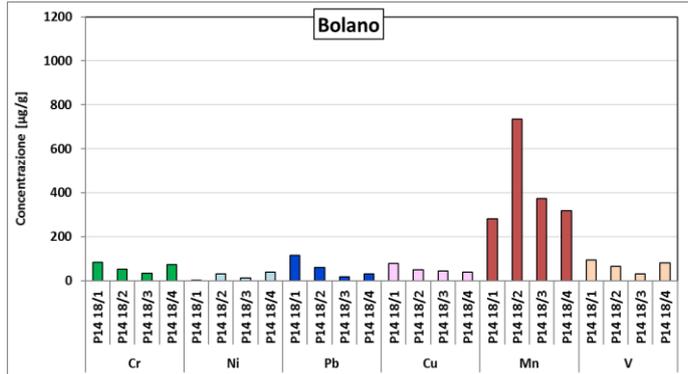
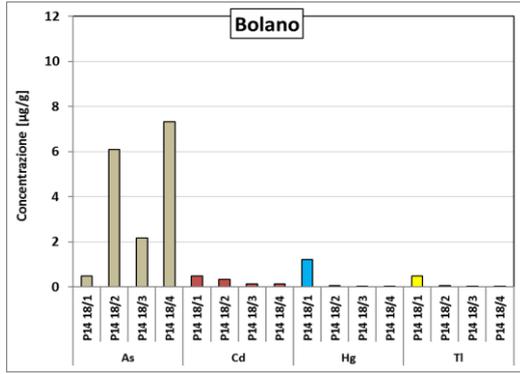
Nella tabella seguente sono riassunte le **concentrazioni** dei metalli espressi in  $\mu\text{g/g}$  nelle polveri depositate; i valori analitici inferiori al limite di rilevabilità strumentale, sono stati sostituiti con metà del limite di rivelabilità. I valori di concentrazioni nelle polveri sono stati ottenuti dividendo la quantità totale di ciascun metallo per il peso delle polveri depositate. I valori seguiti da un asterisco indicano le concentrazioni calcolate a partire da ratei dei metalli inferiori al limite di quantificazione.

Postazione	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano	18/1	0,49*	0,49*	1,21	0,49*	84	0,49*	115	77	281	94
Bolano	18/2	6,10	0,34	0,06*	0,06*	53	31	61	50	735	64
Bolano	18/3	2,18	0,14	0,03*	0,03*	34	11	18	45	374	30
Bolano	18/4	7,33	0,15	0,02*	0,02*	72	39	30	40	318	81
Follo	18/1	2,00	0,43*	1,58	0,43*	588	9	207	335	309	103
Follo	18/2	5,91	0,23	0,05*	0,05*	53	37	26	49	552	53
Follo	18/3	6,39	0,42	0,13*	0,13*	175	89	46	136	912	95
Follo	18/4	8,91	0,35	0,05	0,01*	97	46	31	47	606	91
Arcola	18/1	5,04	0,40*	0,40*	0,40*	253	28	116	194	505	98
Arcola	18/2	6,75	0,40	0,09*	0,09*	52	25	36	66	700	67
Arcola	18/3	4,19	0,57	0,14*	0,14*	73	47	45	161	613	60
Arcola	18/4	8,22	0,27	0,02*	0,02*	84	46	29	58	585	87
Le Grazie	18/1	5,39	1,11	0,41*	0,41*	109	0,41*	155	230	250	99
Le Grazie	18/2	6,48	0,21	0,07*	0,07*	55	37	33	94	601	66
Le Grazie	18/3	4,80	0,38	0,12*	0,12*	65	41	45	107	489	63
Le Grazie	18/4	8,55	0,27	0,02*	0,02*	83	51	40	58	566	90
Chiappa	18/1	0,39*	0,39*	0,39*	0,39*	224	18	631	251	366	125
Chiappa	18/2	6,31	0,30	0,06*	0,06*	55	33	38	137	583	59
Chiappa	18/3	2,25	0,33	0,05*	0,05*	32	31	59	72	263	27
Chiappa	18/4	8,30	0,23	0,01*	0,01*	79	47	31	74	547	85
Maggiolina	18/1	2,96	0,30*	0,30*	0,30*	273	60	401	213	510	160
Maggiolina	18/2	5,07	0,22	0,05*	0,05*	53	36	24	76	702	52
Maggiolina	18/3	2,76	0,29	0,06*	0,06*	50	29	31	109	351	41
Maggiolina	18/4	6,86	0,21	0,01*	0,01*	69	31	24	42	418	70
Saint Bon	18/1	4,69	0,67	0,16*	0,16*	225	95	141	253	376	94
Saint Bon	18/2	5,99	0,22	0,05*	0,05*	85	47	43	217	952	55
Saint Bon	18/3	4,81	0,51	0,06*	0,06*	183	93	90	950	851	62
Saint Bon	18/4	8,16	0,22	0,01*	0,01*	110	45	42	150	700	86
Melara	18/1	4,42	0,41*	0,41*	0,41*	388	2	212	279	511	135
Melara	18/2	6,13	0,25	0,05*	0,05*	60	36	37	122	634	59
Melara	18/3	6,55	0,56	0,18*	0,18*	158	71	433	354	758	83
Melara	18/4	7,65	0,26	0,02*	0,02*	80	39	49	121	537	79
Fossamastra	18/1	6,02	0,73	0,09	0,32	330	138	163	488	714	117
Fossamastra	18/2	4,80	0,24	0,03*	0,03*	86	66	37	266	592	48
Fossamastra	18/3	4,43	0,36	0,03*	0,03*	140	93	52	441	820	50
Fossamastra	18/4	7,75	0,29	0,01*	0,01*	163	67	49	177	646	89

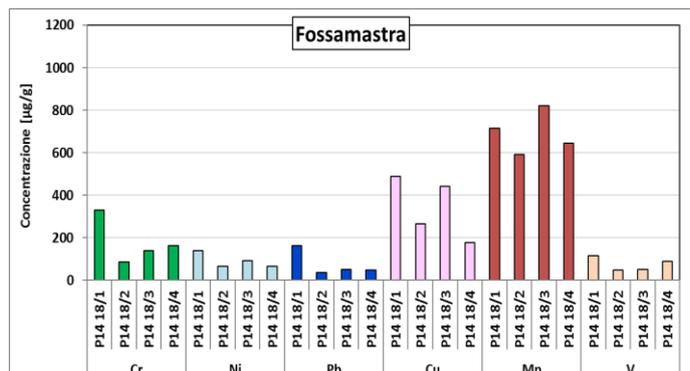
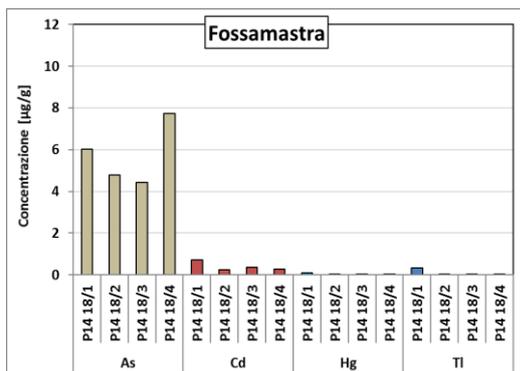
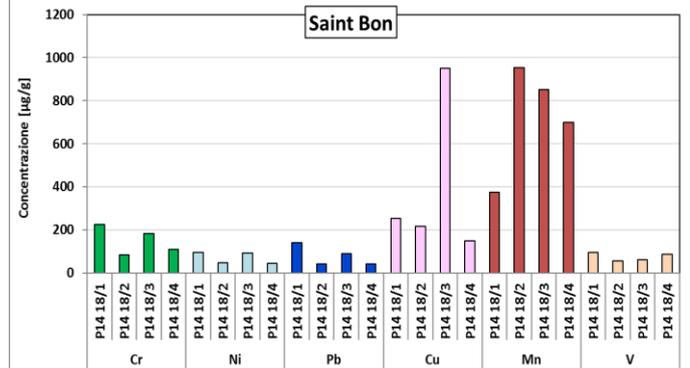
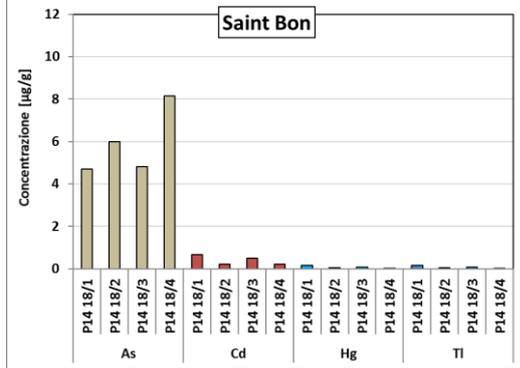
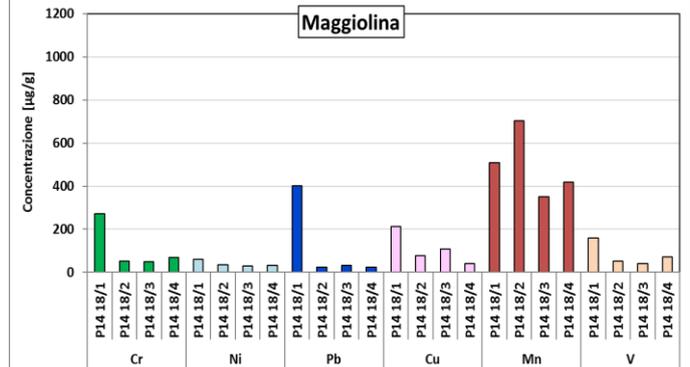
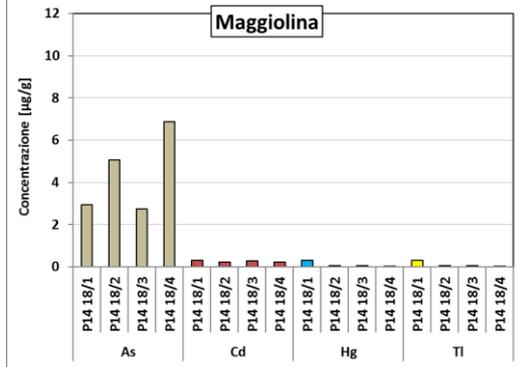
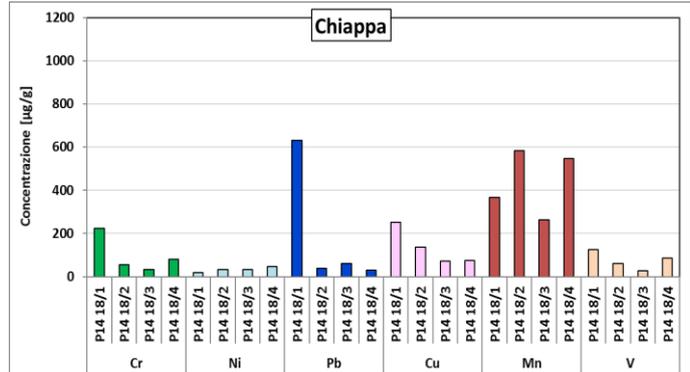
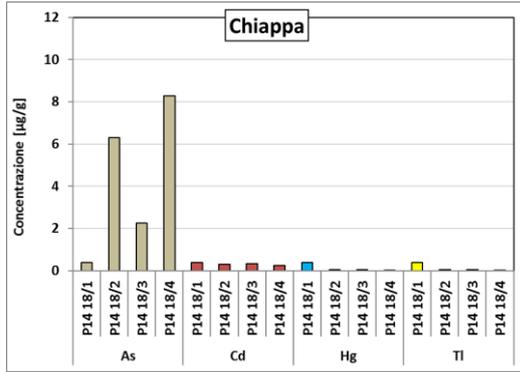
Tabella 27 - Concentrazioni di metalli nelle polveri depositate nelle campagne del 2018. Valori in  $\mu\text{g/g}$ .

Le concentrazioni di metalli nelle polveri sono in linea con quelle degli anni precedenti, fatta eccezione per le concentrazioni anomale di Pb a Chiappa e a Maggiolina nella campagna **P14 18/1**, probabilmente in virtù della bassa deposizione misurata da, e per alcuni valori di concentrazione della campagna **P14 18/1** soprattutto per Hg, Cu e Pb a Bolano, Follo e Le Grazie.

Le figure che seguono riportano per ciascuna postazione l'andamento delle **concentrazioni** di metalli, in  $\mu\text{g/g}$ , nelle polveri depositate separati tra metalli in tracce e maggioritari:



**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107



**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

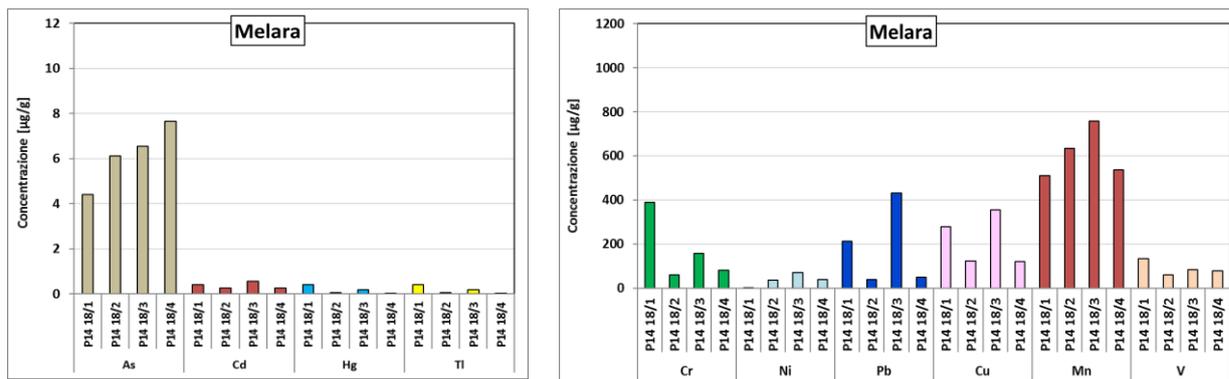


Figura 41 - Concentrazioni dei metalli depositati nelle polveri durante il 2018.

Dai grafici precedenti, si colgono analogie meno evidenti rispetto agli anni precedenti.

### 5.2.1.3 Valutazione della variabilità della composizione in metalli delle polveri

Per avere un ulteriore elemento di valutazione, sono state esaminate le correlazioni tra le **concentrazioni** dei metalli, **esprese in µg/g**, nelle deposizioni di ogni campagna per ciascuna postazione. Si sono privilegiate le correlazioni di tipo lineare ed un esempio è riportato di seguito, relativo alle correlazioni tra le concentrazioni di metalli nelle polveri depositate a Fossamastra nelle campagne **P14 18/2** e **18/3**:

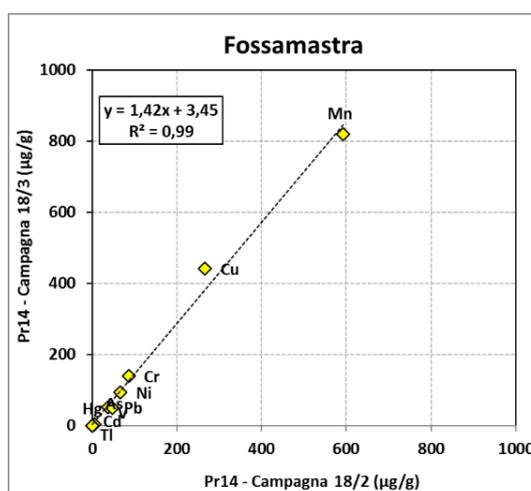


Figura 42 - Esempio di correlazione tra le concentrazioni di metalli in due campagne.

I grafici di correlazione completi sono riportati nella Appendice 3. I risultati delle correlazioni sono, invece, riportati nella tabella che segue che include i valori di  $R^2$ , della pendenza della retta di regressione lineare e i metalli che si discostano dalla correlazione lineare.

Postazione	Campagne confrontate	Valore di R <sup>2</sup>	Pendenza della regressione lineare	Metalli esclusi
Bolano	18/1 – 18/2	0,87	0,53	Mn
	18/1 – 18/3	0,90	1,27	Ni, Pb
	18/1 – 18/4	0,86	1,00	Ni, Pb
	18/2 – 18/3	0,99	0,51	
	18/2 – 18/4	0,77	0,98	Mn
	18/3 – 18/4	0,96	0,82	Cr, Cu
Follo	18/1 – 18/2	0,68	0,09	Mn, V
	18/1 – 18/3	0,94	2,81	Cr, Pb, Cu
	18/1 – 18/4	0,96	1,89	Cr, Pb, Cu
	18/2 – 18/3	0,89	2,62	Mn
	18/2 – 18/4	0,99	1,09	
	18/3 – 18/4	0,99	0,66	
Chiappa	18/1 – 18/2	0,75	0,26	Pb, Cu, Mn
	18/1 – 18/3	0,73	0,20	Pb, Mn
	18/1 – 18/4	0,74	0,31	Pb, Mn
	18/2 – 18/3	0,97	0,44	
	18/2 – 18/4	0,98	0,92	
	18/3 – 18/4	0,95	2,03	
Le Grazie	18/1 – 18/2	0,73	0,34	Mn
	18/1 – 18/3	0,89	0,44	Ni, Mn
	18/1 – 18/4	0,99	0,82	Ni, Pb, Cu, Mn
	18/2 – 18/3	0,99	0,81	
	18/2 – 18/4	1,00	0,93	Cu
	18/3 – 18/4	0,98	1,15	
Arcola	18/1 – 18/2	0,81	0,35	Cr, Mn
	18/1 – 18/3	0,96	1,18	Cr
	18/1 – 18/4	0,82	0,29	Mn, V
	18/2 – 18/3	1,00	0,87	Cu
	18/2 – 18/4	0,87	1,17	Mn
	18/3 – 18/4	0,91	1,14	Cu, Mn
Maggiolina	18/1 – 18/2	0,77	0,24	Mn
	18/1 – 18/3	0,89	0,19	Pb, Cu, Mn
	18/1 – 18/4	0,83	0,25	Pb, Mn
	18/2 – 18/3	0,96	0,49	
	18/2 – 18/4	0,98	0,58	
	18/3 – 18/4	0,95	1,15	
Saint Bon	18/1 – 18/2	0,97	0,82	Cr, Pb, Mn
	18/1 – 18/3	0,97	0,78	Cu, Mn
	18/1 – 18/4	0,89	0,52	Mn
	18/2 – 18/3	0,92	1,96	Cu, Mn
	18/2 – 18/4	0,99	0,72	
	18/3 – 18/4	0,99	0,82	Cu
Melara	18/1 – 18/2	0,73	0,13	Cu, Mn, V
	18/1 – 18/3	0,82	0,38	Pb, Cu, Mn
	18/1 – 18/4	0,69	0,25	Mn
	18/2 – 18/3	0,99	1,18	Pb, Cu
	18/2 – 18/4	0,99	0,84	Pb
	18/3 – 18/4	0,99	0,71	Pb, Cu
Fossamastra	18/1 – 18/2	0,94	0,76	Cr
	18/1 – 18/3	0,92	1,05	
	18/1 – 18/4	0,92	0,39	Mn
	18/2 – 18/3	0,99	1,42	
	18/2 – 18/4	0,95	1,02	
	18/3 – 18/4	0,99	0,78	Cu

Tabella 28 - Correlazioni tra le concentrazioni di metalli nelle deposizioni delle campagne 2018.

In relazione alla tabella precedente, si può osservare che:

- le correlazioni indicano in generale un buon accordo tra le concentrazioni di metalli nelle polveri depositate nelle quattro campagne in ciascuna postazione. Escludendo alcuni metalli meglio discussi nel seguito, solo in alcuni casi si ha un valore di

$R^2 < 0,90$ , ad indicare una sostanziale uniformità qualitativa delle polveri relativamente al loro contenuto di metalli;

- In alcuni casi, ma ciò non è valido per tutte le postazioni e per tutte le campagne rimangono esclusi dalle correlazioni Cr, Ni, Cu, Mn, V e Pb. Ciò avviene soprattutto studiando le correlazioni tra la campagna **P14 18/1** e le altre campagne.

### 5.3 Composti organici nelle deposizioni di polveri

Come introdotto nel cap. 2, le deposizioni dedicate alla determinazione dei composti organici sono state raccolte utilizzando campionatori con le parti interne interamente in vetro. I campioni di deposizione sono stati poi caratterizzati da Arpal relativamente al loro contenuto di IPA, PCDD/F e PCB (vedi cap. 2 per ulteriori dettagli).

I campionamenti sono stati eseguiti con la stessa cadenza temporale di quelli condotti per i deposimetri dedicati alla determinazione delle deposizioni di metalli (v. Tabella 21 per i periodi di campionamento).

I risultati delle determinazioni analitiche sono riportati nei paragrafi che seguono. Inoltre, per valutare analogie e differenze qualitative tra le deposizioni di IPA nelle differenti postazioni, si è fatto ricorso alla tecnica del *fingerprinting*, confrontando i profili normalizzati di IPA di ciascun campione. Tale tecnica è molto utilizzata per valutare l'origine delle contaminazioni in ambiente di idrocarburi petroliferi (Wang Z.; Scott S., 2010), ma può essere applicata anche ad altre famiglie di composti, tra cui appunto gli IPA e le diossine (Plumb R. H., 2004). I profili normalizzati per la valutazione del *fingerprint* di ciascun campione di deposizione sono stati ottenuti nella seguente maniera:

- i ratei giornalieri di deposizione inferiori al limite di rilevabilità sono stati sostituiti dal loro valore numerico. Per tutte le classi di composti si è scelto la metà del valore del limite di quantificazione (medium-bound);
- per ogni campione si è calcolata la somma dei ratei di deposizione di ciascun composto (“massa del *fingerprint*”);
- per ciascun campione, il rateo di ogni composto è stato diviso per la “massa del *fingerprint*”, ottenendo una frazione decimale, variabile tra 0 e 1, che rappresenta l'abbondanza relativa di un composto nel *fingerprint*;
- per ciascun campione, sono stati confrontati graficamente i *fingerprint* normalizzati.

Per quanto riguarda invece PCDD/F e PCB *dl*, il profilo dei ratei di deposizione dei congeneri analizzati è stato confrontato con profili di letteratura.

#### 5.3.1 Ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Tra gli idrocarburi policiclici aromatici sono stati analizzati oltre agli IPA previsti dalla norma UNI EN 15980:2011, anche altri di interesse ambientale.

Nella tabella che segue sono riportati i risultati delle determinazioni di IPA, espressi in  $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ , i nomi degli IPA sono stati abbreviati in accordo con quanto espresso nel cap.2. Come precedentemente introdotto, la postazione di Fossamastra è quella relativa al deposimetro presso la sede stradale con imbuto di raccolta a circa 2 m da terra:

Postazione	Camp.	Fen	Ant	Flu	Pir	BaA	Cri	BbF+ BjF	BkF	BeP	BaP	IP	DBahAn	BghIP	DBalP	DBaeP	DBalP	DBahP	Cor
Bolano	18/1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	16	14	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Bolano	18/2	12	<2	<2	<2	<2	13	18	5	13	4	14	<2	14	<2	<2	<2	<2	8
Bolano	18/3	29	12	16	15	11	18	31	15	58	71	16	15	22	<2	<2	<2	<2	<2
Bolano	18/4	36	18	18	18	13	22	35	15	18	18	20	11	18	16	13	11	<2	16
Follo	18/1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Follo	18/2	10	<2	<2	<2	<2	4	<2	<2	6	<2	6	<2	5	<2	<2	<2	<2	7
Follo	18/3	25	11	17	15	10	15	32	10	37	13	19	12	16	<2	<2	<2	<2	<2
Follo	18/4	36	21	19	18	15	23	37	15	18	16	20	<2	19	<2	<2	<2	<2	19
Arcola	18/1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Arcola	18/2	1	<2	<2	<2	<2	6	7	<2	7	6	6	<2	6	<2	<2	<2	<2	<2
Arcola	18/3	22	11	11	9	8	10	<2	<2	17	<2	15	<2	16	<2	<2	<2	<2	<2
Arcola	18/4	45	22	36	32	35	59	142	50	80	58	49	24	53	27	<2	<2	<2	29
Le Grazie	18/1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	25	28	<2	<2	35	<2	34	<2	<2	<2	<2	<2
Le Grazie	18/2	35	5	41	16	6	38	18	7	15	13	9	<2	7	<2	<2	<2	<2	<2
Le Grazie	18/3	13	7	7	5	4	6	18	8	8	5	8	6	8	<2	<2	<2	<2	<2
Le Grazie	18/4	35	24	24	24	17	25	25	16	22	20	20	12	19	<2	13	<2	17	20
Chiappa	18/1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	22	15	<2	<2	25	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Chiappa	18/2	42	2	36	27	19	49	87	27	45	29	30	<2	33	<2	<2	<2	<2	8
Chiappa	18/3	28	12	15	15	11	17	27	12	15	12	19	24	16	<2	<2	<2	<2	<2
Chiappa	18/4	53	22	32	27	18	30	45	19	28	27	23	12	23	17	11	<2	20	24
Maggiolina	18/1	<2	<2	10	<2	<2	<2	18	13	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Maggiolina	18/2	16	<2	4	4	<2	9	9	2	10	8	8	<2	15	<2	<2	<2	<2	5
Maggiolina	18/3	43	18	31	31	22	32	97	37	47	28	20	17	29	<2	<2	27	<2	35
Maggiolina	18/4	46	25	28	25	16	27	39	16	30	21	21	<2	23	<2	<2	<2	<2	19
Saint Bon	18/1	18	<2	31	34	13	57	55	34	33	14	47	<2	60	<2	<2	<2	<2	8
Saint Bon	18/2	40	2	24	22	5	33	41	13	28	14	20	<2	38	<2	<2	<2	<2	15
Saint Bon	18/3	66	29	59	59	31	42	144	56	71	56	30	21	32	45	<2	63	<2	61
Saint Bon	18/4	37	24	34	39	23	44	66	25	34	24	18	<2	35	18	12	<2	16	37
Fossamastra	18/1	35	2	25	46	5	28	20	<2	26	10	12	<2	48	<2	<2	<2	<2	24
Fossamastra	18/2	64	<2	137	233	24	115	72	43	76	37	68	<2	210	<2	<2	<2	<2	37
Fossamastra	18/3	138	24	117	201	25	69	76	30	66	35	23	16	56	38	<2	50	<2	106
Fossamastra	18/4	122	27	102	188	31	74	75	25	75	36	34	13	116	23	<2	<2	<2	74
Melara	18/1	<2	<2	7	<2	<2	<2	10	7	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Melara	18/2	10	<2	<2	<2	<2	4	6	<2	7	6	5	<2	6	<2	<2	<2	<2	3
Melara	18/3	32	12	23	23	14	21	40	15	28	18	18	10	28	17	17	18	<2	31
Melara	18/4	46	20	22	23	13	24	35	15	16	16	20	12	21	<2	<2	<2	<2	21

Tabella 29 – Rateo di deposizioni di IPA del 2018. Valori in ng/m<sup>2</sup>/d.

Dalla tabella precedente emergono alcune considerazioni che sono sintetizzate di seguito:

- si evidenzia per le postazioni extraurbane una dipendenza delle deposizioni di IPA dalla stagionalità delle campagne, con valori dei ratei maggiori nel periodo autunnale e minori in primavera ed in estate. Tale differenza è meno accentuata per le postazioni urbane;
- nella postazione di Melara, postazione ritenuta dalla modellazione la più influenzata dalle ricadute della Centrale ENEL, i ratei degli IPA sono più simili a quelli delle postazioni extraurbane piuttosto che a quelli rilevati nelle postazioni urbane;
- i maggiori ratei di deposizione degli IPA si sono riscontrati a Fossamastra, come nei precedenti monitoraggi;
- da segnalare la presenza di coronene, un IPA caratteristico delle emissioni del traffico veicolare, nelle deposizioni delle postazioni urbane più caratterizzate da intenso traffico viabilistico;

- la campagna **P14 18/1** ha riscontrato la quasi totale assenza di IPA in particolare nelle postazioni extraurbane.

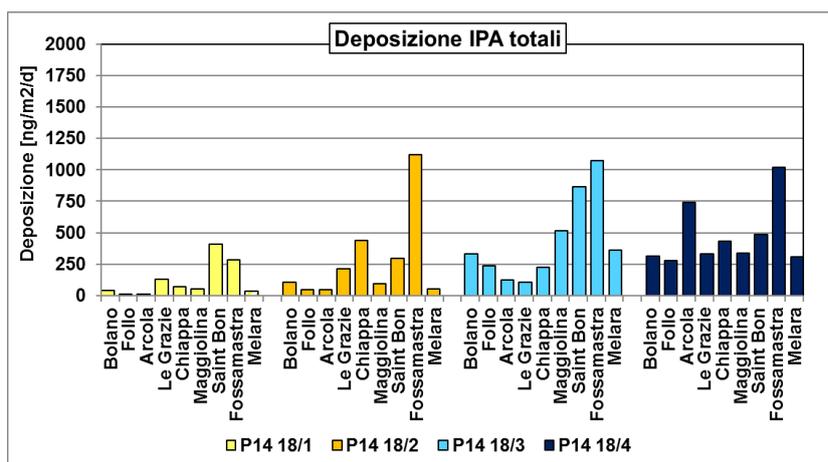
Per le successive considerazioni, i valori inferiori al limite di quantificazione (LdQ) sono stati sostituiti con metà del valore limite, in accordo con le indicazioni del Rapporto ISTISAN 06/38<sup>12</sup> che rimanda al Rapporto ISTISAN 04/15<sup>13</sup>.

La tabella seguente riporta i ratei di deposizione della somma di tutti gli IPA determinati (IPA totali) e di quelli previsti dalla norma UNI EN 15980:2011 (v. cap.2) nel 2018, entrambi intesi come sommatoria dei valori superiori al LdQ e di metà dello stesso, nel caso di ratei inferiori al LdQ:

	P14 18/1		P14 18/2		P14 18/3		P14 18/4	
	IPA Totali	IPA norma UNI						
<b>Bolano</b>	42	33	107	42	333	159	315	112
<b>Follo</b>	14	5	48	11	235	95	278	103
<b>Arcola</b>	14	5	48	21	126	26	743	358
<b>Le Grazie</b>	132	90	214	53	108	50	333	109
<b>Chiappa</b>	73	64	438	193	226	105	431	143
<b>Maggiolina</b>	53	34	96	28	515	221	338	113
<b>Saint Bon</b>	408	164	299	94	866	337	489	157
<b>Fossamastra</b>	284	48	1122	245	1073	206	1021	215
<b>Melara</b>	36	20	55	19	364	115	306	111

Tabella 30 – Deposizioni totali di IPA nelle quattro campagne. Valori in  $\text{ng/m}^2/\text{d}$ .

La figura seguente confronta l'andamento spaziale delle deposizioni di IPA totali e degli IPA elencati nella norma EN 15980:2011 nel 2018 ed evidenzia che i maggiori tassi di deposizione si sono registrati nella postazione di Fossamastra e occasionalmente in altre postazioni (Saint Bon **P14 18/1**) per gli IPA totali, mentre i maggiori tassi di deposizione per gli IPA della norma UNI sono stati registrati nella postazione di Saint Bon e occasionalmente in altre postazioni (Fossamastra nella **P14 18/2** ed Arcola nella **P14 18/4**):



<sup>12</sup> Menichini E., et al., 2006.

<sup>13</sup> Menichini E. e Viviano G., 2004

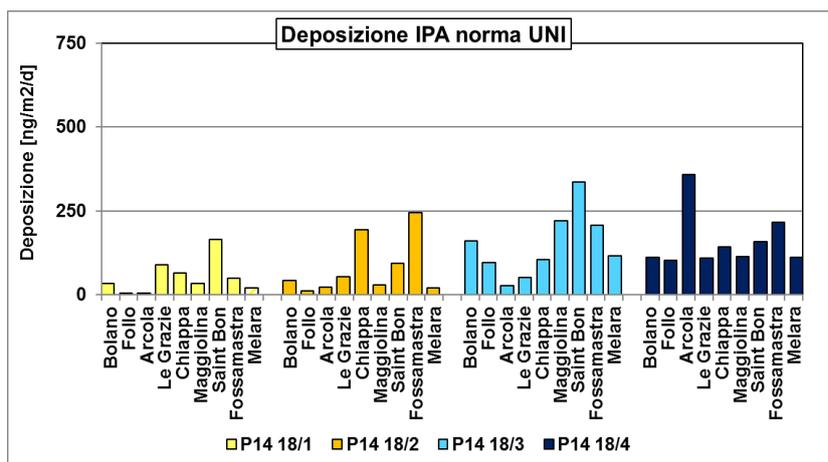


Figura 43 – Deposizioni di IPA totali (sopra) e della norma UNI EN 15980:2011 (sotto) nel 2018.

Gli intervalli di deposizioni degli IPA totali e di quelli previsti dalla norma UNI, nelle postazioni distinte in extraurbane (Bolano, Follo, Arcola e Le Grazie) e urbane (Chiappa, Maggiolina, Saint Bon, Fossamastra, Melara), sono riportati nel prospetto seguente:

Campagna	Postazioni extraurbane		Postazioni urbane	
	IPA Totali [ng/m <sup>2</sup> /d]	IPA norma UNI [ng/m <sup>2</sup> /d]	IPA Totali [ng/m <sup>2</sup> /d]	IPA norma UNI [ng/m <sup>2</sup> /d]
<b>P14 18/1 (inverno)</b>	14-132	5-90	36-408	20-164
<b>P14 18/2 (primavera)</b>	48-214	11-53	55-1122	19-245
<b>P14 18/3 (estate)</b>	108-333	26-159	226-1073	105-337
<b>P14 18/4 (autunno)</b>	278-743	103-358	306-1021	111-215

Tabella 31 – Intervalli di deposizione di IPA nelle campagne. Valori in ng/m<sup>2</sup>/d.

Riferendosi alle due tabelle precedenti emergono alcune osservazioni ulteriori, riportate di seguito:

- nelle postazioni extraurbane, le deposizioni maggiori di IPA totali e della norma UNI si sono avute in autunno (**P14 18/4**) da attribuire alla messa in funzione del riscaldamento domestico, probabilmente in parte basato sulla combustione di biomassa. Nelle stesse postazioni, in primavera ed estate, vi è stata una diminuzione delle deposizioni di IPA, mentre in inverno si è riscontrato un valore più basso;
- nelle postazioni urbane le deposizioni maggiori di IPA totali e della norma UNI si sono avute in autunno, fatta eccezione per gli IPA totali misurati nella postazione di Fossamastra. Anche in questo caso si sono riscontrati valori di ratei di deposizione più bassi in inverno rispetto a tutte le altre stagioni.

### 5.3.1.1 Ratei di deposizioni di benzo[a]pirene

Non essendoci valori limite normativi per le deposizioni di IPA ed essendo ampiamente variabile il numero di IPA determinati negli studi in letteratura, si è fatto riferimento ad un solo IPA specifico, il benzo[a]pirene (BaP). I ratei di deposizione del BaP sono riportati nella tabella seguente:

	P14 18/1 inverno	P14 18/2 primavera	P14 18/3 estate	P14 18/4 autunno
<b>Bolano</b>	0,8	3,9	71,0	17,6
<b>Follo</b>	0,8	1,0	13,1	15,6
<b>Arcola</b>	0,8	5,8	0,8	58,1
<b>Le Grazie</b>	0,8	12,5	5,4	19,7
<b>Chiappa</b>	0,8	29,0	11,6	27,0
<b>Maggiolina</b>	0,8	7,7	27,8	20,7
<b>Saint Bon</b>	13,9	14,5	55,6	23,9
<b>Fossamastra</b>	10,0	36,7	34,7	36,2
<b>Melara</b>	0,8	5,8	17,8	15,5

Tabella 32 – Ratei di deposizione di benzo(a)pirene nel 2018. Valori in ng/m<sup>2</sup>/d.

Nelle campagne del 2018 si sono riscontrati valori dei ratei di deposizione BaP più elevati nella campagna estiva in quasi tutte le postazioni urbane (eccetto Fossamastra e Chiappa) mentre quelle extraurbane presentano ratei di deposizione maggiori in autunno (a esclusione della postazione di Bolano, probabilmente a causa dell'incendio già citato). In tutte le postazioni si è riscontrato il minimo del rateo di deposizione BaP nella campagna invernale.

Una valutazione dell'andamento temporale del BaP durante le campagne del 2014-2018 è riportata nel cap. 7.

La figura seguente riporta il rateo di deposizione di BaP nelle quattro campagne del 2018 e mostra che i maggiori tassi di deposizione si sono rilevati in estate a Saint Bon, tra le postazioni urbane, e a Bolano in estate e ad Arcola in autunno, tra le postazioni extra-urbane.

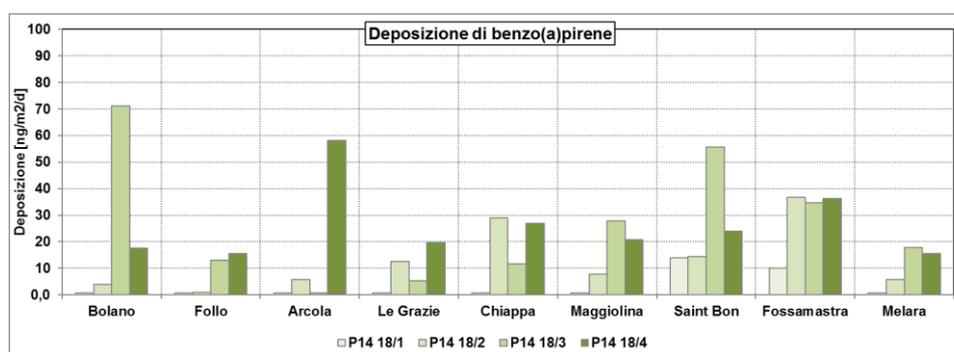


Figura 44 – Deposizioni di benzo(a)pirene nelle campagne di monitoraggio del 2018.

Il rateo di deposizione medio del BaP nell'intero comprensorio della Spezia nel periodo di campionamento del 2018, presenta un valore pari a 17,3 ng/m<sup>2</sup>/d con il 100% di deviazione standard. Tale valore può essere quindi confrontato con i valori di letteratura riportati in Tabella 33, suddivisi tra deposizioni in aree di fondo e urbane-industriali. I valori sono espressi in ng/m<sup>2</sup>/d:

Aree rurali, remote o siti di riferimento			
Italia	Melfi	1,9-6,9 (min-max)	Menichini et al., 2007
	Laguna di Venezia	6-9 (min-max)	Rossini et al, 2001, Presentazione G, Settimo <sup>14</sup>
	Aosta, sito di riferimento	5	Presentazione G, Settimo <sup>14</sup>
	Cerano (Novara), rurale	3,3 (media anno 2012)	ARPA Piemonte, 2014
	Cerano (Novara), fondo urbano	3,7 (media anno 2012)	ARPA Piemonte, 2014
	San Nicola di Melfi (stagione fredda)	1,9-5,7 (min-max)	Presentazione G, Settimo <sup>14</sup>
Finlandia	Pallas	2-10 (min-max)	EMEP, 2005
Svezia	Rorvik	5-17 (min-max)	EMEP, 2005
Aree urbane e industriali			
Italia	Venezia	30 (media annuale)	Rossini et al., 2001
	Aosta	28	Arpa Val D'Aosta, 2010
	Taranto 2008-2011	2,0-182	Presentazione G, Settimo <sup>14</sup>
	San Nicola di Melfi (stagione fredda)	3,2-4,1 (area urbana) 4,6-6,9 (area industriale)	Presentazione G, Settimo <sup>14</sup>
	Borgo Valsugana	nd-5 (dry) 1-27 (wet)	Argiriadis, E., et al, 2014
Francia	Parigi	25 (media annuale)	Ollivon, D et al., 2003
	Le Havre	270 (mag,-ott, 2001)	
	Rouen	150 (mag,-ott, 2001)	Motelay-Massei, A, et al., 2002
	Evreux	130 (mag,-ott, 2001)	

**Tabella 33 - Valori di deposizione di benzo[a]pirene tratti dalla letteratura, Valori in ng/m<sup>2</sup>/d,**

Dalla tabella, si evince che la media annuale di deposizioni di BaP nella città della Spezia risulta confrontabile con quella di altri siti urbani in Europa.

### 5.3.1.2 *Fingerprint IPA nelle deposizioni*

Per valutare eventuali differenze qualitative tra le deposizioni avvenute nelle postazioni durante le campagne si è fatto ricorso alla analisi di *fingerprint* dei profili normalizzati degli IPA. La procedura per l'ottenimento dei *fingerprint* è stata descritta nel par. 5.3. Nelle figure che seguono sono mostrati i profili ottenuti, suddivisi per campagna e raggruppati per postazioni con caratteristiche simili (**extraurbane**: Bolano, Follo, Arcola e Le Grazie; **urbane**: Chiappa, Maggiolina, Saint Bon, Fossamastra e Melara).

<sup>14</sup> Si veda G. Settimo "Evoluzione storica e normativa delle deposizioni atmosferiche e stato dell'arte nazionale", Seminario Deposizioni atmosferiche, Brescia, 2014. Consultabile al sito: [http://ita.arpalombaria.it/ITA/area\\_download/index](http://ita.arpalombaria.it/ITA/area_download/index)

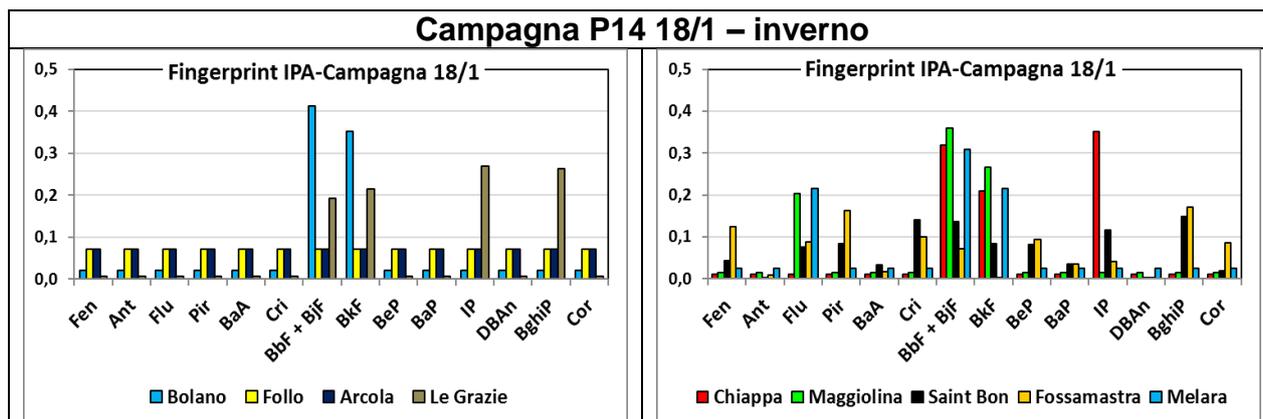


Figura 45 – *Fingerprint* degli IPA totali nella campagna P14 18/1 (invernale) per le postazioni extraurbane (a sin) e urbane (a ds).

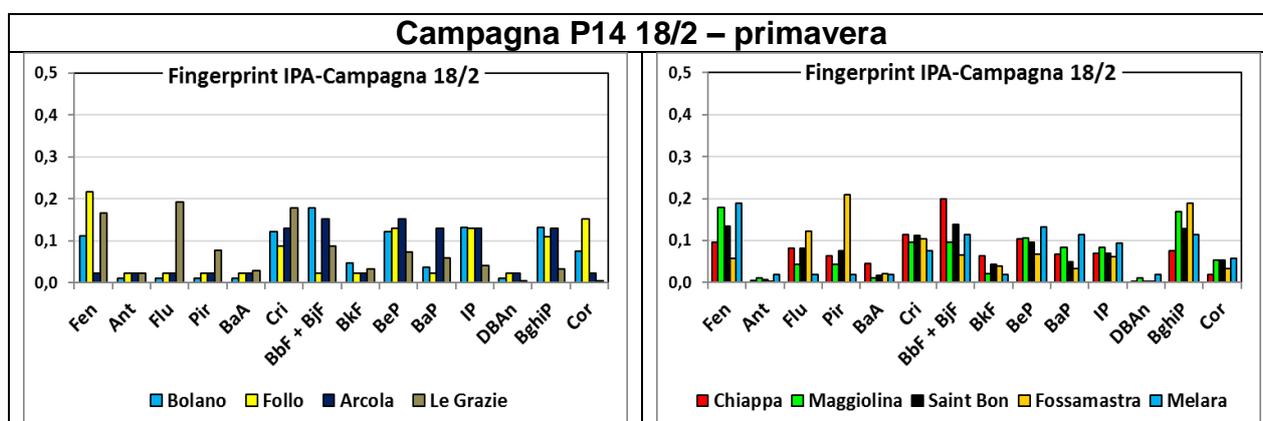


Figura 46 – *Fingerprint* degli IPA totali nella campagna P14 18/2 (primavera) per le postazioni extraurbane (a sin) e urbane (a ds).

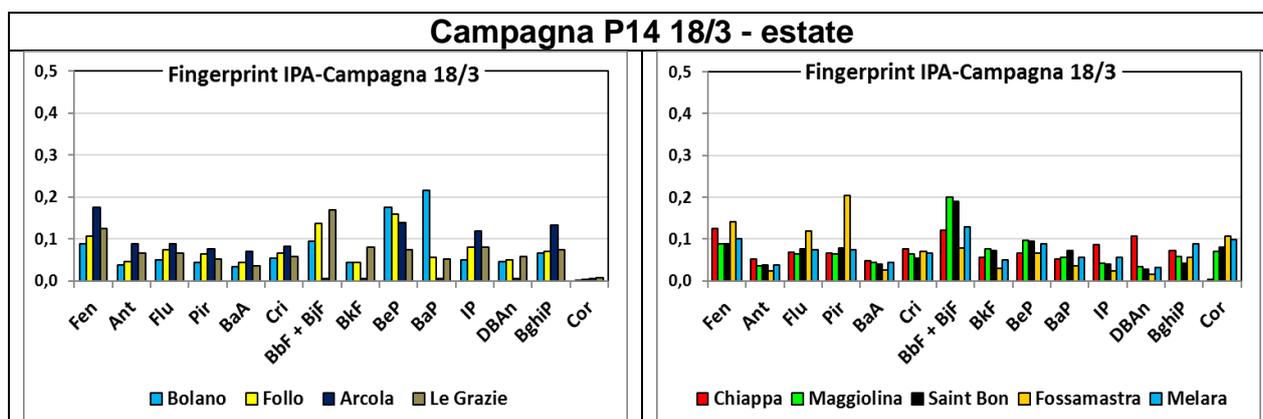


Figura 47 – *Fingerprint* degli IPA totali nella campagna P14 18/3 (estate) per le postazioni extraurbane (a sin) e urbane (a ds).

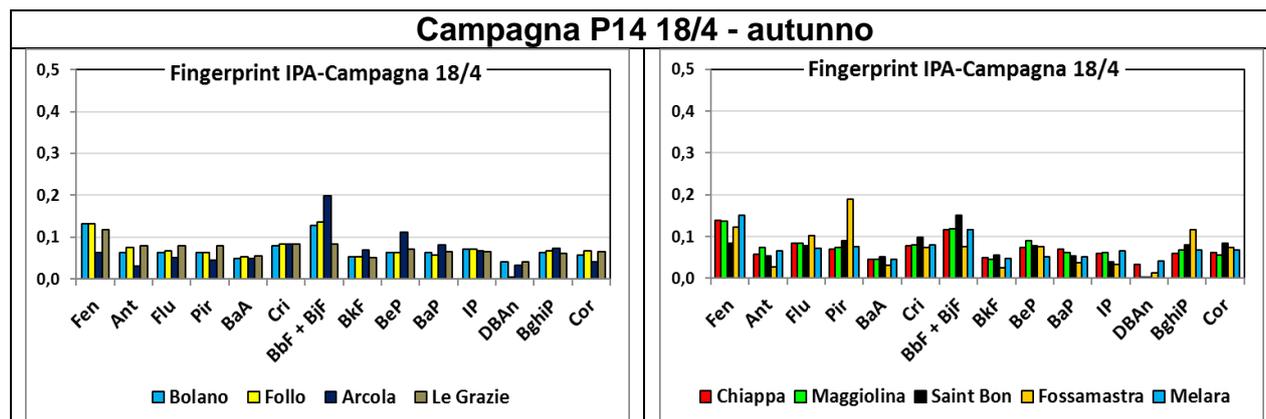


Figura 48 – *Fingerprint* degli IPA totali nelle campagne P14 18/4 (autunno) per le postazioni extraurbane (a sin) e urbane (a ds).

Nelle campagne **P14 18/2**, **P14 18/3** e **P14 18/4**, si evidenziano pattern molto simili tra postazioni urbane ed extraurbane. Nella campagna invernale **P14 18/1**, invece emergono differenze tra i profili di IPA delle diverse postazioni, plausibilmente per la scarsità della deposizione di polvere e per il contributo del traffico maggiormente evidente in quelle tipicamente urbane.

### 5.3.2 PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri

Come descritto al par. 2.1, il monitoraggio delle deposizioni di PCDD/F e PCB è stato condotto in un minor numero di postazioni, viste le ridotte deposizioni misurate nelle precedenti campagne. Nel 2018 non sono quindi state operative le postazioni di Bolano (solo campagna estiva presente), Le Grazie, Chiappa e Saint Bon.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i ratei di deposizione dei congeneri di PCDD/F e PCB determinati nei campioni di deposizioni delle postazioni operative. I valori sono espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ :

Postazione	Campagna	PCDD/F e PCB																
		2,3,7,8-TCDD	1,2,3,7,8-PeCDD	1,2,3,4,7,8-HxCDD	1,2,3,6,7,8-HxCDD	1,2,3,7,8,9-HxCDD	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	OCDD	2,3,7,8-TCDF	1,2,3,7,8-PeCDF	2,3,4,7,8-PeCDF	1,2,3,4,7,8-HxCDF	1,2,3,6,7,8-HxCDF	2,3,4,6,7,8-HxCDF	1,2,3,7,8,9-HxCDF	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	OCDF
Bolano	18/3	<0,05	<0,06	<0,09	<0,09	<0,08	2,78	60,39	<0,11	<0,05	<0,05	<0,08	<0,08	<0,09	<0,08	0,46	<0,14	<0,25
Follo	18/1	<0,18	<0,13	<0,13	0,62	<0,09	4,63	15,91	0,93	0,62	0,62	0,46	0,46	0,62	<0,10	1,24	0,31	2,47
Follo	18/2	<0,16	<0,31	<0,29	<0,32	<0,25	3,67	4,25	3,47	<0,21	1,16	<0,28	<0,27	<0,27	<0,32	2,12	<0,29	<0,78
Follo	18/3	<0,05	<0,10	<0,14	<0,15	<0,12	0,62	0,46	<0,12	<0,06	<0,06	<0,08	<0,08	<0,09	<0,08	0,62	<0,12	<0,24
Follo	18/4	<0,27	<0,31	<0,33	<0,34	0,83	3,32	7,88	<0,44	<0,50	1,45	0,62	0,83	0,83	<0,55	3,73	0,62	2,28
Arcola	18/1	0,15	<0,08	<0,10	0,46	<0,06	3,24	4,32	0,31	0,15	0,31	0,31	0,31	0,46	<0,06	1,24	<0,09	0,62
Arcola	18/2	<0,23	<0,42	<0,27	<0,31	<0,25	<0,89	2,90	5,41	<0,22	<0,25	<0,39	<0,38	<0,39	<0,42	<0,56	<0,48	<1,43
Arcola	18/3	<0,06	<0,08	<0,11	<0,12	<0,09	1,24	1,24	<0,09	<0,05	<0,05	<0,10	<0,09	<0,10	<0,09	0,46	<0,11	<0,25
Arcola	18/4	<0,21	<0,23	<0,28	0,62	0,41	2,70	6,64	<0,38	<0,34	1,24	0,41	0,41	0,62	<0,36	2,07	<0,25	1,24
Maggiolina	18/1	<0,11	<0,14	<0,16	0,31	<0,10	4,17	11,27	0,62	0,62	0,46	0,31	0,46	<0,15	<0,11	2,01	0,46	1,85
Maggiolina	18/2	<0,13	<0,20	<0,19	<0,22	<0,17	<0,54	2,90	<0,23	<0,14	<0,16	<0,26	<0,23	<0,22	<0,26	<0,40	<0,25	<0,80
Maggiolina	18/3	<0,04	<0,09	<0,12	<0,12	<0,10	0,77	2,16	<0,09	<0,06	<0,06	<0,11	<0,09	<0,11	<0,10	<0,13	<0,14	<0,31
Maggiolina	18/4	<0,25	<0,23	<0,23	<0,22	<0,22	1,66	6,83	<0,47	0,41	1,24	<0,40	<0,43	0,62	<0,40	2,07	<0,26	1,24
Fossamastra	18/1	0,14	<0,15	<0,21	<0,19	<0,15	4,94	8,34	<0,20	<0,11	0,93	<0,15	<0,14	<0,14	<0,15	2,16	<0,19	<0,39
Fossamastra	18/2	<0,22	<0,21	<0,24	0,77	<0,18	8,11	15,44	1,35	0,77	0,58	1,16	<0,23	<0,24	<0,19	1,74	<0,28	2,32
Fossamastra	18/3	<0,10	<0,11	<0,12	<0,13	0,31	1,39	4,94	<0,16	<0,08	<0,08	<0,10	<0,09	<0,10	<0,09	1,08	<0,14	<0,22
Fossamastra	18/4	<0,29	<0,58	1,03	5,58	2,90	24,20	35,99	2,07	1,03	3,52	1,24	<0,85	3,10	0,83	4,14	0,62	2,69

Postazione	Campagna	2,3,7,8-TCDD	1,2,3,7,8-PeCDD	1,2,3,4,7,8-HxCDD	1,2,3,6,7,8-HxCDD	1,2,3,7,8,9-HxCDD	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	OCDD	2,3,7,8-TCDF	1,2,3,7,8-PeCDF	2,3,4,7,8-PeCDF	1,2,3,4,7,8-HxCDF	1,2,3,6,7,8-HxCDF	2,3,4,6,7,8-HxCDF	1,2,3,7,8,9-HxCDF	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	OCDF
Melara	18/1	<0,10	<0,14	<0,15	0,46	<0,10	4,94	10,19	<0,14	0,31	0,46	<0,12	0,46	<0,12	<0,10	0,93	0,31	1,24
Melara	18/2	<0,13	<0,16	<0,18	<0,21	<0,16	<0,29	2,90	<0,19	<0,12	<0,12	<0,14	<0,14	<0,18	<0,15	<0,31	<0,18	<0,49
Melara	18/3	<0,05	<0,11	<0,14	<0,15	<0,12	0,93	2,16	<0,11	<0,07	<0,07	<0,12	<0,12	<0,12	<0,11	0,62	<0,14	<0,33
Melara	18/4	0,41	0,62	0,83	1,04	1,24	3,73	10,16	<0,50	1,04	1,66	1,04	1,24	1,04	1,04	3,11	1,04	3,32

Tabella 34 - Ratei di deposizione di congeneri di PCDD e PCDF. Valori in  $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$ .

La maggior parte dei congeneri di PCDD e PCDF sono risultati inferiori al limite di quantificazione. Tra tutti i congeneri, solo la octaclorodibenzo-p-diossina (OCDD), la meno tossica delle diossine (Appendice 1) e, saltuariamente la 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, la 2,3,4,7,8 PeCDF, la 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF e l'octaclorodibenzofurano (OCDF) sono risultate rilevabili nei campioni di deposizione. La TCDD è stata rilevata solo in due dei campioni analizzati.

Nella tabella successiva sono riportati i ratei di deposizione dei PCB *dioxin like* (dl), anch'essi espressi in  $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$ :

Postazione	Campagna	PCB 81	PCB 77	PCB 126	PCB 169	PCB 105	PCB 114	PCB 118	PCB 123	PCB 156	PCB 157	PCB 167	PCB 189
Bolano	18/3	<1,2	4,3	2,4	<1,7	19,8	<2,5	44,5	<2,5	9,7	1,7	2,8	2,6
Follo	18/1	<1,6	84,9	10,2	36,6	1592,3	<3,4	3991,5	139,0	2465,6	237,8	1153,7	703,5
Follo	18/2	<4,6	421,2	113,5	<6,6	1464,1	<7,3	2537,3	48,5	585,3	193,8	300,8	35,9
Follo	18/3	<1,0	3,4	2,4	<0,9	19,5	<2,6	45,7	<2,8	9,9	1,1	1,5	0,9
Follo	18/4	<1,3	2,3	1,7	<0,8	16,8	<1,8	32,1	<1,8	5,2	1,9	2,7	1,5
Arcola	18/1	<0,7	2,5	2,5	<1,2	37,1	<1,5	81,9	<1,6	48,3	6,5	24,7	11,3
Arcola	18/2	<3,2	31,7	7,4	<7,4	396,1	31,5	613,5	29,5	127,6	46,7	69,5	12,4
Arcola	18/3	<1,1	2,8	2,0	<0,8	8,8	<1,9	23,2	2,5	4,6	1,5	2,8	1,5
Arcola	18/4	<1,5	4,4	2,2	<1,2	40,0	<2,4	75,3	<2,5	15,6	3,9	8,9	3,3
Maggiolina	18/1	<0,9	4,0	1,6	<1,3	55,9	<1,7	142,9	2,3	70,6	7,3	39,1	18,5
Maggiolina	18/2	<1,6	18,1	3,4	<1,7	64,7	<3,3	127,8	<3,4	13,1	4,1	7,7	1,4
Maggiolina	18/3	<1,4	6,6	3,4	<2,4	69,5	<3,4	144,4	<3,9	25,2	4,3	9,9	3,9
Maggiolina	18/4	<2,2	13,7	3,0	<1,9	157,3	6,0	296,0	5,6	39,3	8,3	18,0	4,3
Fossamastra	18/1	<1,8	1,8	5,0	<4,4	99,8	<5,0	207,9	<5,2	54,7	15,1	38,6	4,6
Fossamastra	18/2	<1,1	8,9	1,9	<1,7	85,9	7,1	220,1	3,5	45,8	7,9	24,7	8,9
Fossamastra	18/3	<1,5	13,3	4,3	<3,2	61,3	4,0	147,5	4,3	36,1	7,4	18,8	5,1
Fossamastra	18/4	<2,0	18,0	5,0	<2,7	164,4	6,4	340,2	7,2	72,6	17,2	35,0	13,9
Melara	18/1	<0,6	2,5	1,0	<0,6	11,7	<1,0	32,9	1,1	6,2	1,5	3,2	0,9
Melara	18/2	<1,3	5,2	2,7	<1,3	32,6	<2,7	56,9	<2,8	12,7	4,1	7,1	3,5
Melara	18/3	<1,1	4,3	2,3	<1,6	25,5	<2,4	49,4	<2,7	15,0	1,8	5,6	1,7
Melara	18/4	<1,7	5,4	2,1	<1,3	36,1	2,9	83,3	<2,2	13,1	3,3	7,7	2,7

Tabella 35 - Ratei di deposizione di congeneri di PCB. Valori in  $\text{pg}/\text{m}^2/\text{d}$ .

Come per le diossine, anche se in minor misura, i PCB ricercati sono risultati a volte inferiori al limite di quantificazione (LdQ). Deposizioni di PCB significativamente superiori al LdQ sono stati rilevati in quasi tutte le campagne e postazioni per i congeneri PCB 77, PCB 105, PCB 118, PCB 126, PCB 156, PCB 157, PCB 167 e PCB 189 in linea con gli anni precedenti. Tra questi, il PCB 118 è quello rilevato a maggiore concentrazione relativa in tutti i campioni e in particolar modo a Follo.

Le deposizioni più significative di PCB si sono avute a Follo nelle campagne **P14 18/1** e **P14 18/2**, plausibilmente per gli abbruciamenti locali incontrollati di diversa origine.

Va ricordato che le deposizioni massiche sopra riportate di PCB, ma anche di PCDD/F, hanno una limitata valenza ambientale in termini di tossicità. Nelle deposizioni della città della Spezia sono in generale poco significativi i PCB maggiormente tossici, quale il congenere PCB 126 (TEF pari a 0,1) e il PCB 159 (TEF pari a 0,03), a meno della campagna primaverile **P14 18/2** a Follo, mentre quelli maggiormente rilevati sono di tossicità limitatissima.

Le deposizioni totali di PCDD/F e PCB *dl* sono state espresse in termini di tossicità equivalente alla 2,3,7,8-TCDD (si veda l'Appendice 1 per i fattori di tossicità e il cap. 2 per le convenzioni utilizzate) in pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/d, come prassi per i campioni ambientali, sostituendo ai valori inferiori al LdQ la metà del LdQ ("medium-bound"). I ratei ottenuti sono riassunti di seguito:

Postazione	Campagna	TEQ PCDD/F medium-bound	TEQ PCB <i>dl</i> medium-bound	TEQ PCDD/F+PCB <i>dl</i> medium-bound
Bolano	18/3	0,2	0,3	0,5
Follo	18/1	0,9	2,4	3,3
Follo	18/2	1,3	11,6	12,9
Follo	18/3	0,1	0,3	0,4
Follo	18/4	1,4	0,2	1,6
Arcola	18/1	0,5	0,3	0,8
Arcola	18/2	1,0	0,9	1,9
Arcola	18/3	0,1	0,2	0,3
Arcola	18/4	1,1	0,2	1,4
Maggiolina	18/1	0,6	0,2	0,8
Maggiolina	18/2	0,3	0,4	0,6
Maggiolina	18/3	0,1	0,4	0,5
Maggiolina	18/4	1,1	0,3	1,4
Fossamastra	18/1	0,7	0,6	1,3
Fossamastra	18/2	1,0	0,2	1,2
Fossamastra	18/3	0,2	0,5	0,7
Fossamastra	18/4	4,1	0,6	4,7
Melara	18/1	0,5	0,1	0,6
Melara	18/2	0,2	0,3	0,5
Melara	18/3	0,1	0,3	0,4
Melara	18/4	2,5	0,2	2,7

**Tabella 36 - Ratei di deposizione di PCDD/F e PCB *dl*. Valori in pg TEQ/m<sup>2</sup>/d.**

I ratei di deposizione di PCDD/F e PCB, espressi in TEQ, risultano di modesta entità, in genere inferiori a 2 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/d, fatta eccezione per i casi seguenti:

- nella postazione di Follo in cui si sono avute le maggiori deposizioni di PCB (11,6 nella campagna primaverile e 2,4 in quella invernale);
- nella postazione di Fossamastra e Melara si è avuta una deposizione rispettivamente di 4,7 e 2,7 pg TEQ/m<sup>2</sup>/d, dovuti per la maggior parte a PCDD/F durante la campagna **P14 18/4**.

La figura seguente confronta l'andamento spaziale delle deposizioni complessive di PCDD/F e PCB *dl* "medium-bound":

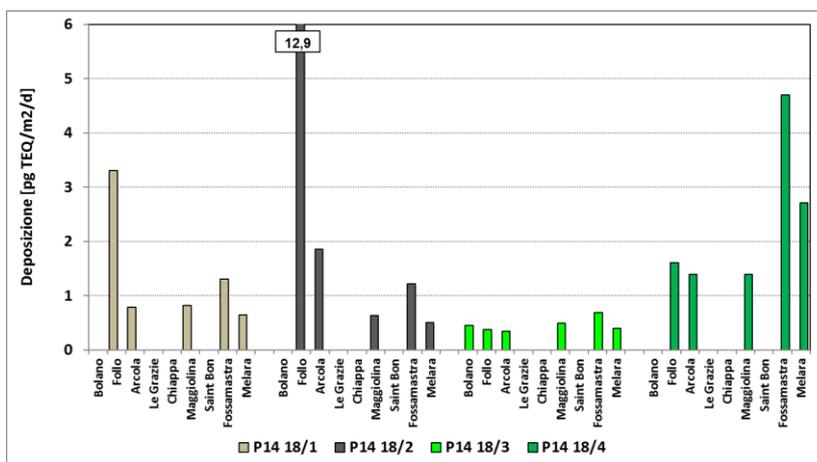


Figura 49 - Deposizioni di PCDD/F e PCB dl “medium-bound”. Valori in pg TEQ/m<sup>2</sup>/d.

Dalla figura precedente risultano evidenti in primo luogo le deposizioni elevate durante la campagna **P14 18/2** a Follo (campagna di bianco) e a Fossamastra e Melara nella campagna **P14 18/4**.

Nel caso di Melara, area considerata di massima ricaduta delle emissioni della Centrale della Spezia, si sono avute nel corso dell'anno deposizioni di PCDD/F e PCB del tutto confrontabili con quelle delle altre postazioni, salvo il caso già evidenziato della campagna **P14 18/4**, dove si è riscontrato un lieve aumento dei ratei di deposizione di PCDD/F in tutte le postazioni.

### 5.3.2.1 Confronto con valori guida di riferimento

Per le deposizioni di PCDD/F e PCB dl attualmente non sono stati fissati livelli normativi nazionali o europei. In letteratura, invece, sono stati proposti valori guida di riferimento che tenessero conto dell'assunzione giornaliera tollerabile di questi composti.

Uno dei primi valori guida è quello proposto da L. Van Lieshout et al. (Van Lieshout L., 2001). In base all'assunzione di una dose giornaliera tollerabile (TDI) di 1-4 pg WHO-TEQ/kg di peso corporeo. Tali autori hanno proposto che la deposizione media annuale di PCDD/F non debba eccedere 3,4–10 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>/d come media annuale e 6,8-27 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>/d come valore massimo di deposizione mensile.

In Germania, nel 1994, un gruppo di esperti ha proposto un valore guida solo per PCDD/F di 15 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/d<sup>15</sup>. Nel 2004, in base ancora a considerazione sulla TDI, tale valore guida è stato abbassato a 4 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>/d<sup>16</sup>.

Nel 2007, Cornelis et al. (Cornelis C. et al., 2007) hanno proposto un valore guida per le deposizioni di PCDD/F e PCB dl di 8,2 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>/d, come media annuale, e di 21 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>/d, come deposizione massima mensile, entrambe stimate sulla base di un TDI di 2 pg WHO-TEQ/kg di peso corporeo. In Francia, nei piani di sorveglianza della qualità dell'aria in aree con presenza di impianti di incenerimento, sono stati proposti, per le deposizioni atmosferiche, dei valori guida di 5-15 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/d (Bodenan, F., 2011). I valori inferiori a 5 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/d possono essere

<sup>15</sup> Länderausschusses für Immissionsschutz den Bericht "Immissions-werte für die Luftschadstoffe PCDD und PCDF", 1994

<sup>16</sup> Bericht des Länd erausschusses für Immissionsschutz (LAI), Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüber wachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe – Vom 21. September 2004

considerati come valori di fondo urbano-industriale, mentre quelli superiori a 15 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/d potrebbero essere legati ad un contributo antropico emissivo che va approfondito con ulteriori campionamenti in punti diversi, e con lo studio del profilo dei congeneri per valutare la sorgente (vedi anche<sup>17</sup>).

Attualmente, il valore guida di 4 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>/d come media annuale della sommatoria delle deposizioni di PCDD/F e PCB è quello più utilizzato per valutare possibili apporti antropici in un sito.

Per valutare meglio i ratei medio di deposizioni di specie clorurate sono stati esclusi eventi evidentemente anomali (abbruciamenti ed incendi boschivi) che possono aver influito sulle deposizioni tipiche del comprensorio. E' il caso per esempio delle deposizioni di Follo di PCB della campagna **P14 18/2**.

Per i PCB *dl* quindi la media annuale del comprensorio della Spezia per il 2018, esclusi i dati anomali, risulta pari a 0,45 ± 0,50 I-TEQ pg/m<sup>2</sup>/d valore in linea con i ratei medi degli anni precedenti.

Il rateo medio annuale di deposizione di PCDD/F per il 2018, escludendo i dati anomali è pari a 0,84 ± 0,97 I-TEQ pg/m<sup>2</sup>/d, inferiore rispetto al 2017.

Il rateo complessivo di PCDD/F e PCB *dl*, è pari a 1,28 ± 1,13 I-TEQ pg/m<sup>2</sup>/d calcolato escludendo le campagne con dati anomali (vedi sopra). Le deposizioni medie del 2018 del comprensorio di Spezia sono poco più di un quarto del valore guida di 4 WHO-TEQ pg/m<sup>2</sup>/d e si possono escludere significativi apporti antropici, salvo i casi sopra citati, come risulta dal confronto con la tabella seguente che riporta una serie di intervalli di valori misurati in aree rurali, urbane e industriali tratti dalla letteratura per altri siti italiani:

Sito	Min - Max	Rif
Area rurale (Mantova)	1,28-2,71	Viviano, G, et al, 2012
Area urbana/industriale con inceneritore (Mantova)	1,20-5,13	Viviano, G, et al, 2012
Area urbana/industriale con cementificio (Cuneo)	0,05-3,72	ARPA Piemonte, 2013
Siti di riferimento regionali Piemonte	Sito 1: 0,05-24,7 Sito 2: 5,36-189	ARPA Piemonte, 2013
Area industriale (P, Marghera)	15-2767	Viviano, G, et al, 2012
Area urbana con inceneritori (Regione Veneto, Adige, Po)	10-337	Viviano, G, et al, 2012
Area industriale con inceneritore (Rimini)	0,75-3,7	Viviano, G, et al, 2012
Area industriale con inceneritore (S, Nicola di Melfi)	1,47-2,33	Viviano, G, et al, 2012

**Tabella 37 – Intervalli minimi e massimi di deposizione in diverse aree italiane. Valori in pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/d.**

I valori di deposizione rilevati alla Spezia sono in linea con i valori minimi rilevati in aree a differenti tipologia in Italia e sono inferiori ai valori più bassi rilevati in nazioni europee, come riportati nella tabella che segue <sup>17, 18</sup>:

<sup>17</sup> Si veda G. Settimo "Evoluzione storica e normativa delle deposizioni atmosferiche e stato dell'arte nazionale", Seminario Deposizioni atmosferiche, Brescia, 2014. Consultabile al sito: [http://ita.arpalombardia.it/ITA/area\\_download/index](http://ita.arpalombardia.it/ITA/area_download/index)

<sup>18</sup> Istituto Superiore di Sanità, Studio effettuato su commissione del Comune di Reggio Emilia: "Caratterizzazione ambientale del territorio del comune di Reggio Emilia inserita nel contesto provinciale"

Paese	Siti urbani	Siti rurali
Belgio	<1-12	<1-3,1
Germania	0,5-464	7-17
Regno Unito	<1-312	nv-517
Danimarca	300-31500	300-1700
Francia	100-147	20-50

Tabella 38 - Intervalli minimi e massimi di deposizione in diverse aree europee, Valori in pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/d, Valori in pg TEQ/m<sup>2</sup>/d.

In sintesi, le deposizioni complessive di PCDD/F e PCB sono state modeste.

### 5.3.2.2 Pattern dei congeneri di PCDD/F e PCB di nelle deposizioni

L'esame dei *pattern* di PCDD/F indica che si tratta di quelli ubiquitariamente presenti nelle deposizioni italiane e nel resto del mondo<sup>19</sup>, ove domina la presenza di OCDD e di 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD.

Alcuni esempi sono mostrati di seguito relativi alla postazione di Fossamastra:

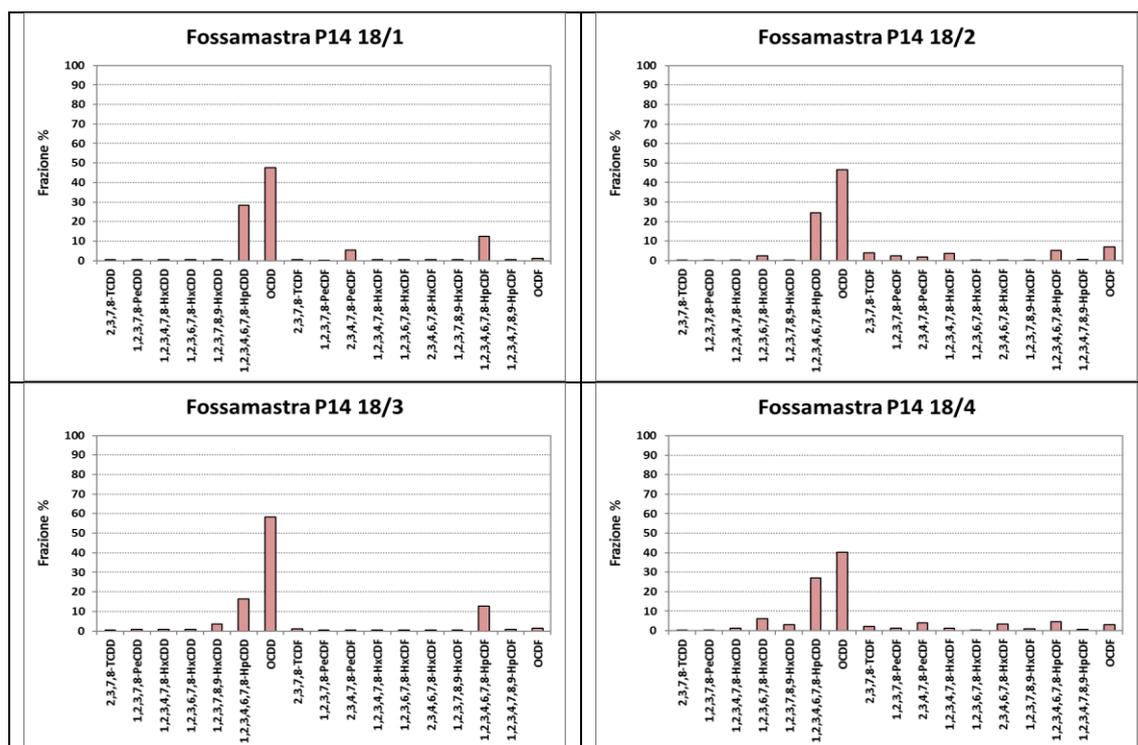


Figura 50 - *Pattern* delle deposizioni di PCDD/F a Fossamastra per le campagne P14 18/1 (invernale), P14 18/2 (primaverile), P14 18/3 estiva, P14 18/4 (autunnale).

Pattern analoghi si rilevano anche nelle altre postazioni per le medesime campagne.

<sup>19</sup> Per una discussione di questo pattern, si vedano i rapporti precedenti.

Allo stesso modo delle PCDD/F, anche i PCB *dl* mostrano nel 2018 un *pattern* molto comune, analogo anche a quello riscontrato nel 2014-16. Con minime variazioni, il tipico *pattern* è quello mostrato nella figura che segue, relativo alle deposizioni a Fossamastra, Melara, Maggiolina e Follo in differenti campagne.

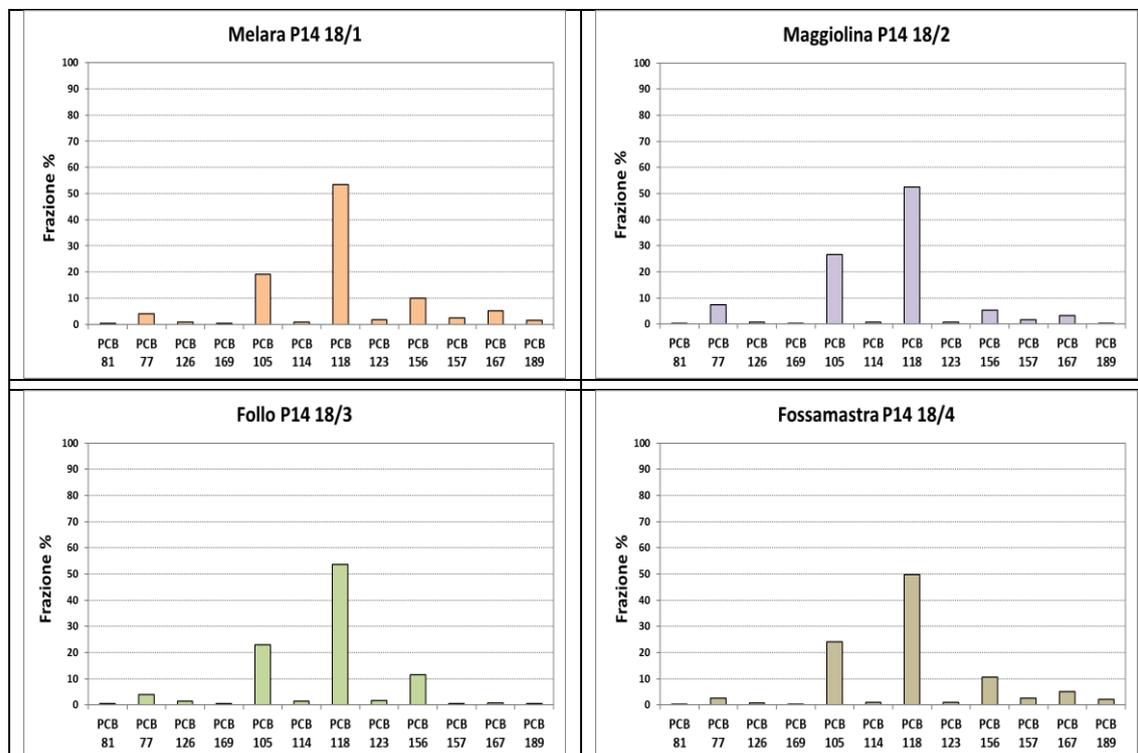
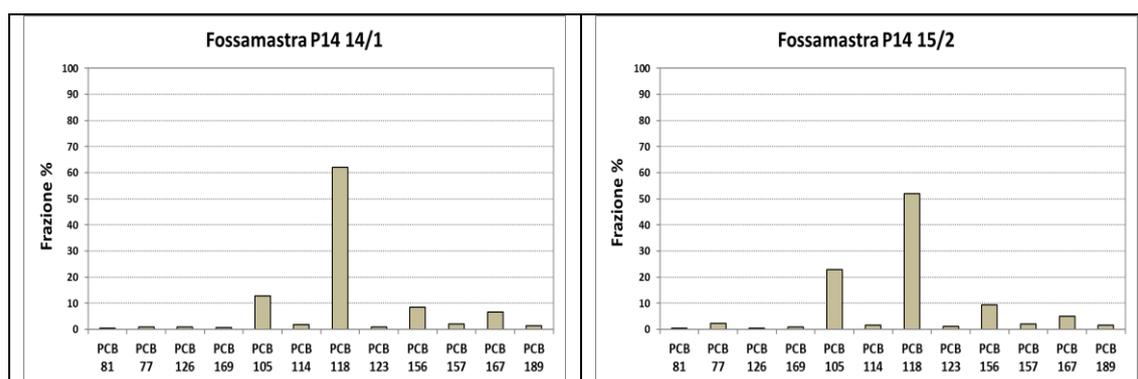


Figura 51 - *Pattern* delle deposizioni di PCB nel corso di differenti campagne annuali.

Tali *pattern* sono del tutto simili, ad esempio, a quelli delle campagne invernali P14 14/1, P14 16/1 e P14 17/1 e primaverile P14 15/2 a Fossamastra.



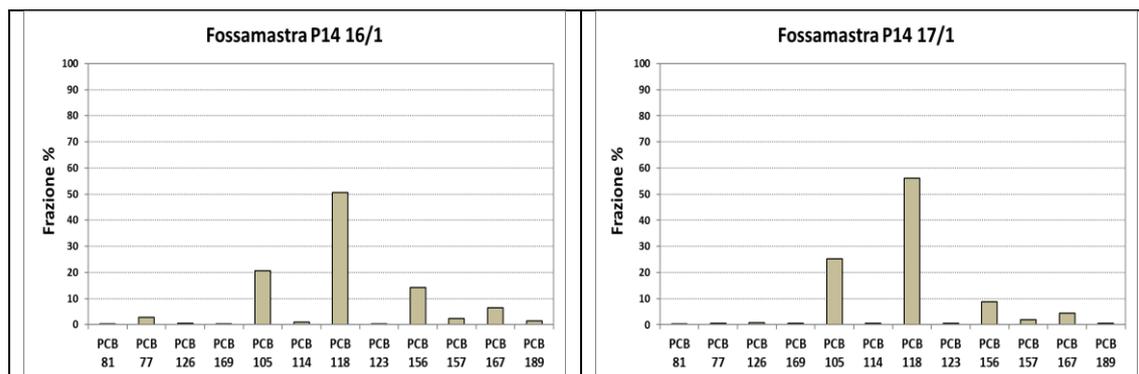


Figura 52 - *Pattern* delle deposizioni di PCB in campagne del 2014, 2015, 2016 e 2017.

Riferendosi solo ai campioni con PCB *dl* superiori al LdQ, lo stesso *pattern* si ritrova nelle deposizioni delle altre postazioni, comprese quelle in cui si sono rilevati valori più elevati (Follo, v. sopra).

Tale *pattern* è molto simile a quello che si riscontra in altre zone di Italia e del mondo e rappresenta il background ubiquitario dei PCB in atmosfera, come ampiamente illustrato nel rapporto del 2015<sup>20</sup>, cui si rimanda.

<sup>20</sup> Rapporto P14 anno 2015 prot. Arpal nr. 11569 del 14/04/2017

## 5.4 Specie ioniche nelle deposizioni di polveri

Nel protocollo analitico è stato previsto di determinare anche alcune specie ioniche utilizzando i campioni raccolti dai deposimetri per specie inorganiche. Trattandosi di deposimetri del tipo "bulk", le specie ioniche sono la somma di quelle presenti nelle deposizioni umide (piogge) e nelle deposizioni secche di polveri sedimentabili. I risultati delle determinazioni sono riportati nella tabella seguente, in termini di ratei di deposizione, espressi in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ :

Postazione (Abbr.)	Campagna	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nssSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Bolano (BL)	P14 18/1	1,48	9,15	1,22	0,76	1,27	17,24	8,77	5,93	3,52
Bolano (BL)	P14 18/2	10,30	6,04	1,23	0,82	2,82	13,23	10,73	9,82	7,97
Bolano (BL)	P14 18/3	6,80	1,59	0,62	1,28	0,77	4,91	3,35	2,85	2,17
Bolano (BL)	P14 18/4	54,70	31,54	7,66	12,76	2,46	60,63	6,31	27,16	18,70
Follo (FL)	P14 18/1	1,48	11,93	1,50	0,91	2,59	22,89	11,18	8,26	5,07
Follo (FL)	P14 18/2	8,48	6,48	1,21	0,85	3,41	14,37	9,53	9,39	7,38
Follo (FL)	P14 18/3	2,92	1,17	0,34	0,17	0,29	1,97	3,20	2,15	1,88
Follo (FL)	P14 18/4	46,43	47,24	7,71	2,94	4,73	83,53	14,05	34,54	22,88
Arcola (AR)	P14 18/1	2,07	9,45	1,16	0,66	1,60	18,67	9,64	5,96	3,35
Arcola (AR)	P14 18/2	9,11	6,97	1,24	0,85	2,22	15,51	7,69	8,76	6,59
Arcola (AR)	P14 18/3	1,27	0,94	0,12	0,10	0,005	2,23	0,005	0,12	0
Arcola (AR)	P14 18/4	38,11	34,29	5,94	3,09	1,76	64,53	8,26	25,69	16,68
Le Grazie (LG)	P14 18/1	1,12	9,57	1,20	0,70	1,56	17,87	9,55	5,89	3,39
Le Grazie (LG)	P14 18/2	7,07	7,54	1,32	0,66	0,56	14,39	5,33	6,27	4,26
Le Grazie (LG)	P14 18/3	1,59	0,89	0,18	0,10	0,07	1,71	0,23	0,82	0,58
Le Grazie (LG)	P14 18/4	42,33	56,95	8,72	3,14	2,35	106,01	8,79	32,73	17,93
Chiappa (CH)	P14 18/1	1,62	10,98	1,29	0,84	1,12	20,74	10,52	7,01	4,12
Chiappa (CH)	P14 18/2	5,90	5,17	0,80	0,63	2,48	10,95	6,45	6,75	5,22
Chiappa (CH)	P14 18/3	1,78	1,00	0,17	0,49	0,00	2,49	0,01	1,11	0,77
Chiappa (CH)	P14 18/4	56,21	54,01	8,71	3,41	4,70	99,80	12,81	39,97	26,03
Maggiolina (MG)	P14 18/1	2,13	10,28	1,43	0,63	1,56	19,78	9,69	6,70	3,94
Maggiolina (MG)	P14 18/2	8,70	6,85	1,13	0,71	1,81	13,27	6,37	7,06	5,21
Maggiolina (MG)	P14 18/3	1,62	0,82	0,16	0,34	0,07	1,84	0,005	1,17	0,91
Maggiolina (MG)	P14 18/4	41,94	43,99	7,15	2,66	3,21	78,92	9,03	30,73	19,72
Saint Bon (SB)	P14 18/1	3,29	9,13	1,44	1,50	2,18	17,29	9,32	6,25	3,84
Saint Bon (SB)	P14 18/2	7,52	5,28	1,10	0,70	2,25	10,15	5,14	5,94	4,52
Saint Bon (SB)	P14 18/3	2,81	1,27	0,26	0,65	0,25	2,53	2,78	1,71	1,36
Saint Bon (SB)	P14 18/4	53,12	55,36	9,80	9,80	5,55	103,38	10,70	38,26	23,83
Melara (ME)	P14 18/1	1,32	8,69	1,17	0,53	1,09	16,37	8,17	5,43	3,15
Melara (ME)	P14 18/2	9,98	7,05	1,84	0,85	2,71	13,10	6,71	7,79	5,96
Melara (ME)	P14 18/3	1,52	0,80	0,13	0,17	0,004	1,61	1,71	1,09	0,86
Melara (ME)	P14 18/4	50,45	56,97	10,18	6,55	3,14	104,62	9,73	35,89	21,28
Fossasmastra (FS)	P14 18/1	9,81	10,93	2,11	0,63	0,27	20,99	10,29	6,64	3,71
Fossasmastra (FS)	P14 18/2	11,27	6,17	1,60	0,63	1,21	12,27	5,74	6,53	4,82
Fossasmastra (FS)	P14 18/3	3,19	1,48	0,26	0,17	0,01	3,21	3,26	1,52	1,08
Fossasmastra (FS)	P14 18/4	60,40	69,66	10,85	3,75	3,58	131,33	9,48	39,17	20,83

Tabella 39 - Ratei di deposizione di specie ioniche nelle campagne di monitoraggio 2018.

Le specie ioniche maggiormente rilevate nella fase acquosa dei deposimetri sono Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, di origine marina.

Nella figura che segue sono mostrate le deposizioni di Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> nelle quattro campagne. Il nome delle postazioni è abbreviato con la codifica riportata in Tabella 22:

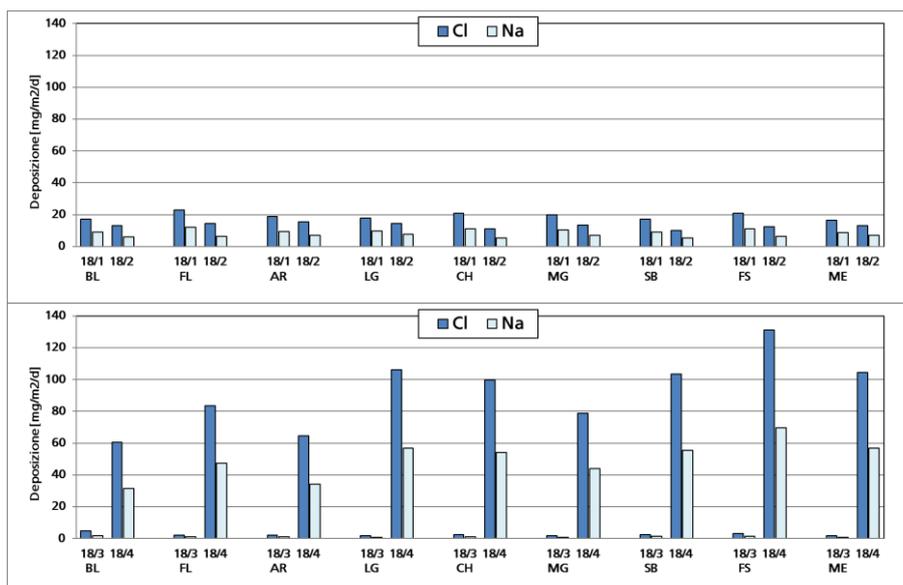


Figura 53 - Deposizioni di cloro e sodio nelle campagne di monitoraggio campagne del 2018.

Le massime deposizioni di sodio e cloruri si sono avute nella campagna autunnale **P14 18/4** (massimi valori di precipitazioni del 2018) per gli apporti da aerosol marino e le minime nella campagna estiva **P14 18/3** (precipitazioni quasi assenti), in accordo con quanto riportato in letteratura [Cuccia et al., 2014].

Per via della presenza di aerosol marino, è stata calcolato il solfato non marino ( $\text{nssSO}_4^{2-}$ ) riportato nell'ultima colonna della Tabella 39. I componenti principali del solfato totale, infatti, sono il solfato marino ( $\text{ssSO}_4^{2-}$ ), che è la quantità di solfato presente nelle particelle di aerosol marino e il solfato non marino che ha tre contributi: antropogenico, biogenico e crostale [Bove et al., 2016]. I solfati di origine marina sono stati calcolati attraverso una relazione, che tiene conto dei rapporti relativi tra sodio e solfati nell'acqua di mare<sup>22</sup>:

$$[\text{ssSO}_4^{2-}] = 0,246 [\text{Na}^+]$$

I solfati non marini, sono stati ottenuti mediante sottrazione:

$$[\text{nssSO}_4^{2-}] = [\text{totSO}_4^{2-}] - [\text{ssSO}_4^{2-}]$$

La componente secondaria dell'aerosol, in genere, è costituita da solfato di ammonio e nitrato di ammonio che si formano a seguito di reazioni che avvengono in atmosfera a partire dai precursori gassosi  $\text{NO}_x$  e  $\text{SO}_2$ . Nella figura che segue, sono mostrate le deposizioni di nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ) e solfati non marini ( $\text{nssSO}_4^{2-}$ ) nelle campagne di monitoraggio:

<sup>21</sup> nssSO<sub>4</sub>: non sea sulphate

<sup>22</sup> Nell'acqua di mare sono contenuti circa: 19'000 mg/kg di cloruri, 11'000 di sodio, 2'700 di solfati, 1'300 di magnesio e 400 di calcio.

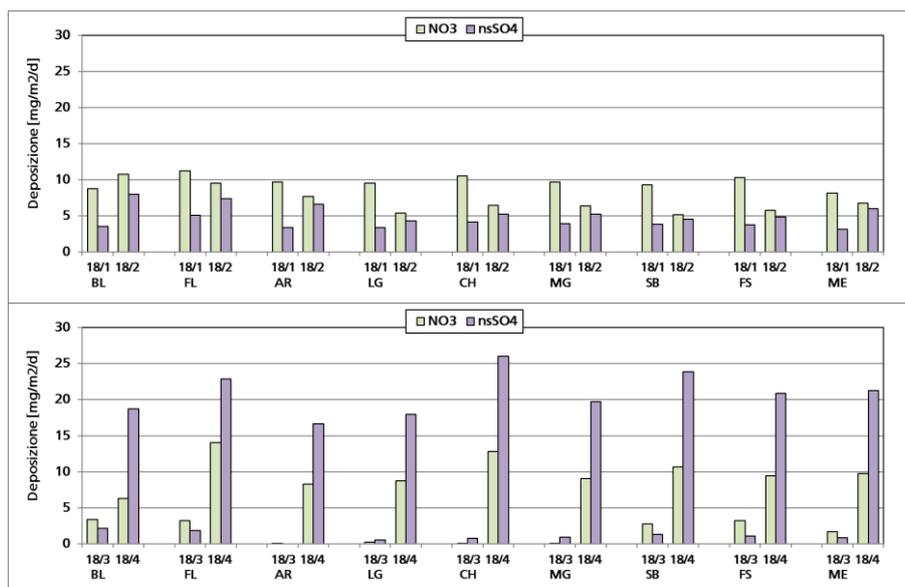


Figura 54 - Deposizioni di nitrati e solfati non marini (nsSO<sub>4</sub>) nelle campagne del 2018.

Come riscontrato negli anni precedenti, le deposizioni di NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sono risultate maggiori di quelle dei SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, in quanto sono maggiormente rilevanti le emissioni di NO<sub>x</sub> rispetto a quelle dei SO<sub>2</sub>. Nella campagna autunnale compare un'elevata deposizione di solfati che sono probabilmente di origine marina a causa dell'evento estremo già discusso in precedenza, nonostante sia stata comunque applicata la correzione risultata plausibilmente inefficace.

Le minime deposizioni di nitrati e solfati si sono avute durante la campagna estiva P14 18/3, con precipitazioni minime o assenti nella maggior parte delle postazioni, e possono rappresentare l'entità della deposizione secca di queste specie ioniche, confermando che il meccanismo predominante della deposizione di specie ioniche è per via umida.

## 5.5 Analisi dati rilevati dalla postazione fissa MELARA annuale

I risultati modellistici previsti dalla prescrizione 15 hanno individuato la zona di massima ricaduta delle emissioni CTE presso l'abitato di Melara. Pertanto Arpal, insieme agli altri Enti interessati, ha effettuato una modifica del protocollo di attuazione, prevedendo una postazione integrativa presso la scuola Acchiappasogni di Melara in cui la raccolta delle deposizioni è stata effettuata anche nei periodi non coperti dalle campagne periodiche. Sono stati rilevati solo i parametri inorganici in quanto caratteristici delle emissioni della centrale.

### 5.5.1 Rateo di deposizione di polveri

In Tabella 40 sono riportate i ratei di deposizione della postazione fissa di Melara per le campagne aggiuntive (evidenziate in grassetto) assieme alle campagne descritte in precedenza facenti parte della P14. Nei periodi interessati dal monitoraggio nelle campagne aggiuntive, la centrale ha avuto i periodi di arresto e le percentuali di esercizio riportati in tabella.

Sigla	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Rateo deposizione insolubile [mg/m <sup>2</sup> /d]	Precipitazione raccolta [mm]	% di esercizio CTE
<b>ME 17/G</b>	13/12/17	18/01/18	36	27	150	78%
P14 18/1	18/01/18	22/02/18	35	10	109	41%
<b>ME 18/A</b>	22/02/18	29/03/18	35	32	248	20%
P14 18/2	30/03/18	27/04/18	28	97	131	0%
<b>ME 18/B</b>	27/04/18	30/05/18	33	19	54	9%
<b>ME 18/C</b>	30/05/18	28/06/18	29	37	37	17%
P14 18/3	28/06/18	01/08/18	34	22	6	35%
<b>ME 18/D</b>	01/08/18	03/09/18	33	24	39	100%
<b>ME 18/E</b>	03/09/18	11/10/18	38	28	20	100%
P14 18/4	11/10/18	06/11/18	26	349	264	27%
<b>ME 18/F</b>	06/11/18	17/12/18	41	41	202	100%

Tabella 40 – Ratei di deposizione delle polveri sedimentabili e entità precipitazioni a Melara.

I ratei di deposizione delle polveri insolubili misurati nelle campagne di monitoraggio a Melara, sono riportati nella figura seguente riferite all'intero anno. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della **P14 18** mentre quelli in rosso alle campagne aggiuntive. E' stata inclusa anche la precipitazione totale misurata presso la postazione di Comune della Spezia, in mm, con asse secondario invertito:

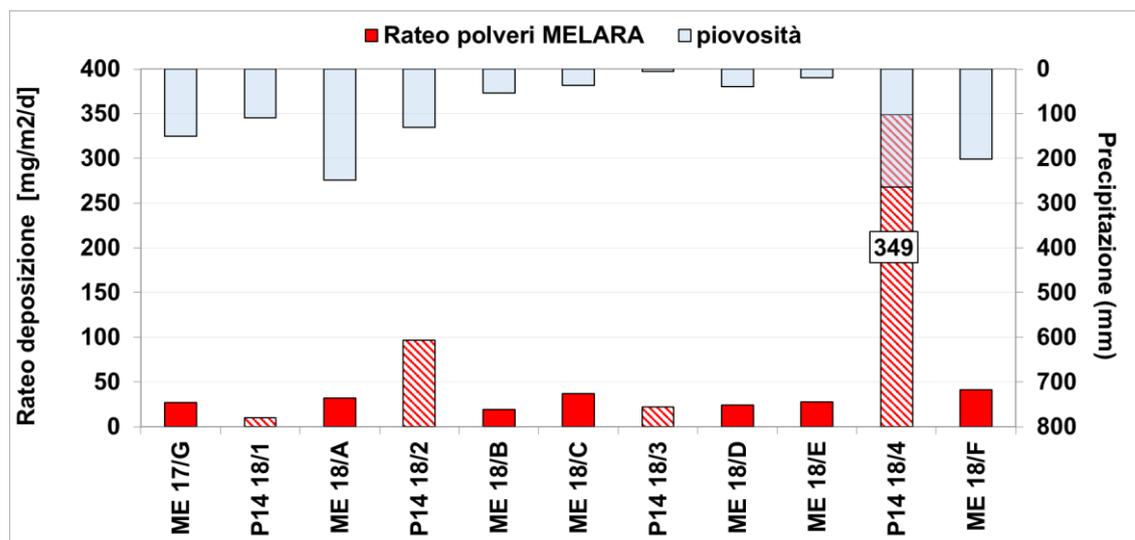


Figura 55 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili nel corso dell'anno.

Durante l'anno non si evidenziano particolari anomalie, fatto salvo la **P14 18/4** e la **P14 18/2**, ampiamente discussi in precedenza dal punto di vista meteorologico, i ratei di Melara rimangono quindi inferiori a  $50 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ .

### 5.5.2 Contenuto di metalli e specie ioniche

Nella tabella seguente sono riassunti i ratei di deposizione dei metalli determinati a Melara nel corso dell'anno in accordo con quanto previsto dalla prescrizione 14. I ratei di deposizione sono espressi tutti in  $\mu\text{g/m}^2/\text{d}$  e sono evidenziati con (\*) i ratei calcolati a partire dai valori al LdR:

Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
ME 17/G	0,16	0,02*	0,005*	0,02*	4,9	2,1	3,4	3,6	6,9	1,74
P14 18/1	0,04	0,004*	0,004*	0,01*	3,9	0,02	2,1	2,8	5,1	1,35
ME 18/A	0,19	0,03*	0,006*	0,03*	4,1	1,5	5,2	12,1	6,4	1,59
P14 18/2	0,60	0,03	0,005*	0,01*	5,8	3,5	3,7	11,9	61,8	5,73
ME 18/B	0,08	0,03*	0,006*	0,03*	1,3	0,5	0,8	3,2	4,5	0,44
ME 18/C	0,23	0,03*	0,006*	0,03*	4,9	2,3	6,7	9,4	10,7	1,69
P14 18/3	0,15	0,01	0,004*	0,01*	3,5	1,6	9,7	7,9	17,0	1,86
ME 18/D	0,12	0,03*	0,011*	0,03*	3,5	1,4	21,8	11,2	5,9	1,06
ME 18/E	0,08	0,03*	0,059*	0,03*	2,2	1,4	8,1	7,0	6,1	0,79
P14 18/4	2,67	0,09	0,005*	0,01*	28,1	13,5	17,3	42,1	187,4	27,61
ME 18/F	0,02*	0,02*	0,004*	0,02*	2,3	0,7	1,8	4,6	2,5	0,52

Tabella 41 - Ratei di deposizione in  $\mu\text{g/m}^2/\text{d}$  di metalli nelle campagne di monitoraggio 2018. Con (\*) sono identificati i valori inferiori al LdR.

In linea di massima i ratei di metalli sono variati in intervalli ristretti, a parte le campagne caratterizzate dagli eventi meteo eccezionali discussi in precedenza. Solo la deposizione di Pb nella **ME 18/D** risulta particolarmente elevata rispetto ai dati tipici di questa postazione.

Nelle campagne con funzionamento di C.le pari al 100% (**ME 18/D**, **ME 18/E** e **ME 18/F**) i ratei di metalli risultano confrontabili con quelli di campagne con funzionamento decisamente più ridotto.

Nella tabella seguente sono riassunte le concentrazioni dei metalli nel corso dell'anno, espresse in  $\mu\text{g/g}$ . I dati inferiori al limite di rilevabilità sono sostituiti con metà del loro valore limite, e sono evidenziati con (\*):

Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
<b>ME 17/G</b>	5,8	0,89*	0,18*	0,89*	182	78	126	132	255	64
P14 18/1	4,4	0,41*	0,41*	0,41*	388	2	212	279	511	135
<b>ME 18/A</b>	6,1	0,95*	0,19*	0,95*	131	47	166	381	201	50
P14 18/2	6,1	0,25	0,05*	0,05*	60	36	37	122	634	59
<b>ME 18/B</b>	4,4	1,51*	0,30*	1,51*	67	25	44	165	234	23
<b>ME 18/C</b>	6,2	0,83*	0,17*	0,83*	132	62	181	254	287	46
P14 18/3	6,6	0,56	0,18*	0,18*	158	71	433	354	758	83
<b>ME 18/D</b>	4,9	1,08*	0,47*	1,08*	148	59	919	474	250	45
<b>ME 18/E</b>	2,8	1,05*	2,07*	1,05*	78	48	284	248	214	28
P14 18/4	7,7	0,26	0,02*	0,02*	151	39	49	121	537	79
<b>ME 18/F</b>	0,5*	0,55*	0,11*	0,55*	56	17	45	65	61	13

**Tabella 42 – Concentrazione di metalli nelle polveri depositate durante le campagne di monitoraggio 2018.**  
 Valori in  $\mu\text{g/g}$ . Con (\*) sono identificati i valori inferiori al LdR.

Dalla Tabella 42 risulta che le concentrazioni dei metalli nel 2018 presentano una ridotta variabilità relativa nel corso dell'anno.

Da notare che, la campagna col maggior rateo di polveri P14 18/4 (vedi Tabella 40), presenta elevati ratei di deposizione (vedi Tabella 41), ma concentrazioni confrontabili con i valori delle altre campagne. Anche in termini di concentrazione di polveri il Pb della **ME 18/D** risulta più elevato rispetto alle altre campagne.

Nella tabella seguente invece sono riassunti i ratei di deposizione delle specie ioniche determinate a Melara nel corso dell'anno, in accordo con quanto previsto dal protocollo analitico della prescrizione 14. I ratei di deposizione sono espressi tutti in  $\text{mg/m}^2/\text{d}$ :

Campagna	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nssSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>ME 17/G</b>	4,4	25,5	3,4	0,9	1,2	44,0	8,1	3,7	0,0
P14 18/1	1,3	8,7	1,2	0,5	1,1	16,4	8,2	5,4	3,2
<b>ME 18/A</b>	7,9	11,3	1,8	0,8	1,1	20,2	2,3	3,6	0,8
P14 18/2	10,0	7,1	1,8	0,9	2,7	13,1	6,7	7,8	6,0
<b>ME 18/B</b>	5,5	17,3	2,6	0,8	0,2	31,0	4,1	7,3	2,9
<b>ME 18/C</b>	6,8	7,2	1,0	0,9	2,7	12,5	6,2	3,6	1,8
P14 18/3	1,5	0,8	0,1	0,2	0,004	1,6	1,7	1,1	0,9
<b>ME 18/D</b>	4,7	12,4	2,0	0,5	0,3	22,5	3,6	5,9	2,7
<b>ME 18/E</b>	3,6	17,2	2,1	1,6	2,3	29,8	2,1	7,0	2,8
P14 18/4	50,5	57,0	10,2	6,6	3,1	104,6	9,7	35,9	21,3
<b>ME 18/F</b>	6,4	100,9	11,9	3,6	1,2	180,8	8,3	27,5	2,2

**Tabella 43 - Ratei di deposizione in  $\text{mg/m}^2/\text{d}$  di ioni nelle campagne di monitoraggio 2018.**

I valori riportati in tabella evidenziano che le deposizioni più variabili sono quelle di sodio e cloro. La campagna **ME 18/F** presenta stranamente una elevata quantità di sali marini (sodio e cloruri), solfati e nitrati, quanto quella della campagna **P14 18/4**, che non hanno trovato spiegazioni meteorologiche.

In assenza di precipitazioni, come avvenuto durante la campagna **P14 18/3**, le deposizioni di specie ioniche sono state molto basse. I valori delle deposizioni di specie ioniche con Centrale sempre in funzione (**ME 18/D** e **ME 18/E**) non si discostano da quelli delle altre campagne, come visto in precedenza per i metalli.

## 6. Andamento e caratterizzazione del PM<sub>10</sub>

Il monitoraggio aggiuntivo del PM<sub>10</sub> nell'area della Spezia è stato condotto nelle postazioni di Le Grazie, Chiappa e Follo, dove sono stati determinati, mediante misure gravimetriche, i valori medi giornalieri di PM<sub>10</sub>. I campionamenti giornalieri di PM<sub>10</sub> sono stati effettuati a partire da mezzanotte fino alla mezzanotte del giorno successivo per circa un mese per ogni campagna della P14.

I campionamenti di PM<sub>10</sub> sono coincisi con i periodi di durata delle campagne di raccolta delle deposizioni (v. cap.5 Tabella 21).

Di seguito sono riportati graficamente gli andamenti temporali del PM<sub>10</sub> nelle tre postazioni. I periodi evidenziati in rosso chiaro sono quelli in cui le misure gravimetriche sono state eseguite da Arpal. Negli altri periodi le misure gravimetriche sono state eseguite da CESI. I dati numerici di concentrazione sono riportati in Appendice 4:

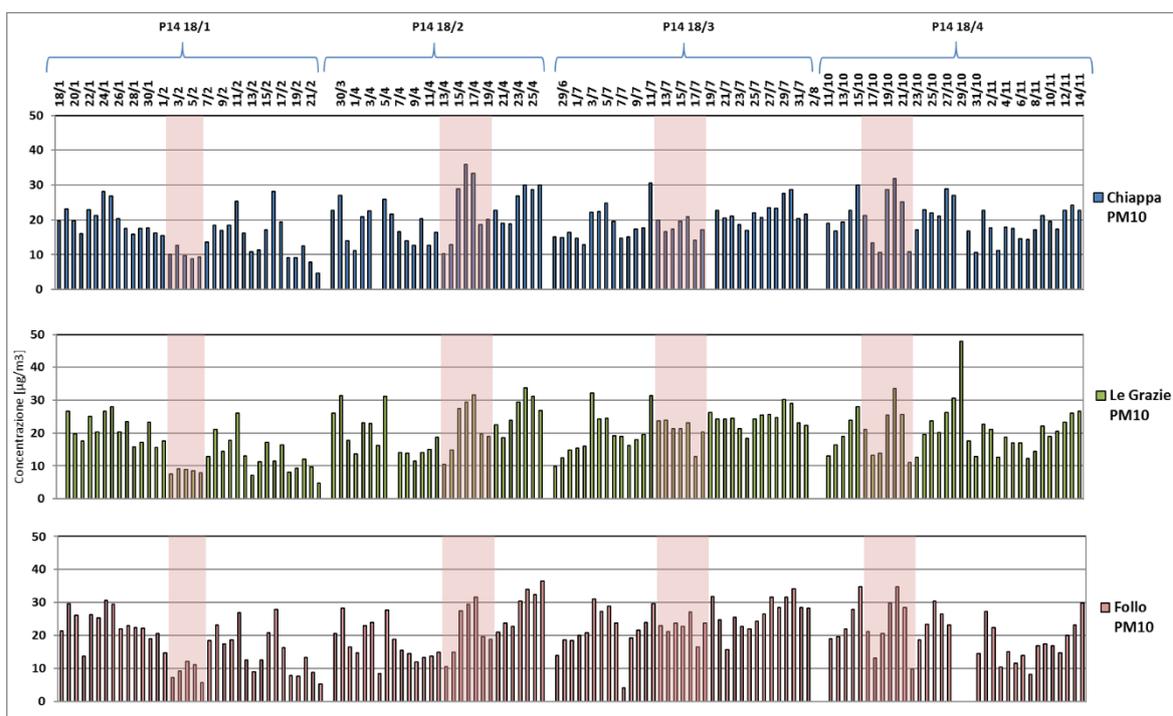


Figura 56 – Andamento del PM<sub>10</sub> nelle postazioni di Chiappa, Le Grazie e Follo nel 2018. Valori in µg/m<sup>3</sup>

Nelle tabelle seguenti sono riportati i principali parametri statistici che sintetizzano i dati di PM<sub>10</sub> misurati in ciascuna postazione nel corso delle quattro campagne del 2018:

<b>Campagna P14 18/1 (Inverno-Centrale in funzione per il 47% del periodo)</b>			
<b>Postazione</b>	<b>Chiappa</b>	<b>Le Grazie</b>	<b>Follo</b>
Data inizio	18-gen-18	18-gen-18	18-gen-18
Data fine	22-feb-18	22-feb-18	22-feb-18
n°valori giornalieri previsti	36	36	36
n°valori giornalieri sperimentali	36	35	36
% valori giornalieri sperimentali	100%	97%	100%
Superamenti 50 µg/m <sup>3</sup> nel periodo	0	0	0
<b>Media nel periodo [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>16,3</b>	<b>15,8</b>	<b>17,7</b>
Dev.Stand	5,9	6,5	7,5
Minimo [µg/m <sup>3</sup> ]	4,8	4,8	5,3
Massimo [µg/m <sup>3</sup> ]	28,1	28,1	30,6
Mediana (50° percentile)	16,5	15,9	18,6
25° percentile	11,3	9,5	12,0
50° percentile	16,5	15,9	18,6
75° percentile	19,7	20,4	23,1
95° percentile	27,1	26,7	29,6

**Tabella 44 – Sintesi dei dati di PM<sub>10</sub> a Chiappa, Le Grazie e Follo durante la campagna P14 18/1.**

<b>Campagna P14 18/2 (Primavera-Centrale ferma)</b>			
<b>Postazione</b>	<b>Chiappa</b>	<b>Le Grazie</b>	<b>Follo</b>
Data inizio	29-mar-18	29-mar-18	29-mar-18
Data fine	26-apr-18	26-apr-18	26-apr-18
n°valori giornalieri previsti	29	29	29
n°valori giornalieri sperimentali	28	28	29
% valori giornalieri sperimentali	97%	97%	100%
Superamenti 50 µg/m <sup>3</sup> nel periodo	0	0	0
<b>Media nel periodo [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>21,2</b>	<b>21,7</b>	<b>21,4</b>
Dev.Stand	6,9	7,0	7,6
Minimo [µg/m <sup>3</sup> ]	10,2	10,5	8,4
Massimo [µg/m <sup>3</sup> ]	35,9	33,7	36,6
Mediana (50° percentile)	20,6	21,1	20,6
25° percentile	15,8	14,9	14,8
50° percentile	20,6	21,1	20,6
75° percentile	26,9	28,0	27,6
95° percentile	32,2	31,5	33,4

**Tabella 45 – Sintesi dei dati di PM<sub>10</sub> a Chiappa, Le Grazie e Follo durante la campagna P14 18/2.**

<b>Campagna P14 18/3 (Estate-Centrale in funzione per il 42% del periodo)</b>			
<b>Postazione</b>	<b>Chiappa</b>	<b>Le Grazie</b>	<b>Follo</b>
Data inizio	28-giu-18	28-giu-18	28-giu-18
Data fine	02-ago-18	02-ago-18	02-ago-18
n°valori giornalieri previsti	36	36	36
n°valori giornalieri sperimentali	34	35	35
% valori giornalieri sperimentali	94%	97%	97%
Superamenti 50 µg/m <sup>3</sup> nel periodo	0	0	0
<b>Media nel periodo [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>19,7</b>	<b>21,8</b>	<b>23,9</b>
Dev.Stand	4,2	5,2	5,9
Minimo [µg/m <sup>3</sup> ]	12,8	9,8	4,2
Massimo [µg/m <sup>3</sup> ]	30,6	32,1	34,2
Mediana (50° percentile)	19,8	23,0	23,8
25° percentile	16,7	18,7	20,9
50° percentile	19,8	23,0	23,8
75° percentile	22,1	24,5	28,3
95° percentile	27,9	30,5	31,7

**Tabella 46 – Sintesi dei dati di PM<sub>10</sub> a Chiappa, Le Grazie e Follo durante la campagna P14 18/3.**

<b>Campagna P14 18/4 (Autunno- Centrale in funzione per il 30% del periodo)</b>			
<b>Postazione</b>	<b>Chiappa</b>	<b>Le Grazie</b>	<b>Follo</b>
Data inizio	11-ott-18	11-ott-18	11-ott-18
Data fine	14-nov-18	14-nov-18	14-nov-18
n°valori giornalieri previsti	35	35	35
n°valori giornalieri sperimentali	34	35	32
% valori giornalieri sperimentali	97%	100%	91%
Superamenti 50 µg/m <sup>3</sup> nel periodo	0	0	0
<b>Media nel periodo [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>19,9</b>	<b>20,8</b>	<b>20,8</b>
Dev. Stand	5,5	7,3	7,1
Minimo [µg/m <sup>3</sup> ]	10,6	11,1	8,2
Massimo [µg/m <sup>3</sup> ]	31,8	47,9	34,8
Mediana (50° percentile)	19,5	20,1	20,2
25° percentile	16,9	15,4	14,9
50° percentile	19,5	20,1	20,2
75° percentile	22,8	24,7	26,7
95° percentile	29,2	31,5	32,4

**Tabella 47 – Sintesi dei dati di PM<sub>10</sub> a Chiappa, Le Grazie e Follo durante la campagna P14 18/4.**

La copertura dei dati giornalieri è risultata molto buona per tutte le campagne, rimanendo compresa tra il 91 e il 100% dei giorni di misura.

Per tutte le campagne e in tutte le postazioni considerate non si sono mai avuti superamenti del valore limite giornaliero normativo (50 µg/m<sup>3</sup>). Più in dettaglio, nella campagna invernale (**P14 18/1**), le concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> sono rimaste comprese tra 5 e 31 µg/m<sup>3</sup> in tutte le postazioni, con valori medi del periodo compresi tra 16 e 18 µg/m<sup>3</sup>, e quelle più elevate si sono rilevate nel periodo tra il 22/1 e il 26/1 in tutte le postazioni. Nella campagna primaverile (**P14 18/2**), le concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> sono risultate comprese tra 8 e 37 µg/m<sup>3</sup>, con un andamento coerente in tutte le postazioni e valori medi del periodo compresi tra 21 e 22 µg/m<sup>3</sup>. Nella campagna estiva (**P14 18/3**) le concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> sono risultate comprese tra 4 e 34 µg/m<sup>3</sup> con un andamento simile in tutte le postazioni e valori medi del periodo compresi tra 20 e 24 µg/m<sup>3</sup>, a meno del caso della postazione di Follo il giorno 7/7.

Nella campagna autunnale (**P14 18/4**), i valori giornalieri sono risultati compresi tra 8 e 48 µg/m<sup>3</sup> con un andamento coerente in tutte le postazioni e valori medi del periodo compresi tra 20 e 21 µg/m<sup>3</sup>, con il valore massimo riscontrato nella postazione di Le Grazie il 29/10, in corrispondenza dell'evento meteo estremo di fine ottobre che ha comportato dei malfunzionamenti ai campionatori di Follo e Chiappa.

Da un punto di vista più generale, la concentrazione media del PM<sub>10</sub> nei periodi di ciascuna campagna è risultata complessivamente contenuta e poco variabile tra le postazioni a parità di periodo di campionamento, come evidenziato dalla tabella che segue in cui sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> misurate a Chiappa, Le Grazie e Follo, distinti per le quattro campagne di monitoraggio.

Campagne	Chiappa	Le Grazie	Follo
<b>P14 18/1</b> (18/01 - 22/02/18) - inverno	16,3 ± 5,9	15,8 ± 6,5	17,7 ± 7,5
<b>P14 18/2</b> (29/03 - 26/04/18) - primavera	21,2 ± 6,9	21,7 ± 7,0	21,4 ± 7,6
<b>P14 18/3</b> (28/06 - 02/08/18) - estate	19,7 ± 4,2	21,8 ± 5,2	23,9 ± 5,9
<b>P14 18/4</b> (10/10 - 14/11/18) - autunno	19,9 ± 5,5	20,8 ± 7,3	20,8 ± 7,1

Tabella 48 - Confronto tra i valori medi ± 1 deviazione standard di PM<sub>10</sub> nelle campagne del 2018. Valori in µg/m<sup>3</sup>.

Per valutare la variazione spaziale del PM<sub>10</sub> nel periodo delle campagne, nelle figure che seguono, sono riportati gli andamenti temporali delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> misurate a Chiappa, Le Grazie e Follo confrontati con quelli delle postazioni urbane di Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina, facenti parte della RQA della Spezia, in cui Arpal esegue regolarmente i monitoraggi. Nelle figure sono riportati anche i dati di precipitazione osservati per la città della Spezia nel corso di ciascuna campagna.

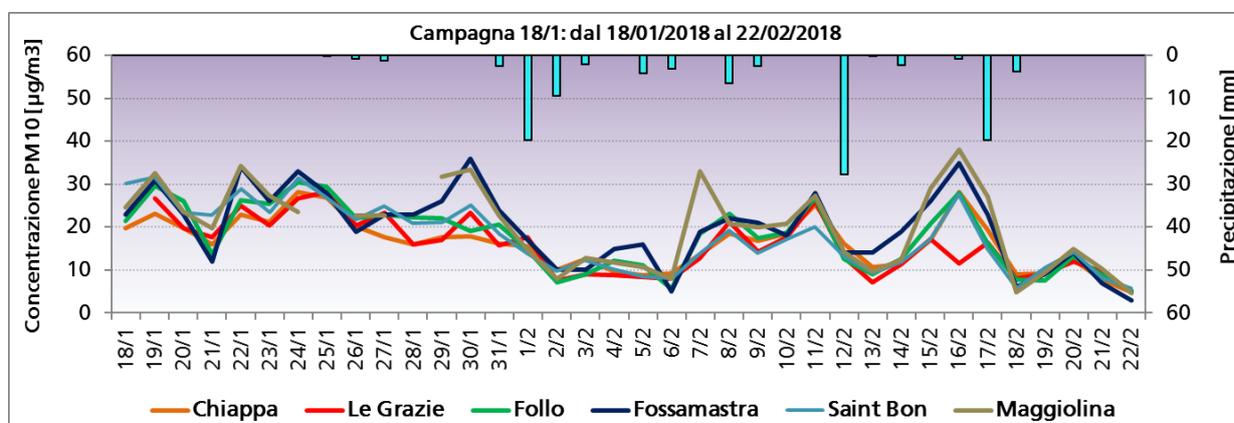


Figura 57 - Andamento temporale del PM<sub>10</sub> a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 18/1. Valori in µg/m<sup>3</sup>.

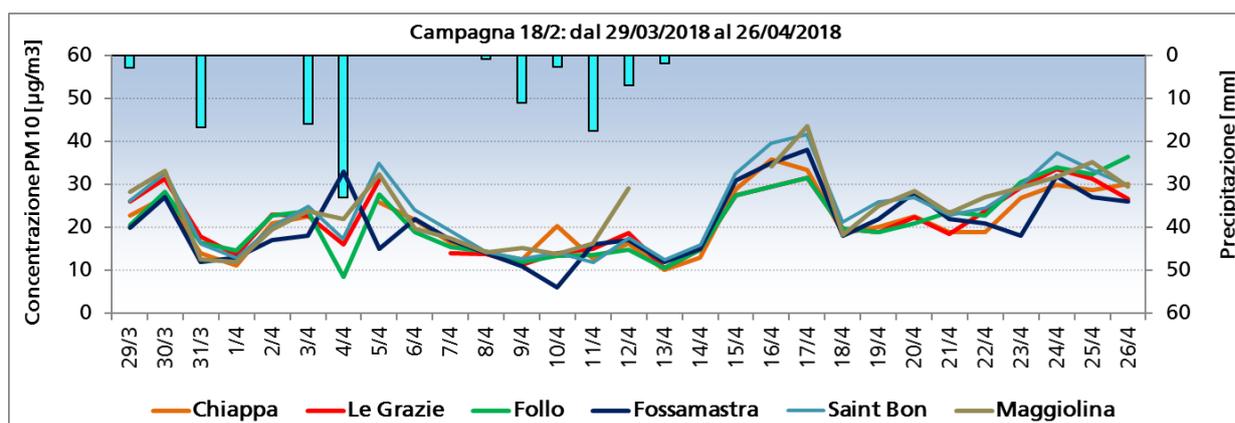


Figura 58 - Andamento temporale del PM<sub>10</sub> a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 18/2. Valori in µg/m<sup>3</sup>.

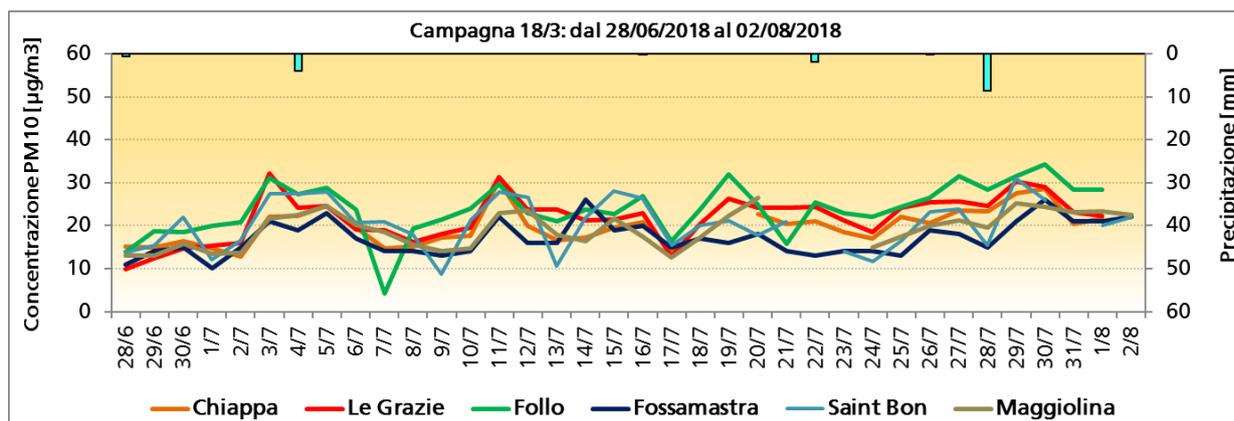


Figura 59 - Andamento temporale del PM<sub>10</sub> a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 18/3. Valori in µg/m<sup>3</sup>.

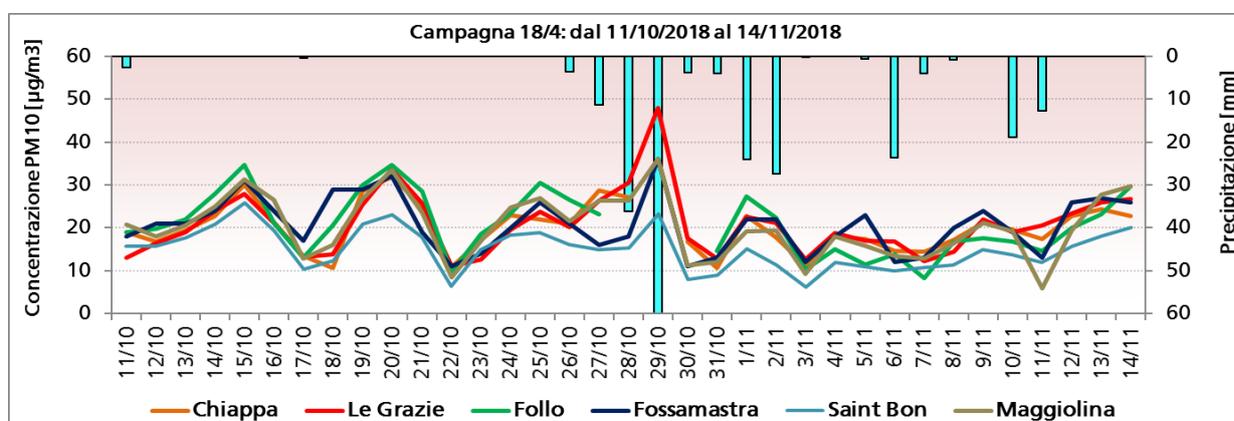


Figura 60 - Andamento temporale del PM<sub>10</sub> a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 18/4. Valori in µg/m<sup>3</sup>.

I grafici mettono in evidenza sia la coerenza della distribuzione del PM<sub>10</sub> in vari punti del comprensorio della città della Spezia, sia l'influenza di eventi puntuali probabilmente riconducibili a fenomeni spot locali, nello specifico:

- **P14 18/1** (campagna invernale): l'andamento della concentrazione del PM<sub>10</sub> è stato coerente in tutte le postazioni, con l'unica eccezione di una forte diminuzione del PM<sub>10</sub> a Le Grazie il 16/2, a fronte di un massimo relativo nelle altre postazioni. Da segnalare che in data 7/2 si è rilevato un picco di concentrazione presso la postazione di Maggiolina che non ha trovato riscontro nelle altre postazioni;
- **P14 18/2** (campagna primaverile): l'andamento della concentrazione del PM<sub>10</sub> è stato coerente in tutte le postazioni, salvo alcuni eventi puntuali che non influiscono sull'andamento complessivo;
- **P14 18/3** (campagna estiva): la concentrazione del PM<sub>10</sub> appare omogenea in tutte le postazioni e si segnala solo il caso della minore concentrazione di PM<sub>10</sub> osservata a Follo in confronto con le altre postazioni il 7/7. Nella seconda parte della campagna (a partire dal 18/7) si possono notare valori di concentrazione maggiori nelle postazioni extraurbane rispetto a quelle urbane, anche se l'andamento complessivo rimane abbastanza omogeneo;

- P14 18/4** (campagna autunnale): anche in questa campagna la concentrazione del PM<sub>10</sub> appare omogenea in tutte le postazioni. Risulta notevole il caso dell'elevata concentrazione di PM<sub>10</sub> rilevata in tutte le postazioni il giorno 29/10, in corrispondenza di un evento meteorologico caratterizzato da precipitazioni molto intense (massimo delle precipitazioni del periodo autunnale), e venti intensi dai quadranti meridionali che hanno prodotto mareggiate su tutte le coste liguri. In generale, si evidenzia una buona correlazione tra gli andamenti temporali del PM<sub>10</sub> nelle postazioni considerate, tranne i pochi eventi locali sopra descritti per la maggior parte riconducibili a fattori meteorologici.

La tabella seguente confronta i valori medi di PM<sub>10</sub> ( $\pm 1$  deviazione standard) nelle campagne del 2018 in ciascuna postazione aggiuntiva (Chiappa, Le Grazie, Follo) con quelle urbane (Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina), dove viene condotto il monitoraggio in continuo di PM<sub>10</sub>:

Campagna	Chiappa	Le Grazie	Follo	Fossamastra	Saint Bon	Maggiolina
<b>P14 18/1 (18/01 - 22/02/18)</b>	16,3 $\pm$ 5,9	15,8 $\pm$ 6,5	17,7 $\pm$ 7,5	19,8 $\pm$ 8,7	17,7 $\pm$ 7,5	20,0 $\pm$ 9,3
<b>P14 18/2 (29/03 - 26/04/18)</b>	21,2 $\pm$ 6,9	21,7 $\pm$ 7,0	21,4 $\pm$ 7,6	20,8 $\pm$ 7,8	23,9 $\pm$ 8,6	24,5 $\pm$ 8,1
<b>P14 18/3 (28/06 - 02/08/18)</b>	19,7 $\pm$ 4,2	21,8 $\pm$ 5,2	23,9 $\pm$ 5,9	17,1 $\pm$ 3,9	20,4 $\pm$ 5,7	19,1 $\pm$ 4,1
<b>P14 18/4 (10/10 - 14/11/18)</b>	19,9 $\pm$ 5,5	20,8 $\pm$ 7,3	20,8 $\pm$ 7,1	20,8 $\pm$ 6,3	15,0 $\pm$ 4,7	20,3 $\pm$ 7,1

Tabella 49 - Confronto tra i valori medi di PM<sub>10</sub> nei quattro periodi di monitoraggio. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Nei quattro periodi di monitoraggio, non si sono avute differenze molto evidenti tra le varie postazioni, con valori medi di PM<sub>10</sub> confrontabili tenuto conto della variabilità del dato. In linea generale, le maggiori concentrazioni si sono avute nelle postazioni urbane della RQA, più influenzate dalle pressioni proprie dell'ambiente urbano, fatta eccezione per il periodo estivo (**P14 18/3**) nel quale le concentrazioni maggiori si sono riscontrate nelle postazioni di Le Grazie e Follo.

Nella figura che segue è mostrato l'andamento del PM<sub>10</sub> nelle postazioni di Chiappa, Le Grazie, Follo nel periodo delle campagne e quello di Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina per il 2018. I periodi delle campagne sono indicati da un box rosso e i periodi di funzionamento della centrale sono evidenziati da uno sfondo grigio.

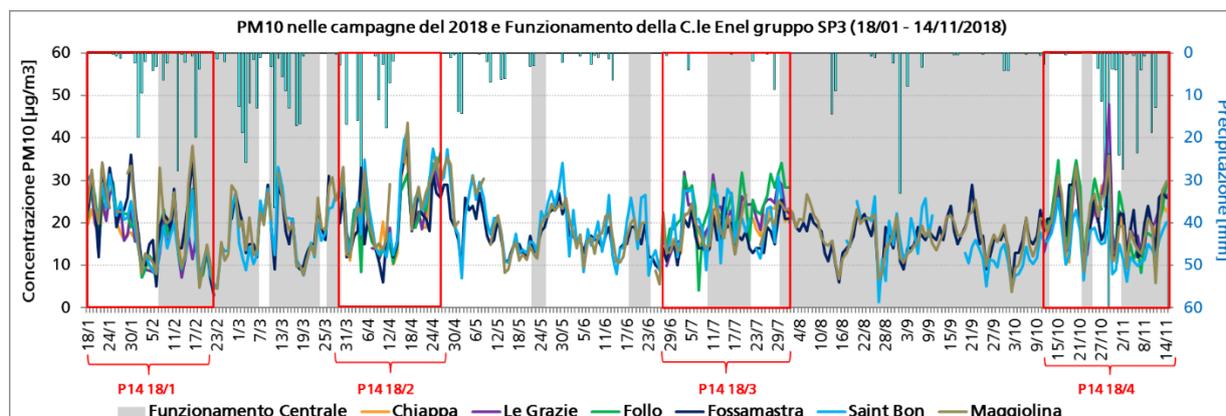


Figura 61 – Andamento del PM<sub>10</sub> nelle postazioni attivate durante le campagne e in quelle di Saint Bon e Maggiolina della RQA, attive tutto l'anno.

Dalla figura si può osservare una forte omogeneità nelle concentrazioni di PM<sub>10</sub> anche nei periodi non considerati per le campagne della P14. Si evidenzia inoltre la correlazione fra la concentrazione di PM<sub>10</sub> in aria e le precipitazioni atmosferiche, con un netto decremento tipicamente osservato dopo i periodi piovosi. Non si rileva, invece, una dipendenza con i periodi di funzionamento della Centrale.

## 6.1 Caratterizzazione chimica del PM10

I campioni giornalieri di PM<sub>10</sub> raccolti durante le campagne di monitoraggio sono stati caratterizzati per il loro contenuto di metalli e benzo(a)pirene, a cura di ARPA Liguria. In particolare, i parametri chimici sono stati determinati nei campioni delle postazioni di Amendola, Fossamastra e Maggiolina, dove è attivo il monitoraggio periodico di Arpal, cui sono stati aggiunti i campioni prelevati nelle postazioni di Le Grazie, Follo e Chiappa.

I campioni giornalieri sono stati analizzati per i parametri di interesse con cadenza di 6 giorni, nelle stesse giornate in cui tali analisi vengono effettuate di routine anche sulle postazioni della RQA (Amendola, Parco della Maggiolina, Fossamastra);

Nel dettaglio sono stati determinati i metalli previsti dal D.Lgs.155/2010 (As, Cd, Ni, Pb) e a questi sono stati aggiunti altri due di interesse per l'indagine: Cromo totale (Cr tot) e Vanadio (V).

Per alcuni dei metalli determinati e per il benzo[a]pirene valgono i seguenti valori limite o obiettivo (calcolato come media su un anno civile nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato - Allegato XIII D.Lgs. 155/2010):

- Arsenico: 6 ng/m<sup>3</sup>;
- Cadmio: 5 ng/m<sup>3</sup>;
- Nickel: 20 ng/m<sup>3</sup>;
- Piombo: 500 ng/m<sup>3</sup>;
- benzo(a)pirene: 1 ng/m<sup>3</sup>.

### 6.1.1 Contenuto di metalli nel PM10

Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati delle determinazioni di Arsenico (As), Piombo (Pb), Nickel (Ni), Cadmio (Cd) nel PM<sub>10</sub>. I valori sono espressi in ng/m<sup>3</sup>. La dicitura "nd", indica che non è disponibile il dato relativo al giorno di campionamento:

Campagna	Data	Follo	Chiappa	Grazie	Amendola	Maggiolina	Fossamastra
P14 18/1	22/01/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	28/01/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	03/02/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	09/02/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	nd	< 1
	15/02/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	21/02/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P14 18/2	29/03/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	nd
	04/04/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	10/04/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	nd
	16/04/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	nd
	22/04/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P14 18/3	03/07/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	nd	< 1
	09/07/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	15/07/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	21/07/2018	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	< 1
	27/07/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P14 18/4	13/10/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	19/10/2018	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1
	25/10/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	31/10/2018	< 1	< 1	< 1	nd	< 1	< 1
	06/11/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	12/11/2018	< 1	< 1	< 1	< 1	nd	< 1

**Tabella 50 - Concentrazioni di Arsenico nei campioni di PM<sub>10</sub>. Valori in ng/m<sup>3</sup>.**

Campagna	Data	Follo	Chiappa	Grazie	Amendola	Maggiolina	Fossamastra
P14 18/1	22/01/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5
	28/01/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5
	03/02/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	09/02/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	nd	< 0,5
	15/02/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,6
	21/02/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
P14 18/2	29/03/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	nd
	04/04/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	10/04/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	nd
	16/04/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	nd
	22/04/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
P14 18/3	03/07/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	nd	< 1
	09/07/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 1	< 1
	15/07/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 1	< 1
	21/07/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	nd	< 1	< 1
	27/07/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 1	< 1
P14 18/4	13/10/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 1	< 1
	19/10/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 1	< 1
	25/10/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 1	< 1
	31/10/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	nd	< 1	< 1
	06/11/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 1	< 1
	12/11/2018	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	nd	< 1

**Tabella 51 - Concentrazioni di Cadmio nei campioni di PM<sub>10</sub>. Valori in ng/m<sup>3</sup>.**

Campagna	Data	Follo	Chiappa	Grazie	Amendola	Maggiolina	Fossamastra
P14 18/1	22/01/2018	4,3	4,7	3,4	5,8	7,4	14,5
	28/01/2018	1,5	< 1	< 1	1,9	3,8	21,6
	03/02/2018	8,8	1,3	1,3	5,3	4,9	4,8
	09/02/2018	< 1	1,3	< 1	2,4	nd	4,9
	15/02/2018	2,4	4,0	1,4	7,9	2,6	8,0
	21/02/2018	1,2	< 1	< 1	1,5	1,4	5,2
P14 18/2	29/03/2018	< 1	< 1	< 1	< 1,0	6,1	nd
	04/04/2018	1,7	nd	< 1	1,6	4,2	2,8
	10/04/2018	3,3	< 1	< 1	2,2	< 1,0	nd
	16/04/2018	3,0	7,1	4,1	4,2	4,2	nd
	22/04/2018	< 1	< 1	< 1	4,3	4,7	4,8
P14 18/3	03/07/2018	1,7	2,4	2,4	3,1	nd	< 1,0
	09/07/2018	< 1	1,5	1,1	< 1,0	2,0	< 1,0
	15/07/2018	7,5	3,6	4,1	< 1,0	9,0	< 1,0
	21/07/2018	< 1	1,3	< 1	nd	< 1,0	< 1,0
	27/07/2018	1,4	< 1	1,6	< 1,0	< 1,0	< 1,0
P14 18/4	13/10/2018	< 1	< 1	< 1	2,0	4,0	4,0
	19/10/2018	3,8	3,7	3,7	6,0	4,0	7,0
	25/10/2018	1,7	1,3	1,3	4,0	4,0	6,0
	31/10/2018	< 1	< 1	6,3	nd	1,0	5,0
	06/11/2018	< 1	< 1	12,2	1,0	2,0	2,0
	12/11/2018	1,0	< 1	4,0	2,0	nd	4,0

**Tabella 52 - Concentrazioni di Piombo nei campioni di PM<sub>10</sub>. Valori in ng/m<sup>3</sup>.**

Campagna	Data	Follo	Chiappa	Grazie	Amendola	Maggiolina	Fossamastra
P14 18/1	22/01/2018	< 1	1,5	18,6	3,2	3,9	8,1
	28/01/2018	< 1	< 1	6,3	2,9	1,7	7,7
	03/02/2018	2,4	< 1	< 1	3,4	1,3	1,8
	09/02/2018	5,7	< 1	5,5	2,5	nd	4,0
	15/02/2018	2,4	< 1	1,0	1,8	2,4	2,8
	21/02/2018	3,0	1,2	8,4	1,1	7,2	1,5
P14 18/2	29/03/2018	1,2	1,7	1,4	3,5	4,5	nd
	04/04/2018	1,2	nd	< 1	1,9	1,4	4,5
	10/04/2018	1,5	< 1	1,5	2,1	1,3	nd
	16/04/2018	2,7	5,4	3,4	4,5	4,8	nd
	22/04/2018	2,7	3,3	3,4	11,0	8,5	4,3
P14 18/3	03/07/2018	2,5	2,4	4,7	3,1	nd	1,0
	09/07/2018	1,8	1,6	1,8	< 1,0	2,0	4,0
	15/07/2018	2,8	2,8	4,2	< 1,0	4,0	< 1,0
	21/07/2018	1,8	2,5	3,2	nd	6,0	< 1,0
	27/07/2018	2,3	2,7	3,6	2,7	5,0	< 1,0
P14 18/4	13/10/2018	< 1	< 1	1,3	5,0	3,0	4,0
	19/10/2018	2,9	3,6	3,4	6,0	5,0	3,0
	25/10/2018	10,3	2,3	2,1	6,0	6,0	4,0
	31/10/2018	< 1	< 1	< 1	nd	2	1
	06/11/2018	< 1	< 1	< 1	1	1	1
	12/11/2018	< 1	< 1	1,9	8	nd	3

**Tabella 53 - Concentrazioni di Nickel nei campioni di PM<sub>10</sub>. Valori in ng/m<sup>3</sup>.**

Relativamente alle tabelle precedenti, si possono fare le seguenti osservazioni:

- **Arsenico e Cadmio:** i valori di concentrazione nel PM<sub>10</sub> sono risultati quasi sempre pari o inferiori al limite di rilevabilità in aria (0.5 - 1 ng/m<sup>3</sup>) e quindi di molto inferiori ai limiti normativi annuali di 6 ng/m<sup>3</sup> per As e di 5 ng/m<sup>3</sup> per Cd;
- **Piombo:** nelle quattro campagne, i valori di concentrazione sono risultati molto bassi e nettamente inferiori al limite normativo di 500 ng/m<sup>3</sup>, con concentrazioni tipicamente rimaste comprese tra valori inferiori al limite di rilevabilità e 10 ng/m<sup>3</sup> in tutte le postazioni. Si riscontra una concentrazione lievemente maggiore nelle postazioni urbane rispetto alle postazioni extraurbane dipendente dal volume di traffico;
- **Nickel:** i valori di concentrazione giornaliera di Ni sono risultati tipicamente compresi tra valori inferiori al limite di rilevabilità e 10 ng/m<sup>3</sup> in tutte le postazioni ad esclusione di Le Grazie il 22/1 (19 ng/m<sup>3</sup>) e Amendola il 22/4 (11 ng/m<sup>3</sup>).

### 6.1.2 Contenuto di benzo[a]pirene nel PM10

Come sopra descritto il benzo[a]pirene (BaP) è stato misurato solo nei campioni di Amendola, Fossamastra e Maggiolina, postazioni in cui viene determinato con frequenza di sei giorni, in corrispondenza della caratterizzazione dei metalli. I risultati sono riportati nella tabella seguente.

Campagna	Data	Amendola	Maggiolina	Fossamastra
P14 18/1	22/01/2018	0,07	0,06	0,04
	28/01/2018	0,09	0,11	0,17
	03/02/2018	0,20	0,09	0,15
	09/02/2018	0,09	0,04	0,04
	15/02/2018	0,07	0,04	0,04
	21/02/2018	0,20	0,04	0,13
P14 18/2	29/03/2018	0,04	0,04	nd
	04/04/2018	0,04	0,06	0,09
	10/04/2018	0,04	0,04	nd
	16/04/2018	0,04	0,04	nd
	22/04/2018	0,04	0,04	0,04
P14 18/3	03/07/2018	0,11	0,13	0,04
	09/07/2018	0,09	0,11	0,04
	15/07/2018	0,17	0,11	0,04
	21/07/2018	0,04	0,11	0,04
	27/07/2018	0,14	0,15	0,04
P14 18/4	13/10/2018	0,19	0,33	0,17
	19/10/2018	1,26	0,13	0,17
	25/10/2018	0,87	0,13	0,11
	31/10/2018	0,30	0,20	0,24
	06/11/2018	0,22	nd	0,37
	12/11/2018	0,28	nd	0,35

Tabella 54 - Concentrazioni di benzo[a]pirene nei campioni di PM<sub>10</sub>. Valori in ng/m<sup>3</sup>.

Nella tabella che segue, sono riportati i principali parametri statistici per ciascuna campagna e postazione di monitoraggio:

	Amendola	Fossamastra	Maggiolina	
P14 18/1	<i>n</i>	6	6	6
	<b>Media</b>	<b>0,12</b>	<b>0,06</b>	<b>0,09</b>
	Min	0,07	0,04	0,04
	Max	0,20	0,11	0,17
	Mediana	0,09	0,05	0,08
P14 18/2	<i>n</i>	5	5	2
	<b>Media</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,06</b>
	Min	0,04	0,04	0,04
	Max	0,04	0,06	0,09
P14 18/3	<i>n</i>	5	5	5
	<b>Media</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,04</b>
	Min	0,04	0,11	0,04
	Max	0,17	0,15	0,04
P14 18/4	<i>n</i>	6	4	6
	<b>Media</b>	<b>0,52</b>	<b>0,20</b>	<b>0,23</b>
	Min	0,19	0,13	0,11
	Max	1,26	0,33	0,37
	Mediana	0,29	0,17	0,20

Tabella 55 – Indici statistici descrittivi delle concentrazioni di benzo[a]pirene nei campioni di PM<sub>10</sub>. Valori in ng/m<sup>3</sup>, salvo *n* (numero dei campioni).

I valori medi nelle tre postazioni per le campagne invernale, primaverile ed estive sono rimaste comprese tra 0.04 e 0.12 ng/m<sup>3</sup> solo nelle campagne autunnali i valori sono rimasti compresi tra 0.20 e 0.52 ng/m<sup>3</sup> (Amendola). Si sottolinea che la media della

campagna **P14 18/4** ad Amendola è stata influenzata da due valori elevati con tutta probabilità dipendenti da situazioni del tutto locali. Complessivamente le concentrazioni di benzo[a]pirene sono risultate ben al di sotto del valore normativo 1 ng/m<sup>3</sup>.

### **6.1.3 Contenuto di levoglucosano, carbonio elementare e organico nel PM<sub>10</sub>**

Come previsto dal protocollo analitico, sono stati esaminati alcuni campioni di PM<sub>10</sub> relativamente al loro contenuto di levoglucosano, Carbonio Elementare (EC) e Carbonio Organico (OC).

Per considerazioni di dettaglio sulle sorgenti di emissione di levoglucosano e di carbonio (EC e OC), si rimanda al rapporto sulle misure del 2015. In sintesi, il levoglucosano, un anidro-zucchero, è considerato uno dei traccianti specifici della combustione della legna nei campioni di particolato atmosferico [Simoneit, 1999, Duan et al., 2004, Schmidl et al., 2008].

Il Carbonio Organico (OC) è una miscela di idrocarburi e di composti ossigenati del carbonio e può essere sia di origine primaria sia secondaria. L'OC primario si origina da emissioni da combustione principalmente come particelle submicroniche e anche da emissioni naturali di specie vegetali [Duan et al., 2004] mentre quello secondario da reazioni fotochimiche che avvengono in atmosfera tra composti organici volatili e precursori gassosi [Jacobson et al., 2000; Kanakidou et al., 2005; Tsigaridis et al., 2006].

Il Carbonio Elementare (EC) ha struttura grafitea con colorazione nera. È essenzialmente un inquinante primario, emesso direttamente durante l'incompleta combustione di fossili e carburanti [Bond et al., 2007, Szidat S. et al., 2009, Chow, J. et al. 2011].

Il rapporto OC/EC è un parametro che può aiutare a discriminare tra differenti sorgenti di PM<sub>10</sub> in quanto durante l'estate è principalmente influenzato dalla maggiore produzione di OC secondario derivante da attività fotochimica e dall'aumentata emissione di precursori biogenici di aerosol secondari organici (SOA); durante l'inverno è influenzato da emissioni primarie quali la combustione di combustibili fossili.

Le determinazioni analitiche di levoglucosano, EC e OC sono state condotte con le stesse modalità di quelle dei campioni del 2015<sup>23</sup>.

A seconda delle aree investigate, il rapporto OC/EC varia da valori alti, anche superiori a 16 a valori prossimi a 1. I valori maggiori si hanno in estate in postazioni meno antropizzate in quanto l'OC è elevato per la presenza di vegetazione che ne favorisce la formazione e l'EC è basso per la scarsa presenza di sorgenti antropiche. Viceversa, i valori più bassi si hanno nel periodo invernale e negli ambienti inquinati, dove le sorgenti primarie di OC e soprattutto di EC sono prevalenti [Handler et al., 2008].

Le determinazioni di levoglucosano, Carbonio Organico (OC) e Carbonio Elementare (EC) sono state condotte in alcuni campioni del periodo invernale-primaverile ed estivo delle postazioni di Follo, Chiappa e Le Grazie.

<sup>23</sup> V. Rapporti Arpal nr. 11569 del 14/04/17 e nr. 2778 del 26/01/18

### 6.1.3.1 Inquadramento meteorologico dei giorni di campionamento

La tabella che segue sintetizza i principali parametri meteorologici dei giorni in cui si è effettuata la determinazione di OC, EC e levoglucosano:

Data	Meteo significativo del giorno	Temperatura massima (°C)	Temperatura minima (°C)	Temperatura media (°C)	Precipitazione mm	Intensità del vento (m/s)	Intensità del vento massima (m/s)
19/01/2018	coperto	15	8	12	0	4	7
24/01/2018	sereno - alta pressione e marcata inversione	15	6	11	0	1	2
30/01/2018	coperto	12	10	11	0	1	2
08/02/2018	deboli precipitazioni e forte ventilazione meridionale	9	6	7	1	2	3
16/02/2018	coperto	11	7	9	0	1	2
30/03/2018	coperto, locali rovesci, vento SW	16	13	14	0	5	8
05/04/2018	nuvoloso, poi sereno da pomeriggio	17	11	14	0	3	6
17/04/2018	poco nuvoloso	21	13	17	0	2	4
26/04/2018	nuvoloso, poi sereno da pomeriggio	22	16	18	0	2	5
04/07/2018	sereno	28	22	25	0	3	7
11/07/2018	instabile	26	22	25	0	5	9
14/07/2018	sereno	32	21	27	0	2	4
22/07/2018	poco nuvoloso	28	21	25	0	2	5
29/07/2018	poco nuvoloso	31	23	26	0	2	5
15/10/2018	sereno	25	15	20	0	2	4
26/10/2018	coperto - libeccio	21	17	19	0	3	7
01/11/2018	poco nuvoloso - pioggia	20	12	15	7	2	6
09/11/2018	poco nuvoloso	19	14	16	0	1	2
14/11/2018	nuvoloso	20	14	16	0	1	4

**Tabella 56 - Sintesi dei principali parametri meteorologici dei giorni interessati dalle analisi di OC, EC e Levoglucosano.**

Per limitare l'influenza eccessiva delle variabili meteorologiche, sono stati scelti campioni raccolti in giornate con assenza quasi totale di precipitazioni e per lo più serene e con temperature nelle medie stagionali.

### 6.1.3.2 Risultati della determinazione del levoglucosano nel PM<sub>10</sub>

Nella tabella che segue, sono riportati i valori in concentrazione di PM<sub>10</sub>, levoglucosano e la percentuale di levoglucosano presente nel PM<sub>10</sub>:

Postazione	Data	PM <sub>10</sub>	Levoglucosano [µg/m <sup>3</sup> ]	% nel PM <sub>10</sub>
FOLLO	19/01/2018	29,7	0,48	1,62%
FOLLO	24/01/2018	30,6	0,67	2,19%
FOLLO	30/01/2018	19,1	0,51	2,67%
FOLLO	08/02/2018	23,2	0,70	3,02%
FOLLO	16/02/2018	27,9	0,64	2,30%
FOLLO	30/03/2018	28,4	0,07	0,23%
FOLLO	05/04/2018	27,6	0,18	0,63%
FOLLO	17/04/2018	31,6	0,25	0,80%
FOLLO	26/04/2018	36,6	0,08	0,21%
FOLLO	04/07/2018	27,4	0,01	0,02%
FOLLO	11/07/2018	29,6	0,07	0,23%
FOLLO	14/07/2018	23,8	0,15	0,65%
FOLLO	22/07/2018	25,5	0,48	1,88%
FOLLO	29/07/2018	31,6	0,05	0,15%
FOLLO	15/10/2018	34,8	0,22	0,64%
FOLLO	26/10/2018	26,5	0,28	1,05%
FOLLO	01/11/2018	27,4	0,46	1,68%
FOLLO	09/11/2018	17,5	0,66	3,76%
FOLLO	14/11/2018	29,8	1,44	4,82%
LE GRAZIE	19/01/2018	23,1	0,48	2,08%
LE GRAZIE	24/01/2018	28,1	0,84	3,00%
LE GRAZIE	30/01/2018	17,8	0,91	5,10%
LE GRAZIE	08/02/2018	18,5	0,54	2,92%
LE GRAZIE	16/02/2018	28,1	0,88	3,14%
LE GRAZIE	30/03/2018	27,0	0,20	0,75%
LE GRAZIE	05/04/2018	25,8	0,63	2,46%
LE GRAZIE	17/04/2018	33,4	0,24	0,72%
LE GRAZIE	26/04/2018	30,1	0,66	2,21%
LE GRAZIE	04/07/2018	22,3	0,07	0,29%
LE GRAZIE	11/07/2018	30,6	0,17	0,57%
LE GRAZIE	22/07/2018	21,1	0,30	1,44%
LE GRAZIE	29/07/2018	27,6	0,10	0,37%
LE GRAZIE	15/10/2018	30,0	0,32	1,07%
LE GRAZIE	26/10/2018	21,0	0,58	2,77%
LE GRAZIE	01/11/2018	22,8	0,85	3,72%
LE GRAZIE	09/11/2018	21,2	1,16	5,47%
LE GRAZIE	14/11/2018	22,7	1,53	6,74%
CHIAPPA	19/01/2018	26,7	0,14	0,52%
CHIAPPA	24/01/2018	26,7	0,40	1,50%
CHIAPPA	30/01/2018	23,3	0,49	2,11%
CHIAPPA	08/02/2018	21,2	0,35	1,66%
CHIAPPA	16/02/2018	11,5	0,41	3,59%
CHIAPPA	30/03/2018	31,4	0,03	0,11%
CHIAPPA	05/04/2018	31,2	0,32	1,03%
CHIAPPA	17/04/2018	31,6	0,12	0,39%
CHIAPPA	26/04/2018	26,8	0,03	0,10%
CHIAPPA	04/07/2018	24,2	0,11	0,46%
CHIAPPA	11/07/2018	31,4	0,10	0,31%
CHIAPPA	22/07/2018	24,4	0,23	0,93%
CHIAPPA	29/07/2018	30,2	0,54	1,78%
CHIAPPA	15/10/2018	27,9	0,24	0,85%
CHIAPPA	26/10/2018	20,1	0,15	0,73%
CHIAPPA	01/11/2018	22,6	0,72	3,19%
CHIAPPA	09/11/2018	22,0	1,15	5,21%
CHIAPPA	14/11/2018	26,6	1,31	4,91%

Tabella 57 - Risultati delle determinazioni di Levoglucosano in alcuni campioni di PM<sub>10</sub>.

I risultati sono mostrati in forma grafica negli istogrammi seguenti.

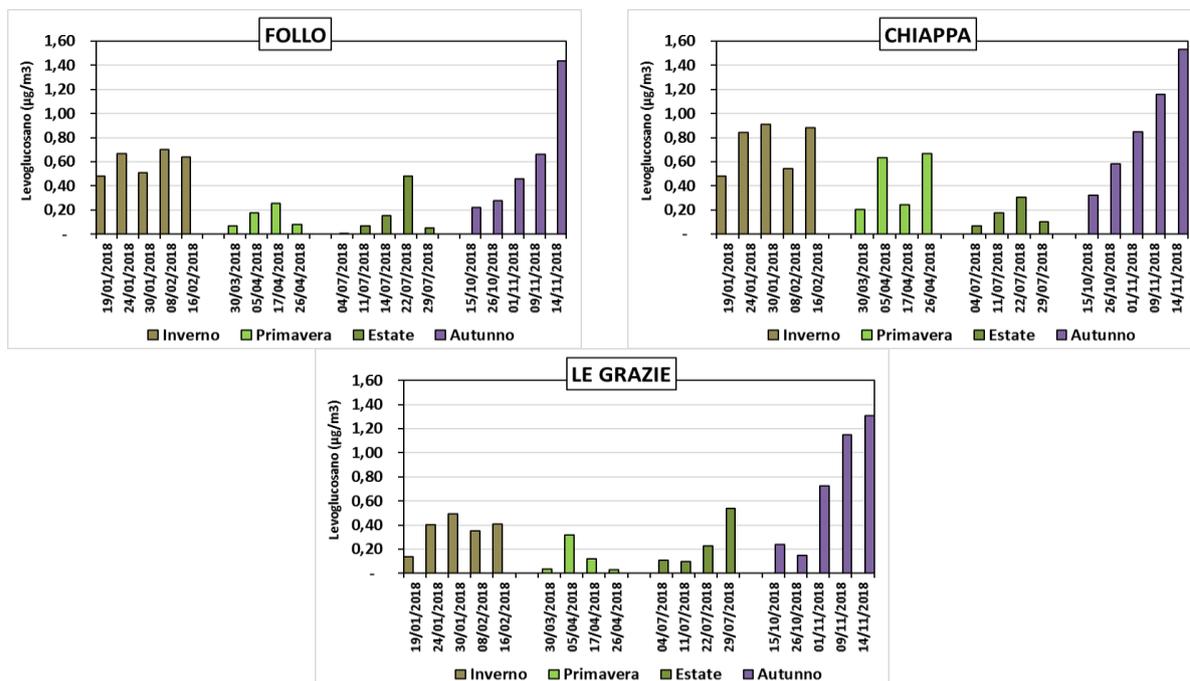


Figura 62 – Andamento delle concentrazioni di Levoglucosano in alcuni campioni stagionali di Follo, Chiappa e Le Grazie.

Dalla tabella e dalle figure precedenti risaltano immediatamente alcuni elementi:

- in linea generale, la concentrazione di levoglucosano è risultata inferiore in primavera e in estate rispetto all'autunno e all'inverno e ciò è coerente con l'utilizzo di sistemi di riscaldamento domestico basati sulla combustione di biomassa;
- a fronte di una quasi uniformità di concentrazione in inverno, nel periodo autunnale si ha un aumento progressivo della concentrazione di levoglucosano.

Nel 2018, come atteso, il contributo del levoglucosano alla concentrazione di PM<sub>10</sub> è variato molto stagionalmente e la tabella che segue riassume tale contributo per ciascuna postazione.

	Levoglucosano % nel PM <sub>10</sub>			
	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
FOLLO	1,62% - 3,02%	0,21% - 0,80%	0,02% - 1,88%	0,64% - 4,82%
LE GRAZIE	2,08% - 5,10%	0,72% - 2,46%	0,29% - 1,44%	1,07% - 6,74%
CHIAPPA	0,52% - 3,59%	0,10% - 1,03%	0,31% - 1,78%	0,73% - 5,21%

Tabella 58 – Contenuto % stagionale di Levoglucosano nel PM<sub>10</sub>.

Appare evidente l'incremento di levoglucosano nel PM<sub>10</sub> in autunno e in inverno in tutte le postazioni e con maggiore evidenza a Le Grazie. Tale postazione risente, quindi, più delle altre delle influenze della combustione di biomasse.

In termini di concentrazione in aria, la tabella seguente riassume le concentrazioni medie stagionali di levoglucosano in ciascuna postazione:

	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
FOLLO	0,60	0,14	0,15	0,61
LE GRAZIE	0,73	0,44	0,16	0,89
CHIAPPA	0,36	0,13	0,24	0,71

Tabella 59 - Medie stagionali della concentrazione in aria di Levoglucosano. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La concentrazione in aria di levoglucosano in tutte le postazioni risulta maggiore in autunno e in inverno. La media annuale dell'intero comprensorio risulta essere nel 2018 di  $0.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore in linea con quanto misurato in altri siti di fondo urbano [Piazzalunga et al., 2011].

### 6.1.3.3 Risultati della determinazione di OC e EC nel PM<sub>10</sub>

Nella tabella che segue, sono riportate le concentrazioni di Carbonio Organico (OC) e Carbonio Elementale (EC) determinate nei campioni di PM<sub>10</sub> del 2018, il valore di concentrazione di Carbonio Totale (TC) calcolato come somma dei valori di OC ed EC, la percentuale di OC ed EC nel PM<sub>10</sub> e il rapporto OC/EC:

Postazione	Data	PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	OC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	TC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	% OC nel PM <sub>10</sub>	% EC nel PM <sub>10</sub>	OC/EC
FOLLO	19/01/2018	29,7	3,65	0,53	4,18	12%	2%	6,9
FOLLO	24/01/2018	30,6	8,08	1,01	9,09	26%	3%	8,0
FOLLO	30/01/2018	19,1	4,91	1,08	5,99	26%	6%	4,6
FOLLO	08/02/2018	23,2	5,49	0,69	6,20	24%	3%	7,9
FOLLO	16/02/2018	27,9	6,96	0,66	7,62	25%	2%	10,5
FOLLO	30/03/2018	28,4	2,28	0,60	2,87	8%	2%	3,8
FOLLO	05/04/2018	27,6	1,84	0,39	2,23	7%	1%	4,7
FOLLO	17/04/2018	31,6	4,18	0,46	4,65	13%	1%	9,1
FOLLO	26/04/2018	36,6	3,24	0,43	3,67	9%	1%	7,5
FOLLO	04/07/2018	27,4	2,52	0,40	2,92	9%	1%	6,3
FOLLO	11/07/2018	29,6	3,21	0,49	3,70	11%	2%	6,5
FOLLO	14/07/2018	23,8	5,43	0,55	5,98	23%	2%	9,8
FOLLO	22/07/2018	25,5	3,80	0,44	4,24	15%	2%	8,7
FOLLO	29/07/2018	31,6	3,82	0,56	4,38	12%	2%	6,8
FOLLO	15/10/2018	34,8	5,75	0,88	6,63	17%	3%	6,5
FOLLO	26/10/2018	26,5	3,53	0,54	4,07	13%	2%	6,5
FOLLO	01/11/2018	27,4	3,13	0,42	3,55	11%	2%	7,5
FOLLO	09/11/2018	17,5	4,30	0,54	4,84	25%	3%	8,0
FOLLO	14/11/2018	29,8	8,95	1,00	9,95	30%	3%	9,0
LE GRAZIE	19/01/2018	23,1	3,66	0,62	4,29	16%	3%	5,9
LE GRAZIE	24/01/2018	28,1	8,14	0,98	9,10	29%	3%	8,3
LE GRAZIE	30/01/2018	17,8	7,06	0,77	7,83	40%	4%	9,2
LE GRAZIE	08/02/2018	18,5	4,53	0,58	5,12	25%	3%	7,8
LE GRAZIE	16/02/2018	28,1	7,45	1,17	8,62	27%	4%	6,4
LE GRAZIE	30/03/2018	27,0	1,95	0,51	2,46	7%	2%	3,8
LE GRAZIE	05/04/2018	25,8	3,16	0,62	3,78	12%	2%	5,1
LE GRAZIE	17/04/2018	33,4	4,61	0,78	5,38	14%	2%	5,9
LE GRAZIE	26/04/2018	30,1	3,55	0,84	4,39	12%	3%	4,2
LE GRAZIE	04/07/2018	22,3	2,67	0,44	3,11	12%	2%	6,1
LE GRAZIE	11/07/2018	30,6	4,00	0,59	4,59	13%	2%	6,8
LE GRAZIE	22/07/2018	21,1	3,07	0,54	3,62	15%	3%	5,7
LE GRAZIE	29/07/2018	27,6	3,80	0,67	4,46	14%	2%	5,7
LE GRAZIE	15/10/2018	30,0	6,84	1,08	7,92	23%	4%	6,3
LE GRAZIE	26/10/2018	21,0	4,50	0,80	5,30	21%	4%	5,6
LE GRAZIE	01/11/2018	22,8	4,05	0,53	4,58	18%	2%	7,7
LE GRAZIE	09/11/2018	21,2	6,24	0,76	6,99	29%	4%	8,2
LE GRAZIE	14/11/2018	22,7	8,15	1,01	9,16	36%	4%	8,1
CHIAPPA	19/01/2018	26,7	2,21	0,52	2,73	8%	2%	4,3
CHIAPPA	24/01/2018	26,7	6,67	1,31	7,98	25%	5%	5,1
CHIAPPA	30/01/2018	23,3	6,46	1,33	7,79	28%	6%	4,9
CHIAPPA	08/02/2018	21,2	3,77	0,81	4,57	18%	4%	4,7
CHIAPPA	16/02/2018	11,5	5,83	0,86	6,70	51%	8%	6,7
CHIAPPA	30/03/2018	31,4	1,55	0,32	1,85	5%	1%	4,8
CHIAPPA	05/04/2018	31,2	1,66	0,39	2,06	5%	1%	4,2
CHIAPPA	17/04/2018	31,6	3,62	0,80	4,41	11%	3%	4,5

Postazione	Data	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	OC [µg/m <sup>3</sup> ]	EC [µg/m <sup>3</sup> ]	TC [µg/m <sup>3</sup> ]	% OC nel PM <sub>10</sub>	% EC nel PM <sub>10</sub>	OC/EC
CHIAPPA	26/04/2018	26,8	2,48	0,63	3,11	9%	2%	3,9
CHIAPPA	04/07/2018	24,2	2,29	0,34	2,63	9%	1%	6,7
CHIAPPA	11/07/2018	31,4	2,99	0,55	3,54	10%	2%	5,4
CHIAPPA	22/07/2018	24,4	2,87	0,56	3,42	12%	2%	5,2
CHIAPPA	29/07/2018	30,2	3,81	0,58	4,39	13%	2%	6,6
CHIAPPA	15/10/2018	27,9	5,86	1,03	6,89	21%	4%	5,7
CHIAPPA	26/10/2018	20,1	2,80	0,64	3,44	14%	3%	4,4
CHIAPPA	01/11/2018	22,6	3,19	0,58	3,77	14%	3%	5,5
CHIAPPA	09/11/2018	22,0	6,06	1,67	7,73	27%	8%	3,6
CHIAPPA	14/11/2018	26,6	7,21	1,17	8,39	27%	4%	6,1

Tabella 60 - Risultati delle determinazioni di OC e EC in alcuni campioni di PM<sub>10</sub>.

I dati della tabella precedente sono mostrati in forma di istogrammi nelle figure che seguono.

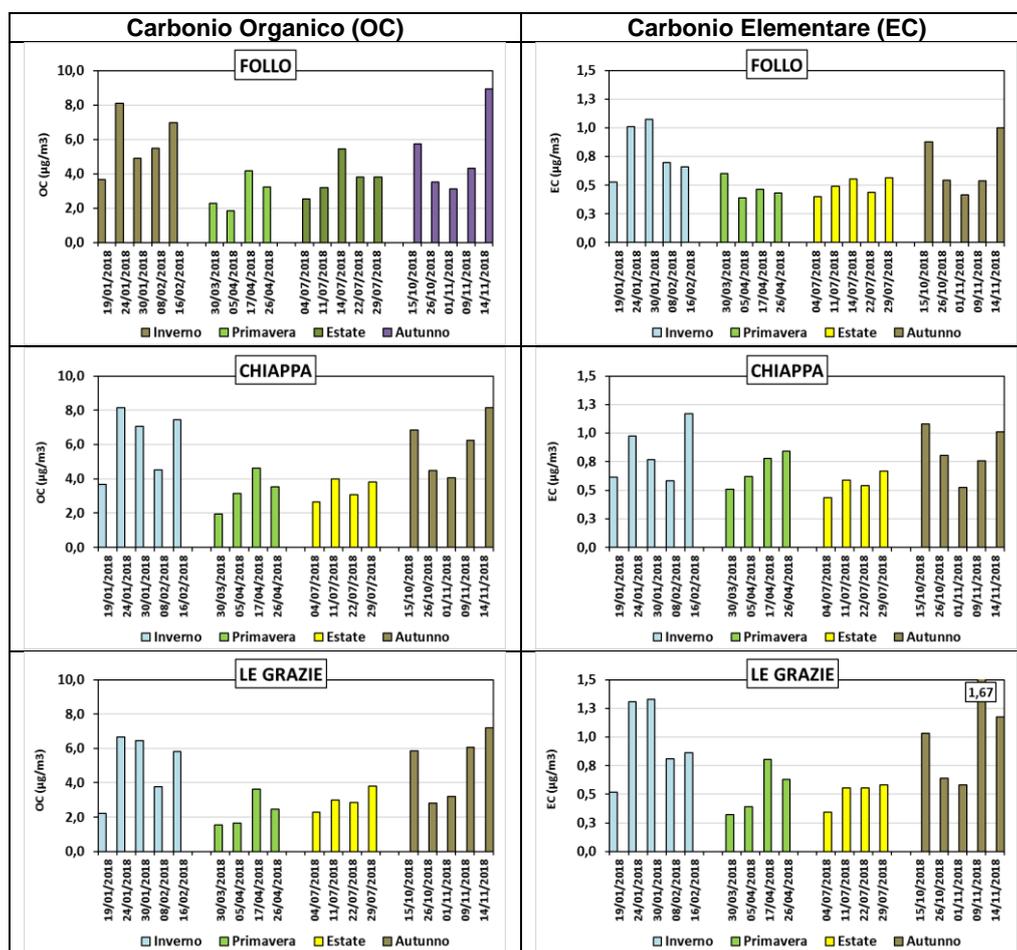


Figura 63 – Andamento temporale della concentrazione di OC ed EC nei campioni delle campagne del 2018.

In linea generale, le concentrazioni di OC ed EC sono maggiori in inverno ed in autunno come risulta anche dalla tabella che segue in cui sono riportate le concentrazioni medie stagionali per il 2018:

		Inverno	Primavera	Estate	Autunno
FOLLO	OC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	5,8	2,9	3,8	5,1
	EC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,8	0,5	0,5	0,7
LE GRAZIE	OC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	6,2	3,3	3,4	6,0
	EC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,8	0,7	0,6	0,8
LA CHIAPPA	OC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	5,0	2,3	3,0	5,0
	EC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	1,0	0,5	0,5	1,0

**Tabella 61 – Concentrazioni medie stagionali di OC ed EC nelle campagne del 2018.**

Anche nel 2018 le differenze tra le concentrazioni di OC ed EC tra le postazioni sono contenute. Per quanto riguarda le concentrazioni di OC, le medie invernali sono comprese tra 5.0 e 6.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , quelle primaverili tra 2.3 e 3.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , quelle estive tra 3.0 e 3.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e quelle autunnali tra 5.0 e 6.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Per quanto riguarda le concentrazioni di EC, i valori sono sempre risultati compresi tra 0.5 e 1.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e le differenze stagionali tra le postazioni sono poco accentuate ed è rilevabile un incremento in autunno e in inverno osservabile in tutte le postazioni.

Le tabelle seguenti riassumono alcuni indici statistici delle misure di OC ed EC nelle tre postazioni.

Follo						
	OC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	TC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	% OC nel PM <sub>10</sub>	% EC nel PM <sub>10</sub>	OC/EC
Media	4,5	0,6	5,1	17%	2%	7,3
Dev. Std	1,9	0,2	2,1	7%	1%	1,8
Min.	1,8	0,4	2,2	7%	1%	3,8
Max.	9,0	1,1	9,9	30%	6%	10,5

**Tabella 62 – Statistica descrittiva delle misure di OC ed EC del 2018 per la postazione di Follo.**

La Chiappa						
	OC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	TC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	% OC nel PM <sub>10</sub>	% EC nel PM <sub>10</sub>	OC/EC
Media	4,0	0,8	4,7	17%	3%	5,1
Dev. Std	1,9	0,4	2,2	11%	2%	0,9
Min.	1,5	0,3	1,9	5%	1%	3,6
Max.	7,2	1,7	8,4	51%	8%	6,7

**Tabella 63 - Statistica descrittiva delle misure di OC ed EC del 2018 per la postazione di La Chiappa.**

Le Grazie						
	OC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	TC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	% OC nel PM <sub>10</sub>	% EC nel PM <sub>10</sub>	OC/EC
Media	4,9	0,7	5,6	20%	3%	6,5
Dev. Std	1,9	0,2	2,1	9%	1%	1,5
Min.	1,9	0,4	2,5	7%	2%	3,8
Max.	8,2	1,2	9,2	40%	4%	9,2

**Tabella 64 - Statistica descrittiva delle misure di OC ed EC del 2018 per la postazione di Le Grazie.**

Il contenuto di OC nel PM<sub>10</sub> nel 2018 è risultato piuttosto variabile e compreso nell'intervallo 5 - 51%, comportamento analogo si è osservato per il contenuto di EC, compreso nell'intervallo 1 - 8%, in ogni caso entrambi in linea con i valori dei precedenti monitoraggi.

In estrema sintesi, i valori medi annui di concentrazione di OC ed EC nel comprensorio della Spezia risultano essere:

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

- OC:  $4.5 \pm 1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- EC:  $0.7 \pm 0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tali valori sono comparabili con quanto tipicamente rilevato in Europa. Infatti, in una indagine che ha preso in considerazione 14 siti della rete EMEP, di cui 12 di fondo rurale e 2 di fondo urbano, sono stati individuati i seguenti intervalli di concentrazioni medie in aria di OC ed EC:

- OC: da  $1.20 \pm 1.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di Mace Head (Irlanda) a  $7.79 \pm 6.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di Ispra (Italia);
- EC: da  $0.17 \pm 0.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a Birkenes (Norvegia) a  $1.83 \pm 1.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di Ispra (Italia).

Le tabelle seguenti sintetizzano il peso relativo di OC e EC sulla concentrazione totale di  $\text{PM}_{10}$  in aria, stagionalmente e annualmente:

OC					
Postazione	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Annuale
Follo	23%	9%	14%	19%	16%
Le Grazie	27%	11%	13%	25%	19%
Chiappa	26%	8%	11%	21%	16%

**Tabella 65 – Contenuto % medio di OC nei campioni di  $\text{PM}_{10}$ .**

EC					
Postazione	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Annuale
Follo	3%	2%	2%	3%	2%
Le Grazie	4%	2%	2%	4%	3%
Chiappa	5%	2%	2%	4%	3%

**Tabella 66 – Contenuto % medio di EC nei campioni di  $\text{PM}_{10}$ .**

Nei campioni del 2018, il Carbonio Organico (OC) costituisce il 23 - 27% del  $\text{PM}_{10}$  in inverno, il 8 - 11% in primavera, il 11 - 13% in estate e il 19 - 25% in autunno. Le differenze tra le postazioni risultano minime, ma la variabilità stagionale è significativa, con un contributo più elevato nelle stagioni più fredde rispetto a quelle più calde. Il Carbonio Elementale (EC), invece, è ancora meno variabile ed è rimasto compreso tra il 2 e il 5% in tutte le postazioni e in tutte le stagioni. Annualmente OC costituisce il 16 - 19% della massa del  $\text{PM}_{10}$  ed EC il 2 - 3%.

La somma di OC ed EC ha rappresentato in media circa un quarto della massa del  $\text{PM}_{10}$  nel 2018 nelle postazioni aggiuntive della prescrizione 14, in linea con quanto riscontrabile anche in altri siti [Bove et al., 2014, Cesari et al., 2016].

## 7. Sintesi dei risultati dei monitoraggi 2014-2018

In questo capitolo sono valutati i risultati delle campagne della prescrizione 14 effettuate dal 2014 fino al 2018. In particolare, sono analizzati gli andamenti riscontrati e la media dei risultati acquisiti nel corso dei cinque anni di monitoraggio, con l'obiettivo di avere una valutazione statistica delle deposizioni e delle concentrazioni in aria di specie chimiche che avvengono in media **stagionalmente** e non influenzate da eventi estemporanei (eventi meteo estremi, incendi, lavori stradali, ecc.). Per ottenere ciò è stata effettuata una selezione critica di tutti i dati, tenendo conto di eventi particolari e, per ciascun parametro, sono indicati i campioni non utilizzati nelle valutazioni statistiche e le relative motivazioni.

Per facilità di lettura, si riportano nel prospetto che segue i periodi delle campagne relative alla prescrizione 14:

Prescrizione 14				
Codifica	Data	Note	Funzionamento della C.le ENEL	
			Giorni	Percentuale
P14 14/0	23/05 – 16/06/14	Campagna di "bianco"	0	0%
P14 14/1	07/07 – 06/08/14	Campagna di monitoraggio estiva	26	87%
P14 14/2	06/08 – 09/09/14	Campagna di monitoraggio estiva	27	79%
P14 15/1	19/01 - 19/02/15	Campagna di monitoraggio invernale	14	45%
P14 15/2	19/02 - 24/03/15	Campagna di monitoraggio invernale	27	82%
P14 15/3	17/06 - 17/07/15	Campagna di monitoraggio estiva	23	77%
P14 15/4	17/07 - 26/08/15	Campagna di monitoraggio estiva	29	73%
P14 16/1	26/02 – 30/03/16	Campagna di monitoraggio invernale	32	97%
P14 16/2	30/03 - 27/04/16	Campagna di monitoraggio invernale	22	79%
P14 16/3	28/06 - 28/07/16	Campagna di monitoraggio estiva	30	100%
P14 16/4	28/07 - 01/09/16	Campagna di monitoraggio estiva	12	34%
P14 17/1	19/01 – 22/02/17	Campagna di monitoraggio invernale	25	74%
P14 17/2	27/04 - 25/05/17	Campagna di monitoraggio primaverile di "bianco"	0	0%
P14 17/3	29/06 - 02/08/17	Campagna di monitoraggio estiva	11	32%
P14 17/4	10/10 - 09/11/17	Campagna di monitoraggio autunnale	30	100%
P 14 18/1	18/01 - 22/02/18	Campagna di monitoraggio invernale	16	47%
P 14 18/2	30/03 - 27/04/18	Campagna di monitoraggio primaverile di "bianco"	0	0%
P 14 18/3	28/06 - 02/08/18	Campagna di monitoraggio estiva	14	42%
P 14 18/4	11/10 - 06/11/18	Campagna di monitoraggio autunnale	8	30%

Tabella 67- Campagne eseguite per la prescrizione 14.

Al riguardo delle campagne effettuate, si possono fare i seguenti commenti:

- la campagna **P14 14/0** è stata una campagna di bianco, ovvero a Centrale ferma, parzialmente anomala solo per la postazione di Fossamastra, in quanto erano in corso presso la banchina ENEL una serie di lavori di manutenzione. Per le altre postazioni non sono stati rilevati eventi anomali, salvo il caso della postazione di fondo urbano di Chiappa per gli IPA;
- la prevista campagna primaverile **P14 17/2** a causa del fermo anticipato dell'impianto della CTE è diventata di fatto una campagna di bianco;
- anche la campagna primaverile **P14 18/2** è stata una campagna di bianco, in quanto la Centrale non ha funzionato, ma è stata influenzata da deposizioni di sabbie sahariane;

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

- la campagna **P14 18/4** è stata influenzata da un evento meteorologico estremo (vedi più avanti) e in virtù di ciò non è stata inclusa nelle valutazioni statistiche che rimangono quindi limitate alle stagioni estiva e invernale;
- nel complesso sono state condotte otto campagne estive e sei invernali di monitoraggio con la Centrale in funzionamento almeno al 70%, salvo per le campagne **P14 15/1** (invernale), **P14 16/4** (estiva), **P14 17/3** (estiva), **P14 18/1** (invernale), **P14 18/3** (estiva) e **P14 18/4** (autunnale) in cui la Centrale ha funzionato meno del 50% del tempo;
- durante le campagne del **2015** si sono verificate presso la postazione di **Fossamastra**, modifiche della viabilità;
- durante la **P14 15/2** la postazione di **Maggiolina** ha risentito di fenomeni molto locali, ovvero di sfalci delle zone erbose con sollevamento di polveri e dispersione di materiale non inerente alle deposizioni atmosferiche;
- Per la valutazione degli andamenti pluriennali, la campagna **P14 17/2** è utilizzata come bianco in quanto la centrale non ha mai funzionato, ad esclusione delle deposizioni di PCDD/F (si veda rapporto Arpal prot. nr. 38264 del 28/12/18).

Nel corso delle campagne sono avvenuti gli eventi anomali meteorologici e locali riassunti di seguito:

- Campagne con eventi anomali meteorologici:
  - durante la **P14 14/1** a Spezia si è avuta un'anomalia pluviometrica di ben +138 mm/mese e temperature al di sotto della climatologia con uno scostamento negativo di circa 1.5 °C;
  - durante la **P14 15/2** nella postazione di Follo, a causa delle violente raffiche di vento, si è verificato il rovesciamento dei deposimetri e la loro sostituzione, con una durata della campagna di 19 giorni anziché 33;
  - durante la **P14 15/4**, a causa delle precipitazioni elevate per una serie di episodi temporaleschi, il deposimetro della postazione di **Arcola** è risultato completamente pieno di acqua, al limite della sua capacità di raccolta, senza però particolari conseguenze sul campionamento;
  - sono avvenuti due eventi di Saharan Dust durante il corso della **P14 16/2**;
  - durante la **P14 17/1**, a causa di precipitazioni intense è stato effettuato, visti i valori cumulati in alcune zone (Follo, Chiappa che hanno oltrepassato i 200 mm), il cambio dei deposimetri dopo solo circa due settimane di esposizione al fine di evitare la tracimazione della precipitazione già raccolta.
  - la campagna **P14 18/4** è stata caratterizzata da un fenomeno molto marcato di avvezione sahariana con intensa deposizione di sabbia accompagnato da forti mareggiate da ostro e da libeccio (per ulteriori dettagli si faccia riferimento a quanto riportato nel Capitolo 3).
- Campagne con episodi di incendi:
  - Nel corso della campagna **P14 15/1** si è verificato un episodio locale di combustione di biomasse a Bolano;
  - Nel corso della campagna **P14 16/1**, il 23/03/2016 vi è stato un grave incendio di un edificio civile nei pressi della postazione di **Fossamastra** che ha influenzato alcune postazioni, come meglio descritto nel seguito;
  - Nel corso della campagna **P14 16/2** si sono avuti gli eventi seguenti:

- Il 16/04/2016 si è sviluppato un Incendio nel bosco in località Pianazze, a ridosso della Centrale ENEL;
- Il 19/04/2016 vi è stato un incendio presso la fonderia Patrone con probabile influenza sulle postazioni di Saint Bon e Chiappa;
- Nel corso della campagna **P14 17/1**, si sono registrati abbruciamenti presso le postazioni extraurbane (Follo, Bolano e a Le Grazie) e nella zona di Parco della Magliolina;
- Nel corso della campagna estiva **P14 17/3** si sono verificati diversi incendi nella provincia della Spezia e in zone limitrofe:
  - il 09/07/2017 tre incendi nel Parco di Montemarcello e altri due roghi nella zona di Santo Stefano;
  - il 17/07/2017 un rogo nei boschi di Zignago e nel comune di Beverino;
  - il 28/07/2017 un incendio presso azienda Costa Mauro in Albiano Magra;
  - il giorno 30/07/2017 un incendio di diversi ettari di bosco in un'area compresa tra Beverino e Rocchetta Vara che è proseguito per diversi giorni.
- Durante la campagna estiva **P14 18/3**, il 14/07/2018 si è verificato un incendio, partito da una discarica abusiva, che ha devastato una vasta area di bosco fra Podenzana e Bolano;
- Nel corso della campagna autunnale **P14 18/4**, il 27/10/2018 si è verificato un incendio in una zona collinare, boschiva, sopra la Centrale ENEL e all'alba un principio di incendio nel vano scala dell'ultimo piano di una palazzina in un quartiere non lontano dalla postazione di Piazza Saint Bon.

A **Fossamastra**, nelle campagne 2014-2015 il deposimetro era posizionato a circa 6 metri di altezza sul tetto del fabbricato in cemento in corrispondenza del sistema di bypass della linea di movimentazione del carbone. Nelle campagne del 2016 si è deciso di posizionare un deposimetro nella stessa postazione ma a circa 2 m di altezza (denominato Fossamastra – Basso) per uniformità con i deposimetri delle altre postazioni. Il deposimetro sul tetto del fabbricato è stato mantenuto, denominandolo Fossamastra-Alto. La valutazione dei ratei di polveri e metalli misurati nei due deposimetri adiacenti ha permesso di dedurre che i ratei del deposimetro Fossamastra-Basso sono con buona riproducibilità il doppio di quelli del deposimetro Fossamastra-Alto. Sulla base di questo confronto, pur con le dovute cautele legate al limitato numero di dati disponibili, si sono stimati a ritroso i ratei di deposizione delle polveri che si sarebbero rilevati a Fossamastra-Basso negli anni precedenti (applicando quindi ai ratei di deposizione rilevati a Fossamastra-Alto un fattore pari a 2). Pertanto, i dati utilizzati per i confronti pluriennali a Fossamastra (deposizione di polveri, metalli e specie organiche) si intendono come se fossero tutti stati prelevati a 2 m di altezza (per dettagli si veda il rapporto Arpal prot. nr. 38264 del 28/12/18). Dopo tale sperimentazione, il deposimetro di riferimento per la postazione è quello posizionato a circa 2 m da terra, in prossimità della sede stradale. Nel 2017 si sono condotti due ulteriori campionamenti con un secondo deposimetro in posizione elevata per confermare gli andamenti riscontrati nel 2016. Nel report sopracitato è riportato il confronto sia per il contenuto della polvere che dei metalli che conferma il fattore utilizzato per il ricalcolo delle deposizioni del 2014-2015.

Nei paragrafi che seguono, i dati pluriennali di monitoraggio delle deposizioni e del PM10 sono riassunti e sintetizzati per valutare gli andamenti riscontrabili. Per tale scopo, all'inizio di ciascun paragrafo sono indicate le assunzioni fatte.

Per i calcoli e le considerazioni del presente capitolo, i valori di deposizioni inferiori al limite di rilevabilità, sono stati sostituiti con metà del limite di rivelabilità, in accordo col Rapporto ISTISAN 04/15 (Menichini, E., & Viviano, G., 2004).

## 7.1 Ratei di deposizione delle polveri

Per l'analisi dell'andamento dei ratei di deposizione delle polveri dal 2014 al 2018 sono stati presi in considerazione i risultati ottenuti nelle postazioni previste dal protocollo, con le seguenti assunzioni:

- sono state escluse le campagne eseguite nelle postazioni di Canaletto e Vezzano, in quanto campagne "spot" con mezzo mobile;
- sono stati inclusi i monitoraggi nella postazione di Melara, condotti in contemporanea con le campagne della prescrizione 14, in quanto, su base modellistica, è punto di massima deposizione delle emissioni della Centrale ENEL, nel caso soprattutto di eventi piovosi. Tale sito è stato inserito dal 2016 nel protocollo modificato, come postazione di monitoraggio continuo;
- non è stato considerato il rateo di deposizioni di **polveri** e **metalli** rilevato nella campagna **P14 15/2** a **Maggiolina** (156 mg/m<sup>2</sup>/d) in quanto fortemente influenzato da operazioni di sfalcio nella zona erbosa adiacente la postazione, che ha risollevato dal terreno una discreta quantità di polveri e altri materiali vegetali, non riferibili quindi alle deposizioni atmosferiche;
- come sopra introdotto, le campagne **P14 17/2** e **P14 18/2** sono state utilizzate come bianco in quanto la Centrale non ha mai funzionato;
- la campagna **P14 17/4**, l'unica campagna svoltasi in autunno senza eventi anomali, non è stata utilizzata per la valutazione degli andamenti stagionali, che sono quindi limitati ad estate e inverno;
- ai fini delle valutazioni degli andamenti temporali delle deposizioni, le campagne sono state raggruppate nella seguente maniera:
  - campagne di bianco: **P14 14/0; 17/2; 18/2;**
  - campagne estive: **P14 14/1; 14/2; 15/3; 15/4; 16/3; 16/4; 17/3; 18/3;**
  - campagne invernali: **P14 15/1; 15/2; 16/1; 16/2; 17/1; 18/1;**
- ai fini delle valutazioni degli andamenti spaziali delle deposizioni, le postazioni sono state raggruppate nella seguente maniera:
  - postazioni extra urbane; Bolano, Follo, Arcola, Le Grazie
  - postazione di fondo urbano: Chiappa;
  - postazione urbane: Maggiolina, Saint Bon, Fossamastra, Melara.

Con le assunzioni sopra espone, nella figura che segue, sono riportati i ratei di deposizione delle polveri nelle postazioni di monitoraggio, riportando da sinistra verso destra le postazioni extra urbane, quella di fondo urbano (Chiappa) e le urbane. Il fondo scala è stato fissato a 350 mg/m<sup>2</sup>/d, il valore che la normativa tedesca considera come

riferimento per le deposizioni massime di polveri (vedi cap. 5). Sono anche riportate le precipitazioni con asse secondario invertito.

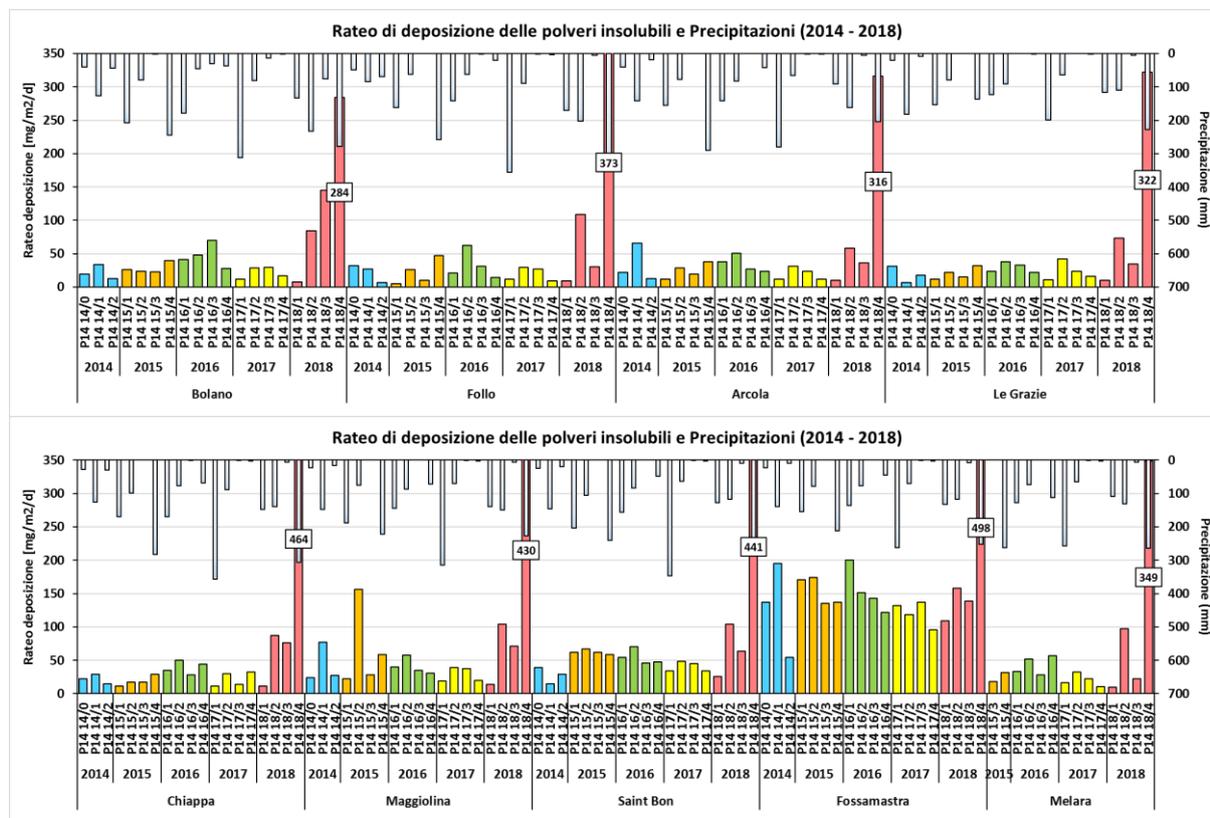


Figura 64 - Confronto dei ratei di deposizione di polveri delle campagne 2014-2018.

Dalla figura precedente, si evidenzia che:

- La campagna autunnale **P14 18/4** si configura come un'eccezione, in quanto durante il periodo si è verificato un evento meteo estremo, come ampiamente discusso nei capitoli 3 e 5, rendendo i valori di deposizione inutilizzabili ai fini statistici;
- Con l'eccezione del punto precedente, le deposizioni si collocano complessivamente, a meno di **Fossamastra**, ben al di sotto dei valori di riferimento adottati da alcune nazioni europee aventi caratteristiche analoghe a quelle del territorio italiano (200 – 350 mg/m<sup>2</sup>/d) e sono inquadrabili nella classe di polverosità "praticamente assente" (<100 mg/m<sup>2</sup>/d) secondo i parametri di classificazione del rapporto finale del gruppo di lavoro della Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico (vedi par. 5.1.1).
- La postazione di **Fossamastra**<sup>24</sup> presenta ratei di deposizione più elevati rispetto alle altre postazioni, ma comunque inferiori ai valori di riferimento adottati da alcune nazioni europee e la collocano in una classe di polverosità "bassa" secondo i parametri di classificazione del rapporto finale del gruppo di lavoro della Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico (vedi par 5.1.1). In tale

<sup>24</sup> Per la postazione di Fossamastra, da intendersi come quella di Fossamastra – Basso, a livello di terra, si sono utilizzati i ratei stimati a ritroso per le deposizioni del 2014 e 2015 (v. par. 5.3).

postazione, si rilevano sistematicamente ratei più elevati in tutte le stagioni e suggeriscono una caratteristica locale;

- nel complesso, emerge un quadro di basse deposizioni di polveri con differenze non significative tra le postazioni da un punto di vista strettamente statistico, a meno di quella di Fossamastra. Si notano comunque alcune lievi differenze tra i valori **medi** stagionali dei ratei di deposizione delle postazioni in area urbana e quelle in zone extraurbane e si è deciso di procedere ad una valutazione delle caratteristiche di deposizione delle due aree, riunendo le postazioni in gruppi omogenei per entità media delle deposizioni stagionali.

Nella tabella che segue sono riportati i valori medi stagionali ( $\pm 1$  deviazione standard) dei ratei di deposizione di **polveri** nelle postazioni di monitoraggio, a confronto con la campagna di bianco. I ratei rilevati nelle singole campagne sono riportati in Appendice A6.1. I raggruppamenti delle campagne stagionali per il calcolo delle medie sono riportati ad inizio paragrafo.

Postazione	Tipologia	Campagne di bianco	Campagne di bianco (esclusa P14 18/2)	Campagne estive	Campagne invernali
		Media (mg/m <sup>2</sup> /d)	Media (mg/m <sup>2</sup> /d)	Media $\pm$ Dev. St. (mg/m <sup>2</sup> /d)	Media $\pm$ Dev. St. (mg/m <sup>2</sup> /d)
Bolano	extra-urbana	44 $\pm$ 35	24 $\pm$ 7	48 $\pm$ 43	26 $\pm$ 16
Follo	extra-urbana	57 $\pm$ 45	31 $\pm$ 2	24 $\pm$ 13	23 $\pm$ 21
Arcola	extra-urbana	37 $\pm$ 19	27 $\pm$ 7	31 $\pm$ 16	25 $\pm$ 17
Le Grazie	extra-urbana	49 $\pm$ 22	37 $\pm$ 8	23 $\pm$ 10	19 $\pm$ 11
Chiappa	fondo-urbana	46 $\pm$ 35	26 $\pm$ 6	32 $\pm$ 20	23 $\pm$ 16
Maggiolina (*)	urbana	56 $\pm$ 43	32 $\pm$ 11	46 $\pm$ 20	31 $\pm$ 18
Saint Bon	urbana	64 $\pm$ 35	44 $\pm$ 7	46 $\pm$ 17	52 $\pm$ 18
Fossamastra (*)	urbana	138 $\pm$ 20	128 $\pm$ 13	133 $\pm$ 39	156 $\pm$ 33
Melara	urbana	65 $\pm$ 45	33 $\pm$ n.c.	30 $\pm$ 14	28 $\pm$ 19

Tabella 68 – Ratei medi stagionali nelle postazioni di monitoraggio e delle campagne di bianco. (\*) – Non è incluso il rateo della campagna P14 15/2 (v. sopra). (\*) - I ratei di Fossamastra del 2014-15 sono stati ricalcolati come se fossero tutti rilevati al livello di 2 m.

I ratei stagionali estivi e invernali differiscono poco tra di loro per la maggior parte delle postazioni e si può cogliere qualche differenza solo per la postazione di Bolano, per altro entro una variabilità molto elevata.

Considerando il rateo medio di tutte le campagne di bianco si evidenzia l'elevata influenza della campagna **P14 18/2**, in cui si è verificata la sahariana; escludendo dalle medie tale campagna, non si riscontrano marcate differenze con le campagne svolte a centrale in funzione.

Come sopra introdotto, le postazioni sono state raggruppate per tipologia di ubicazione (extraurbane, urbane, ecc.) e nella tabella che segue sono riportati i ratei medi di deposizione stagionale delle polveri ( $\pm 1$  deviazione standard) e delle campagne di bianco. La postazione di Fossamastra, per via della singolarità delle sue deposizioni, è stata mantenuta separata dalle altre urbane. Allo stesso modo, Chiappa, postazione di fondo urbano, è stata mantenuta separata da quelle urbane, in quanto ha caratteristiche di deposizione simili a quelle extraurbane e consente di valutare meglio le pressioni antropiche di quelle propriamente urbane.

	Campagne di bianco		Campagne estive	Campagne invernali
	Media (mg/m <sup>2</sup> /d)	Media (mg/m <sup>2</sup> /d) (senza P14 18/2)	Media ± Dev. St. (mg/m <sup>2</sup> /d)	Media ± Dev. St. (mg/m <sup>2</sup> /d)
P. Extra-urbane	47±28	30±7	32±25	23±16
P. Fondo Urbano	46±35	26±6	32±20	23±16
P. Urbane (#)	61±34	37±9	42±18	38±21
Fossamastra (*)	138±20	128±13	133±39	156±33

Tabella 69 - Confronto tra i valori della media stagionale ( $\pm 1$  deviazione standard) per le polveri depositate nelle campagne della prescrizione P14. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ . (#) – Non è incluso il rateo della campagna P14 15/2 di Maggiolina (v. sopra). (\*) - I ratei di Fossamastra del 2014-15 sono stati ricalcolati come se fossero tutti rilevati a livello di 2 m.

I dati della tabella precedente sono mostrati sotto forma di istogrammi nella figura che segue:

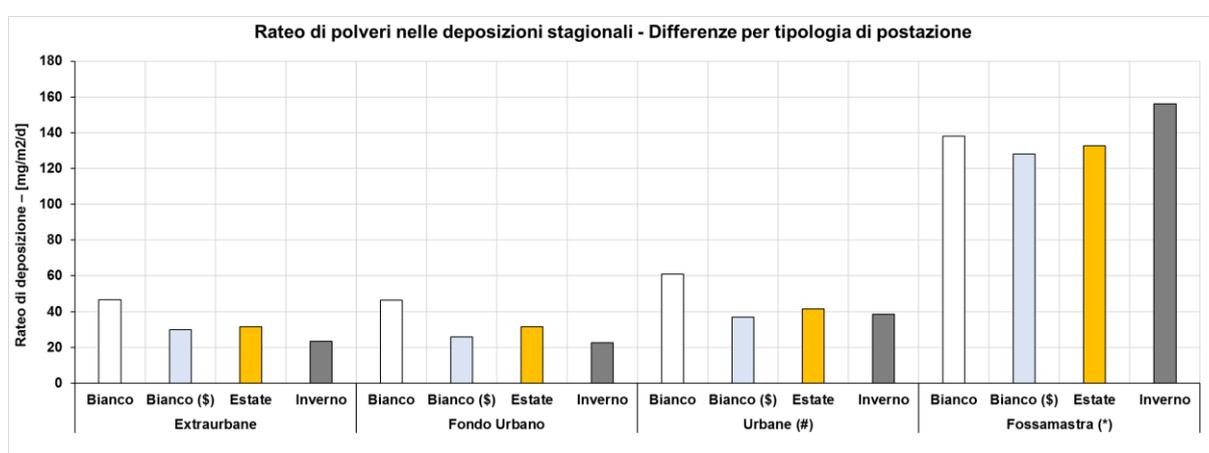


Figura 65 – Confronto tra i ratei stagionali di deposizione di polveri. (#) – Non è incluso il rateo della campagna P14 15/2 di Maggiolina (v. sopra). (\*) - I ratei di Fossamastra del 2014-15 sono stati ricalcolati come se fossero tutti rilevati a livello di 2 m (\$ Bianco senza P14 18/2).

Pur con le limitazioni del caso, valutando i ratei medi stagionali per gruppi omogenei di postazioni si possono fare le seguenti considerazioni:

- le postazioni **extraurbane** presentano una deposizione caratterizzata da valori molto bassi e lievemente superiori in estate rispetto all'inverno e rappresentano un fondo tipico del tessuto extraurbano. Inoltre, entrambi i ratei medi stagionali sono comparabili a quelli medi delle campagne di bianco (senza **P14 18/2**);
- la postazione di **fondo urbano** (Chiappa) ha deposizioni del tutto paragonabili agli andamenti delle postazioni extra-urbane. Anche per questa postazione i ratei medi stagionali sono comparabili a quelli medi delle campagne di bianco;
- nelle postazioni **urbane** le differenze dei ratei medi di deposizione stagionali sono molto limitate, ma si hanno maggiori deposizioni medie rispetto a quelle **extraurbane** in entrambe le stagioni. Tali differenze di deposizioni medie potrebbero comunque essere rappresentative del contributo del complesso delle pressioni antropiche invernali (riscaldamento, traffico, emissioni industriali incluse quelle portuali), nonché delle influenze dei fattori climatici che impediscono un completo rimescolamento degli strati di aria e favoriscono un accumulo degli inquinanti negli

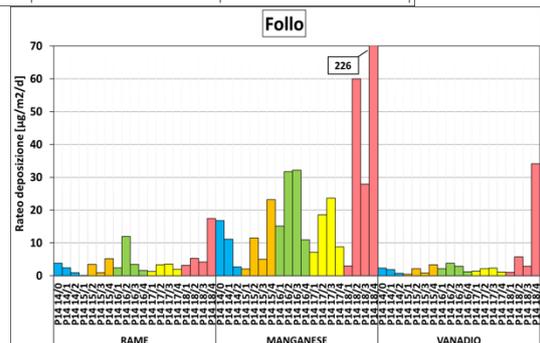
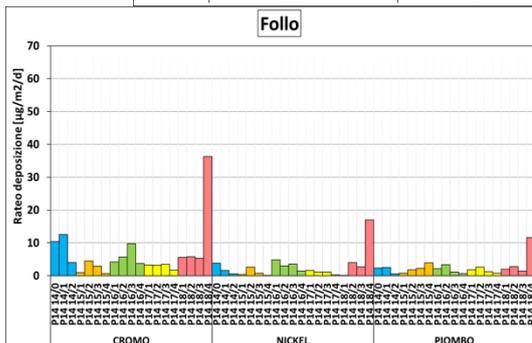
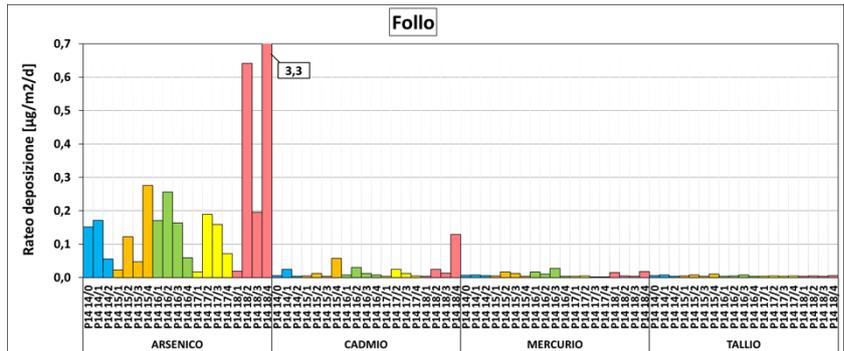
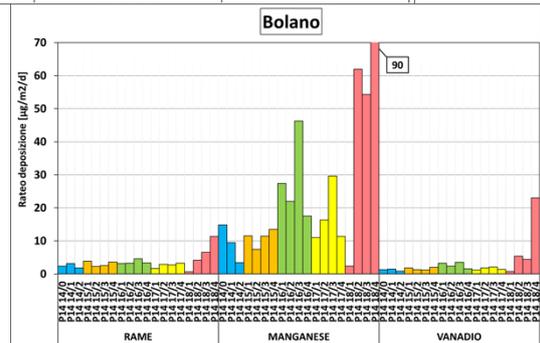
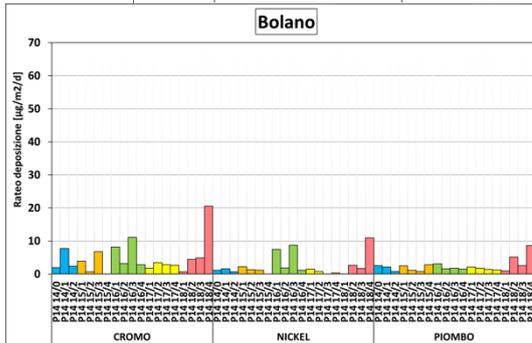
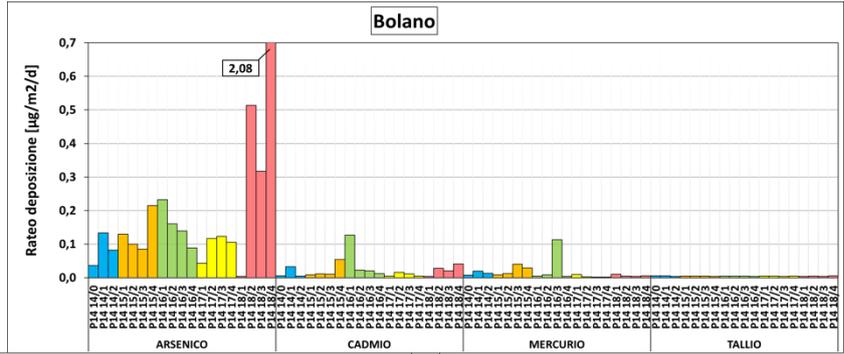
strati più bassi. In estate, le differenze dei ratei di deposizione rispetto a quelli delle postazioni extraurbane sono più limitate e sono probabilmente quasi tutte imputabili alle attività antropiche industriali e portuali e al traffico veicolare, che rimangono relativamente immutate nel corso dell'anno. Ovviamente eventi locali, quali incendi, cantieri stradali e civili, etc., possono influenzare sia le polveri sedimentabili sia quelle in aria. Ciò può non emergere confrontando le medie pluriennali stagionali, in quanto sono stati esclusi dalle statistiche i valori derivanti da eventi noti accidentali, ma non si può escludere che vi siano stati altri eventi locali. Anche per le postazioni urbane, le differenze dei ratei stagionali rispetto al rateo medio delle campagne di bianco (senza **P14 18/2**) sono molto ridotte;

- la postazione di **Fossamastra** è stata trattata a parte per la sua peculiarità e si sono evidenziati ratei stagionali praticamente equivalenti tra le campagne svolte nel periodo estivo e le campagne di bianco, anch'esse effettuate in periodi estivi-primaverili, sebbene nella prima campagna di bianco fosse attivo un cantiere presso la limitrofa Banchina Enel di scarico carbone. Nel periodo invernale il rateo medio è leggermente maggiore di quello estivo, ma entrambi, specie il primo, sono associati ad una elevata deviazione standard. Si conferma quindi che questa postazione è fortemente influenzata da una pluralità di pressioni antropiche durante tutto l'anno, tra cui le principali sono le attività di movimentazione dei container nell'area portuale e la mole di traffico, poco variabile nel tempo. La particolarità della postazione di Fossamastra risulta anche dal fatto che i ratei misurati sono circa il triplo di quelli delle altre postazioni urbane, sia in inverno sia in estate e 5-6 volte maggiori di quelli delle postazioni extraurbane. Ai valori dei ratei di deposizione delle polveri così elevati non corrispondono però altrettanto elevati valori di  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$  (rilevati dalla RQA per la postazione di Fossamastra) che sono comparabili, invece, con quelli rilevati nelle altre postazioni urbane della RQA, ad indicare la presenza di polvere a granulometria elevata dovuta ad impatti antropici locali quali movimentazione container, attività con mezzi meccanici e intenso traffico pesante. Si segnala che presso tale postazione viene eseguito anche il monitoraggio di controllo della linea carbone, nell'ambito della prescrizione 18 dell'AIA, e che le determinazioni analitiche effettuate non hanno evidenziato presenza significativa di carbone.

## 7.2 Metalli nelle deposizioni di polveri

### 7.2.1 Ratei di deposizioni stagionali dei metalli

Le figure seguenti confrontano i ratei di deposizioni dei metalli dal 2014 al 2018, nel corso delle campagne elencate nella Tabella 67. Le figure di sinistra includono i metalli presenti in tracce, con fondo scala  $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$  e quelle di destra i metalli maggioritari, con fondo scala  $70 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ . Per Fossamastra è stata usata un fondo scala differente, rispettivamente di  $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$  per i metalli minoritari e di  $120 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$  per quelli maggioritari. Si ricorda che i dati di Fossamastra relativi al biennio 2014-15 sono stati stimati sulla base dei risultati dei monitoraggi in doppio del 2016 (vedi par. 5.3). I dati numerici sono riportati in Appendice A6.2.

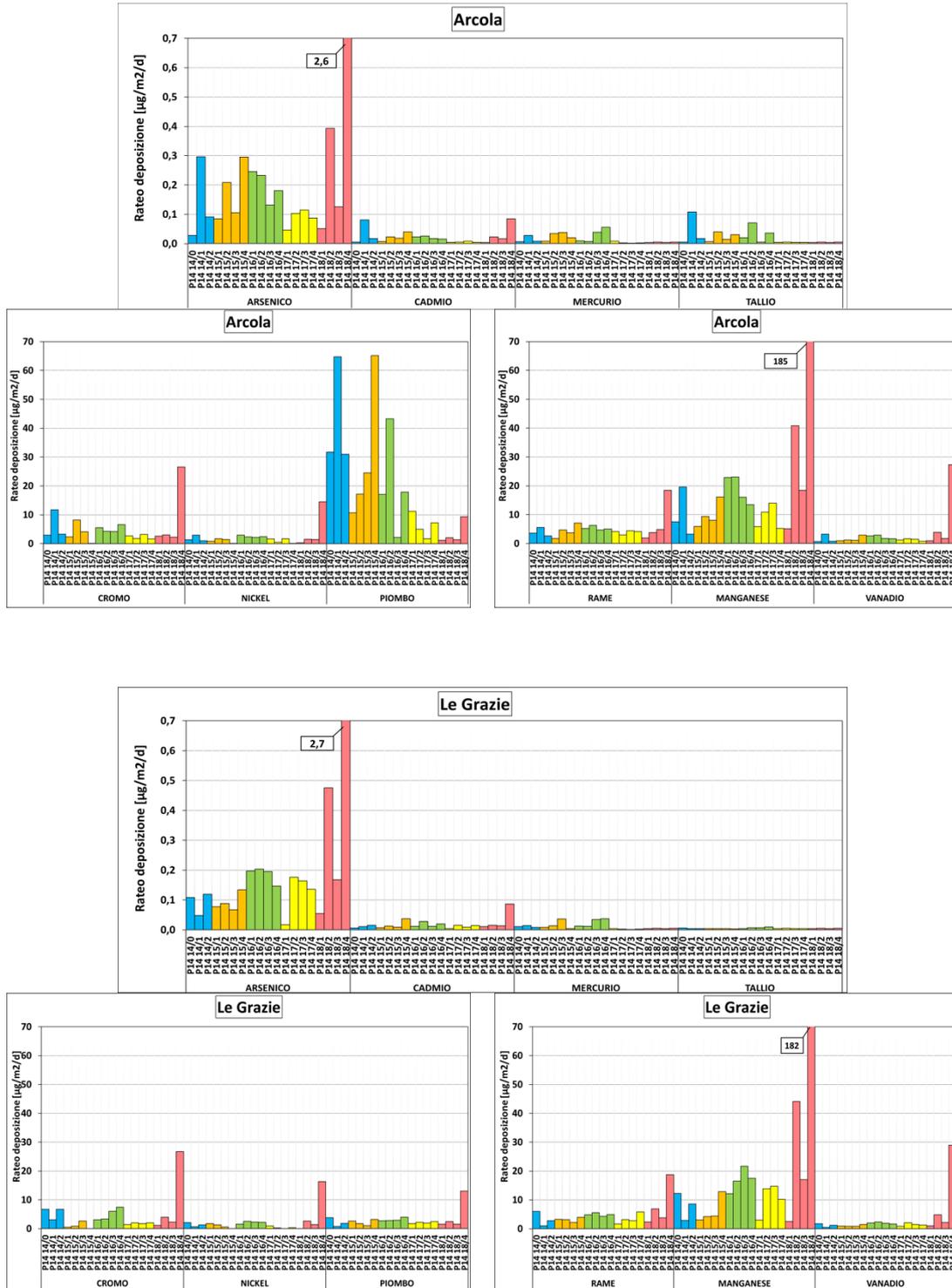


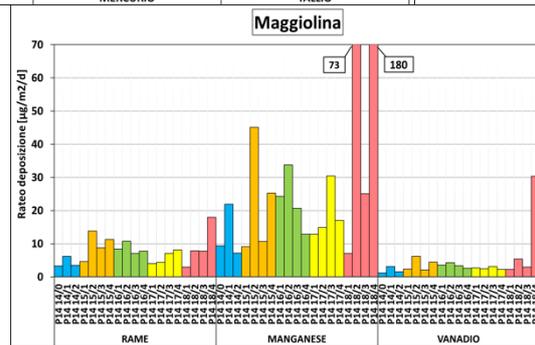
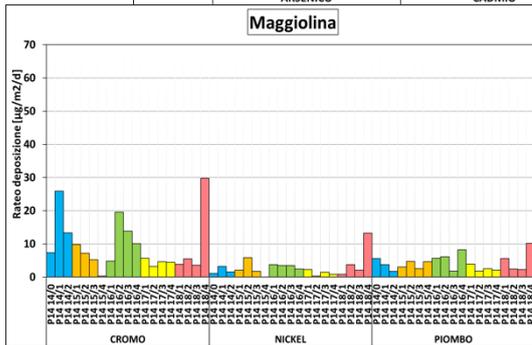
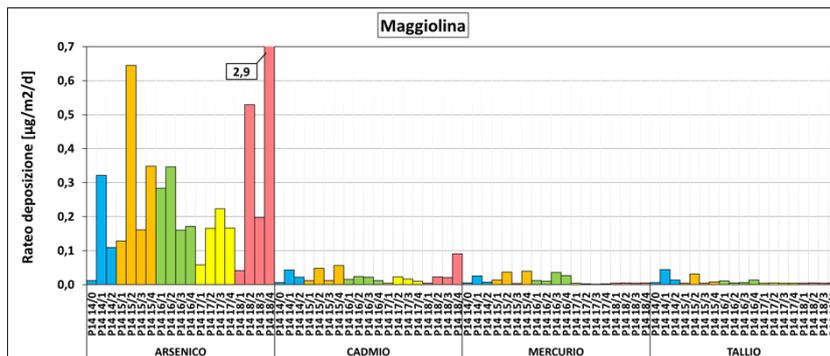
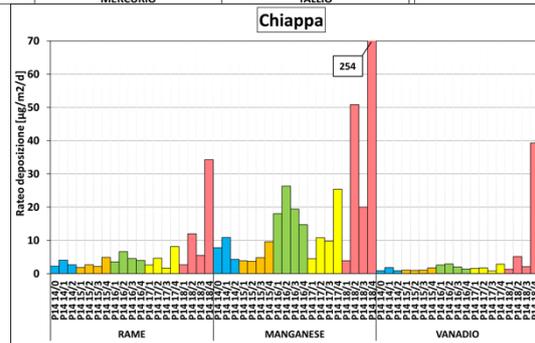
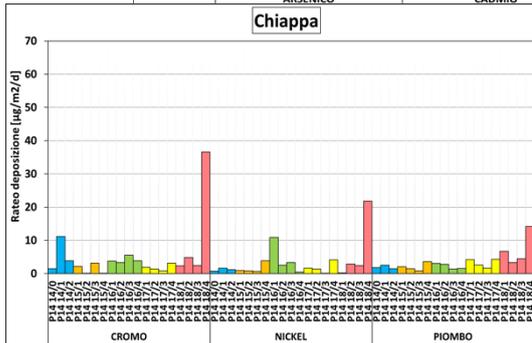
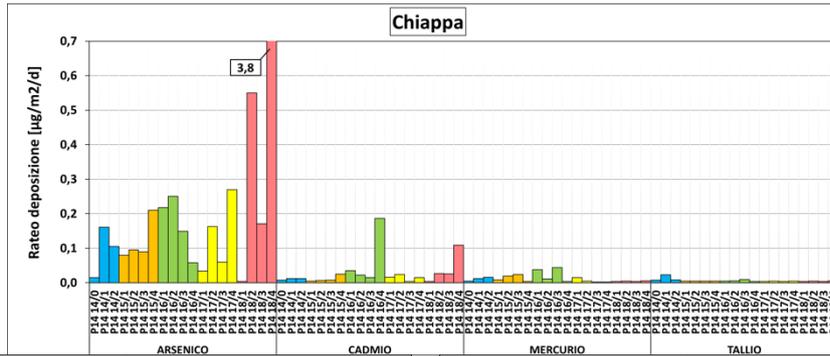
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM  
BS OHSAS 18001



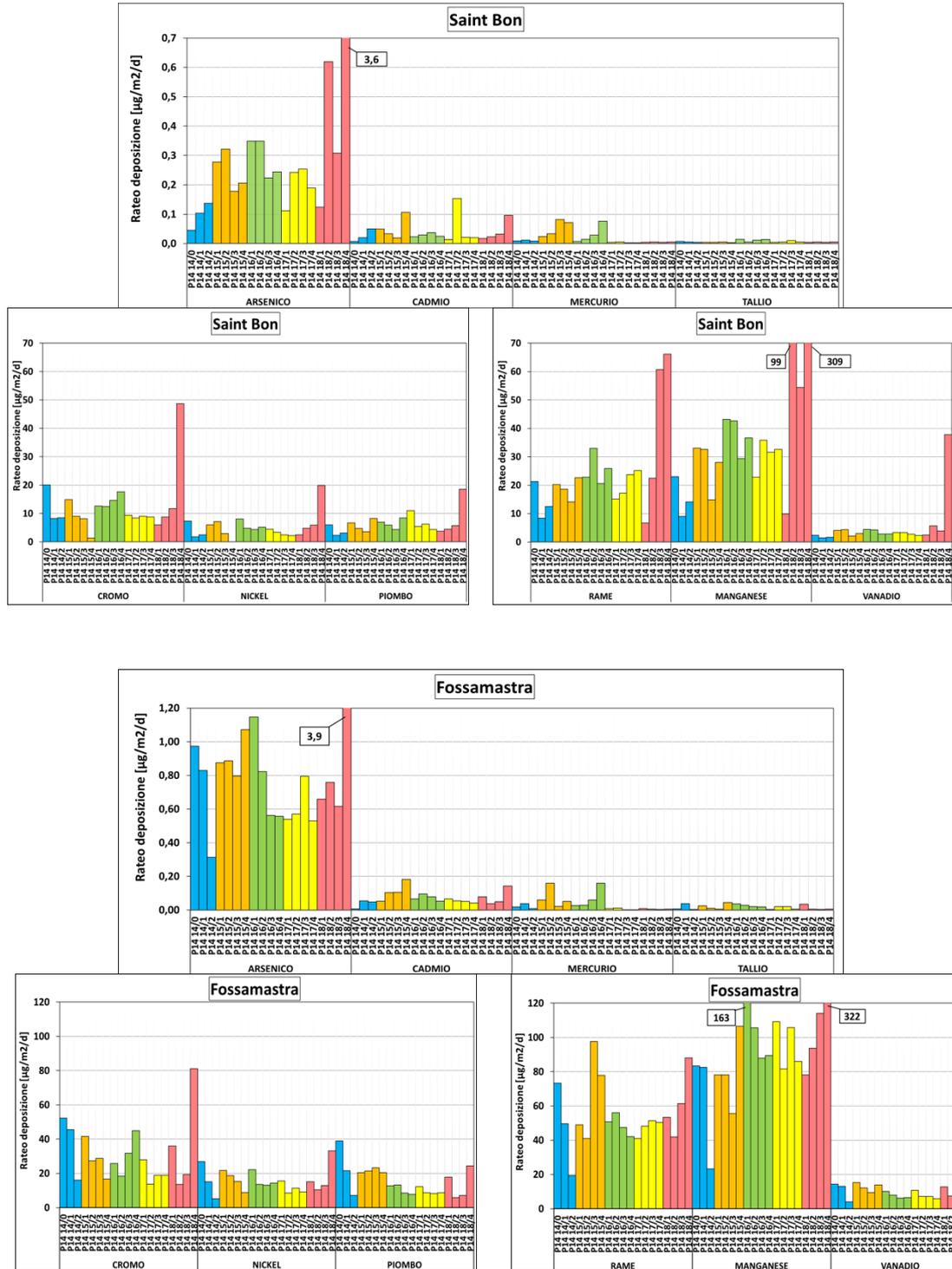


**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM  
BS OHSAS 18001



**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM  
BS OHSAS 18001

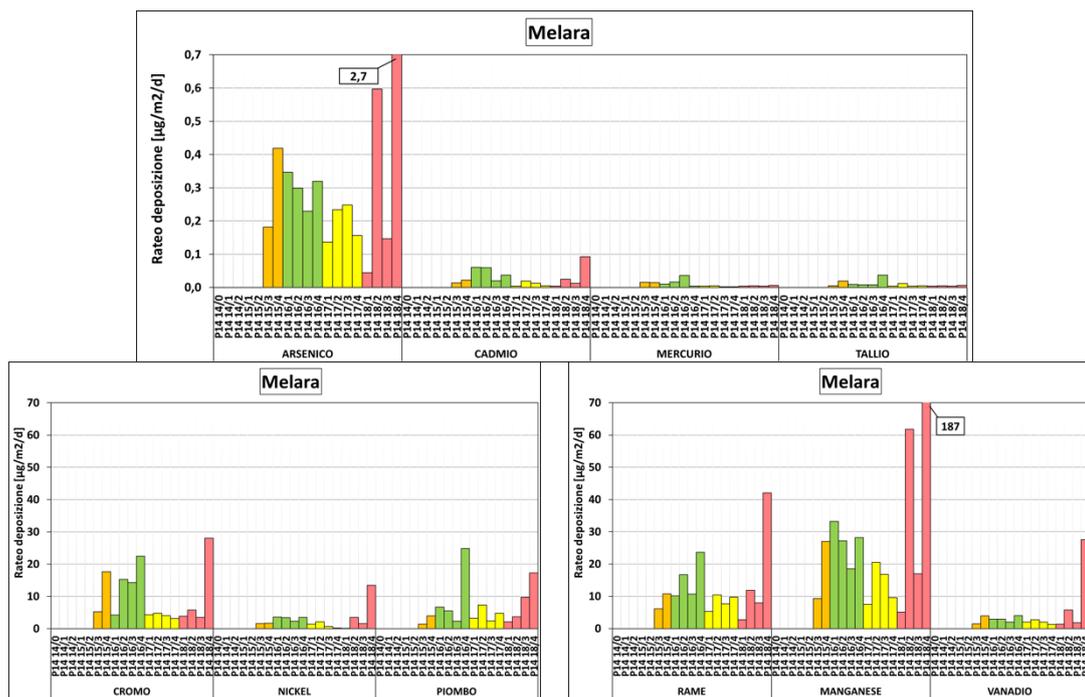


Figura 66 – Confronto delle deposizioni di metalli nelle campagne 2014-2018.

Per meglio valutare gli andamenti stagionali, nella tabella che segue sono riassunti i ratei stagionali di deposizione dei metalli nelle singole postazioni e quelli della campagna di bianco. Non sono stati considerati gli andamenti di Hg e Tl che hanno valori molto bassi e molto spesso vicini al loro limite di quantificazione.

Media ± Dev. St. (µg/m <sup>2</sup> /d)	Campagna	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano (extraurbana)	Bianco	0,26±0,22	0,02±0,01	3,3±1,3	1,5±1,0	3,2±1,8	3,1±0,9	31,0±26,8	2,8±2,2
	Estate	0,15±0,08	0,02±0,02	4,8±3,5	1,9±2,8	1,7±0,8	3,6±1,5	23,2±18,5	2,1±1,2
	Inverno	0,11±0,08	0,03±0,05	3,1±2,8	2,4±2,6	1,9±0,8	2,5±1,2	13,6±9,3	1,8±0,9
Follo (extraurbana)	Bianco	0,33±0,27	0,02±0,0004	6,5±3,6	3,0±1,6	2,6±0,2	4,1±1,0	31,8±24,4	3,4±2,0
	Estate	0,14±0,08	0,02±0,02	5,3±3,9	1,5±1,2	1,7±1,1	2,8±1,5	17,1±11,0	2,0±1,0
	Inverno	0,10±0,10	0,01±0,01	4,0±1,7	2,1±1,8	2,0±0,8	3,7±4,2	11,7±11,0	1,8±1,2
Arcola (extraurbana)	Bianco	0,24±0,14	0,02±0,01	2,6±0,7	1,1±0,5	12,9±16,3	3,5±0,5	19,8±18,3	2,1±1,7
	Estate	0,17±0,08	0,03±0,02	4,4±3,5	1,6±0,9	26,1±26,4	4,8±1,3	13,6±5,5	1,9±0,8
	Inverno	0,14±0,09	0,01±0,01	4,3±2,3	1,6±1,0	16,8±14,2	4,0±1,8	12,1±8,6	1,7±0,9
Le Grazie (extraurbana)	Bianco	0,25±0,20	0,02±0,005	4,3±2,3	1,7±1,3	2,8±0,8	5,4±2,0	23,4±18,0	2,9±1,7
	Estate	0,13±0,05	0,02±0,01	3,7±2,6	1,1±0,9	2,1±1,1	3,2±1,3	12,5±6,6	1,4±0,6
	Inverno	0,11±0,08	0,01±0,01	1,7±1,2	1,3±0,8	2,2±0,6	3,5±1,5	6,9±5,9	1,3±0,7
Chiappa (fondo urbano)	Bianco	0,28±0,23	0,03±0,003	2,5±2,0	1,7±1,1	2,6±0,7	6,3±5,1	23,2±24,0	2,6±2,3
	Estate	0,13±0,06	0,04±0,06	3,9±3,4	1,7±1,4	2,2±1,3	3,7±1,4	11,7±5,9	1,5±0,5
	Inverno	0,11±0,10	0,01±0,01	2,3±1,3	2,8±4,0	3,4±1,9	3,3±1,7	10,1±9,8	1,7±0,8
Maggiolina (^) (urbana)	Bianco	0,27±0,23	0,04±0,02	6,6±4,0	2,3±1,8	3,7±2,7	6,8±2,1	37,2±31,5	3,6±1,6
	Estate	0,21±0,08	0,03±0,02	9,6±8,1	2,0±1,1	3,4±2,2	7,4±2,2	19,3±8,1	2,9±0,9
	Inverno	0,17±0,14	0,01±0,01	8,7±6,5	2,5±1,2	4,9±1,3	6,2±3,3	17,4±11,3	3,0±0,9
Saint Bon (urbana)	Bianco	0,35±0,24	0,07±0,07	12,4±6,6	5,2±2,0	5,3±0,8	20,3±2,8	52,5±40,5	3,8±1,7
	Estate	0,21±0,07	0,04±0,03	9,9±4,9	3,1±1,9	5,2±2,3	23,6±16,2	27,2±14,7	2,6±0,8
	Inverno	0,25±0,11	0,03±0,01	10,7±3,2	5,5±2,0	6,5±2,5	19,4±8,7	30,7±12,6	3,8±0,8
Fossamastra (*) (urbana)	Bianco	0,77±0,20	0,05±0,01	26,6±22,3	15,3±10,1	17,8±18,3	54,5±16,5	86,2±6,5	9,6±4,0
	Estate	0,69±0,23	0,08±0,05	27,8±12,2	12,0±3,5	13,0±7,3	55,9±23,6	83,2±30,3	8,4±3,5
	Inverno	0,82±0,21	0,08±0,02	29,5±8,2	17,8±3,6	16,4±4,1	48,6±6,3	102,1±33,1	11,5±2,5
Melara (urbana)	Bianco	0,42±0,26	0,02±0,004	5,3±0,7	2,8±1,0	5,5±2,6	11,1±1,0	41,2±29,1	4,2±2,1
	Estate	0,26±0,10	0,02±0,01	11,2±8,1	1,9±1,0	7,4±9,0	11,1±6,4	19,5±7,1	2,5±1,1
	Inverno	0,21±0,14	0,03±0,03	6,9±5,6	2,1±1,7	4,4±2,1	8,7±6,1	18,3±14,1	2,3±0,791

Tabella 70 – Ratei medi stagionali dei metalli nelle postazioni di monitoraggio. (^) Il rateo medio invernale di Maggiolina non include il dato della campagna P14 15/2 (v. sopra). (\*) I ratei di Fossamastra del 2014-15 sono stati ricalcolati come se fossero tutti rilevati a livello di 2 m.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



Esaminando i ratei medi stagionali, va osservato, in primo luogo, che i valori delle deviazioni standard sono elevati e le apparenti differenze nelle deposizioni medie stagionali non hanno in effetti una grande rilevanza statistica, specie per le postazioni extra-urbane. Risulta evidente che il rateo medio pluriennale delle campagne di bianco subisce l'influenza della campagna **P14 18/2** per quanto riguarda il As, Mn e V.

La postazione di **Arcola** si differenzia da tutte le altre postazioni extra-urbane per quanto riguarda il Pb, il cui rateo medio è alterato dai valori delle campagne precedenti al 2018, in cui è stato spostato il deposimetro (vedi cap.5). I dati di quest'anno infatti sono del tutto paragonabili ai valori delle postazioni extraurbane (vedi cap.5).

I ratei medi stagionali della postazione di **fondo urbano** sono molto simili a quelli delle postazioni extraurbane sia per gli andamenti, sia in termini quantitativi.

Utilizzando i criteri sopra adottati per le polveri, nella tabella che segue sono riassunti i **valori medi stagionali** dei ratei dei metalli per le differenti tipologie di postazioni. Nella statistica sono stati esclusi:

- i valori di Pb di **Arcola** (postazione extraurbana), per la particolarità locale della deposizione di questo metallo fino al 2017;
- i valori dei metalli di **Maggiolina** della campagna invernale **P14 15/2** per i problemi legati all'attività di sfalcio (v. par. 7.1).

Inoltre, è stata mantenuta separata la postazione di **Fossamastra** per la sua particolarità.

		Media ± Dev. St. ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ )	As	Cd	Cr	Ni	Pb (*)	Cu	Mn	V
Bianco	P. Extra-urbane		0,28±0,20	0,02±0,005	4,7±2,7	2,1±1,3	2,9±1,0	4,2±1,5	28,7±20,6	3,1±1,8
	P. Fondo Urbano		0,28±0,23	0,03±0,003	2,5±2,0	1,7±1,1	2,6±0,7	6,3±5,1	23,2±24,0	2,6±2,3
	P. Urbane		0,34±0,21	0,04±0,05	8,4±5,3	3,5±2,1	4,8±2,0	13,0±6,6	43,9±30,4	3,8±1,5
	Fossamastra		0,77±0,20	0,05±0,01	26,6±22,3	15,3±10,1	17,8±18,3	54,5±16,5	86,2±6,5	9,6±4,0
Estate	P. Extra-urbane		0,14±0,07	0,02±0,01	4,6±3,3	1,5±1,8	1,9±1,0	3,2±1,4	17,6±13,2	1,9±1,0
	P. Fondo Urbano		0,13±0,06	0,04±0,06	3,9±3,4	1,7±1,4	2,2±1,3	3,7±1,4	11,7±5,9	1,5±0,5
	P. Urbane		0,22±0,08	0,03±0,02	10,2±6,8	2,4±1,5	5,2±5,0	14,3±12,3	22,2±11,0	2,7±0,9
	Fossamastra		0,69±0,23	0,08±0,05	27,8±12,2	12,0±3,5	13,0±7,3	55,9±23,6	83,2±30,3	8,4±3,5
Inverno	P. Extra-urbane		0,11±0,08	0,02±0,03	2,9±2,1	1,9±1,8	2,0±0,7	3,2±2,6	10,8±8,9	1,6±0,9
	P. Fondo Urbano		0,11±0,10	0,01±0,01	2,3±1,3	2,8±4,0	3,4±1,9	3,3±1,7	10,1±9,8	1,7±0,8
	P. Urbane		0,21±0,12	0,02±0,02	9,0±5,0	3,6±2,2	5,4±2,1	12,1±8,8	23,0±13,4	3,2±1,0
	Fossamastra		0,82±0,21	0,08±0,02	29,5±8,2	17,8±3,6	16,4±4,1	48,6±6,3	102,1±33,1	11,5±2,5

Tabella 71 - Confronto tra i valori medi stagionali ( $\pm 1$  deviazione standard) per i metalli depositati nelle campagne della prescrizione P14. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ . (\*) Nelle postazioni extra-urbane non è inclusa Arcola.

I valori della tabella precedente sono mostrati sotto forma di istogrammi nella figura che segue:

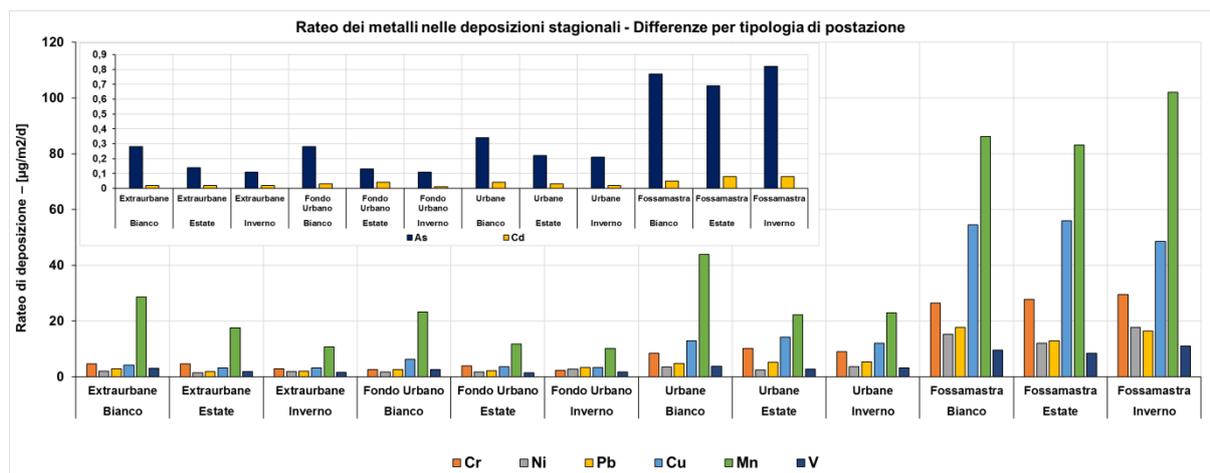


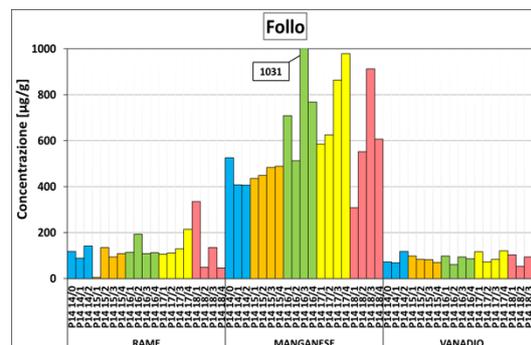
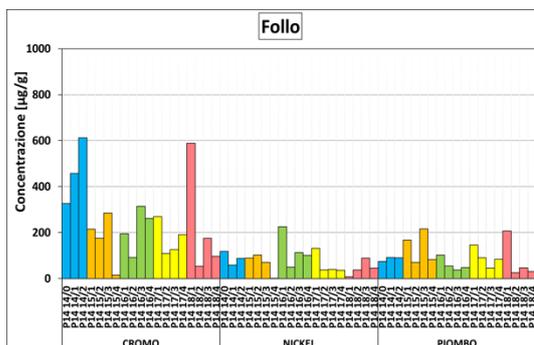
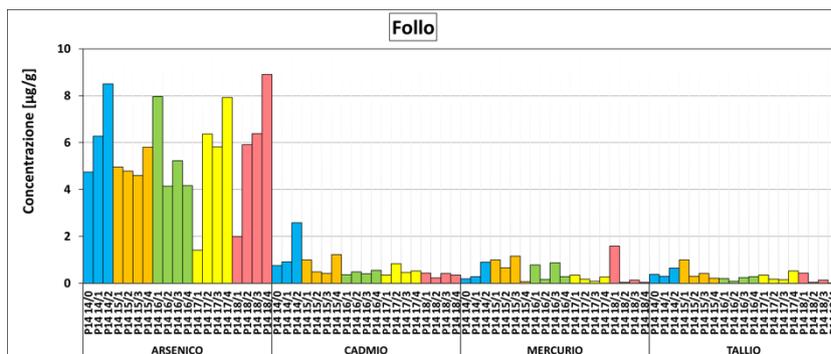
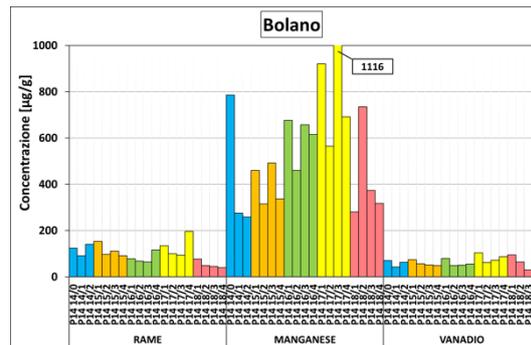
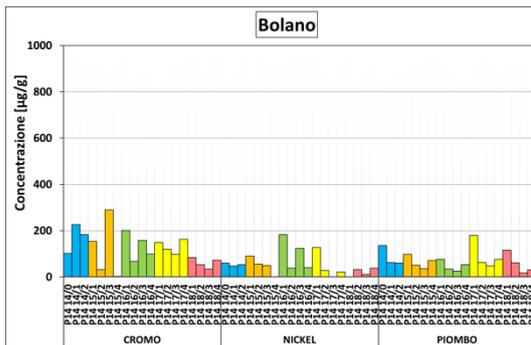
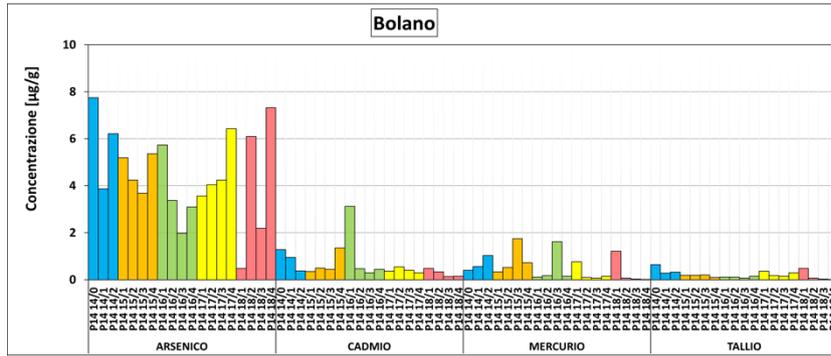
Figura 67 – Confronto tra i valori medi stagionali dei ratei dei metalli nei differenti tipi di postazioni

I ratei medi stagionali confermano le osservazioni precedenti, ovvero:

- nelle postazioni **extraurbane** e in quella di **fondo urbano**, i ratei medi stagionali di tutti i metalli sono confrontabili tra di loro, tenuto conto delle deviazioni standard associate ai dati;
- considerazioni analoghe valgono anche per i ratei medi stagionali delle postazioni **urbane**, Fossamastra esclusa, salvo per il Ni che sembrerebbe essere maggiormente depositato in inverno. Le deposizioni medie stagionali di queste postazioni sono da 1,5 a 4 volte maggiori di quelle delle postazioni extraurbane e della postazione di fondo urbano;
- si rileva per il Mn una deposizione lievemente superiore in estate nelle postazioni extra-urbane;
- per la postazione di **Fossamastra**, i ratei medi stagionali sono maggiori di 2-5 volte rispetto a quelli riscontrati nelle postazioni urbane e sono tra loro praticamente equivalenti, indicando una costanza delle pressioni antropiche stagionali;
- non si riscontrano significative differenze tra le campagne di bianco e quelle a centrale in funzione salvo il caso di Mn, As e V nelle postazioni extraurbane che hanno un valore di bianco maggiore, influenzato dalle polveri sahariane: si rammenta a tal proposito quanto precisato in merito alla campagna di bianco **P14 18/2**, caratterizzata da una forte avvezione sahariana;
- in ogni caso, i ratei di deposizione dei metalli come quelli delle polveri sedimentabili, sono ampiamente entro i valori guida come medie annuali adottati in alcune nazioni europee, riportati nel cap. 5, e tipici di ambienti urbani e rurali europei.

### 7.2.2 Concentrazioni di metalli nelle polveri

Per valutare le possibili variazioni intervenute nella composizione delle polveri depositate durante le campagne di monitoraggio, si è proceduto al calcolo delle concentrazioni dei metalli maggioritari. Negli istogrammi seguenti sono mostrate appunto le **concentrazioni** in  $\mu\text{g/g}$  dei metalli nelle deposizioni raccolte nel corso delle campagne. In Appendice A6.3 sono riportati i valori numerici di tutte le campagne:

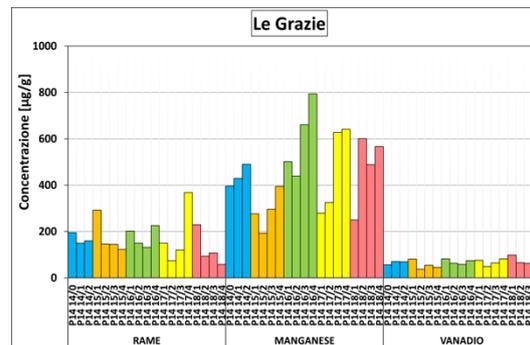
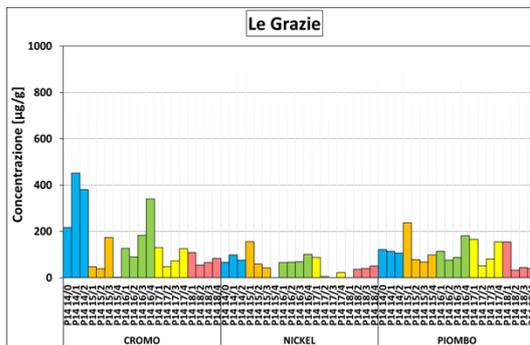
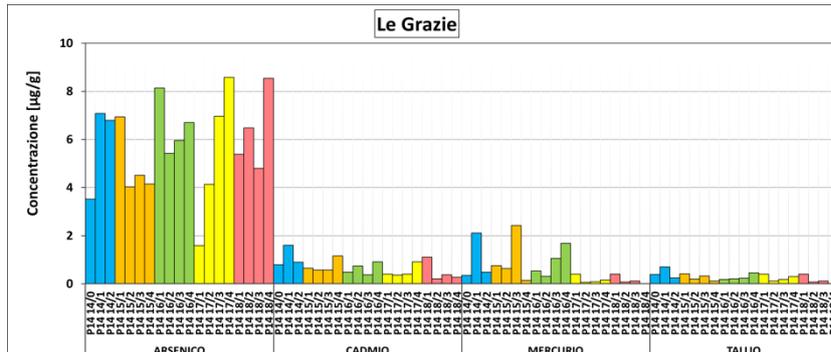
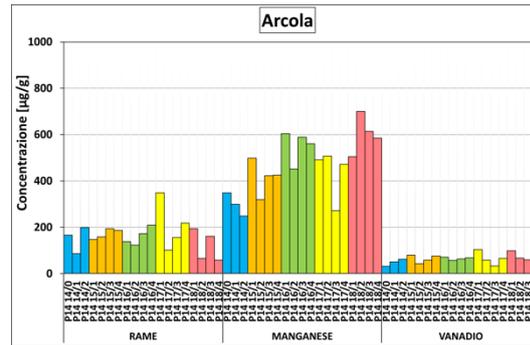
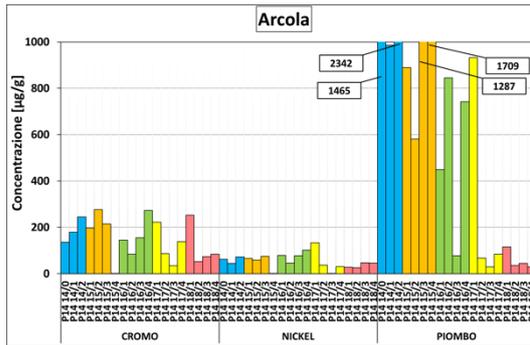
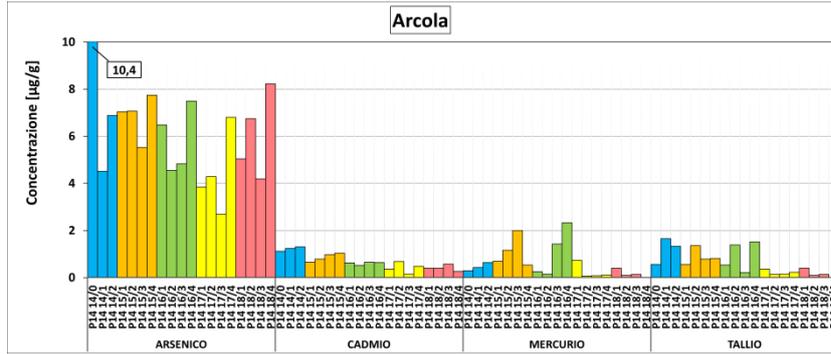


**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM  
BS OHSAS 18001

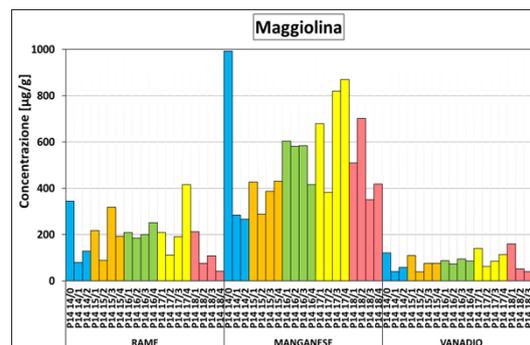
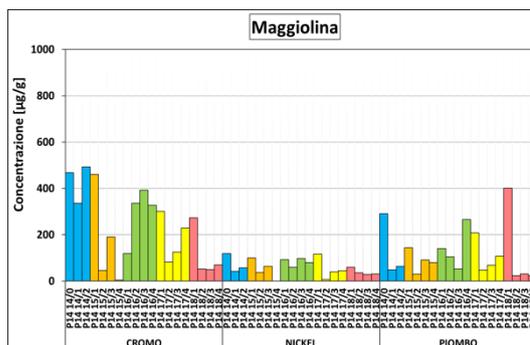
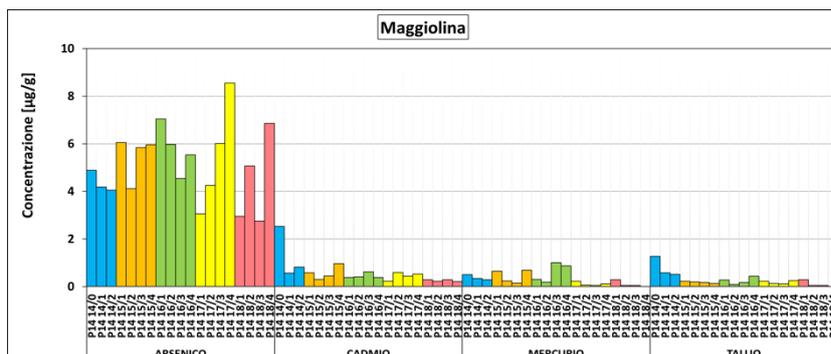
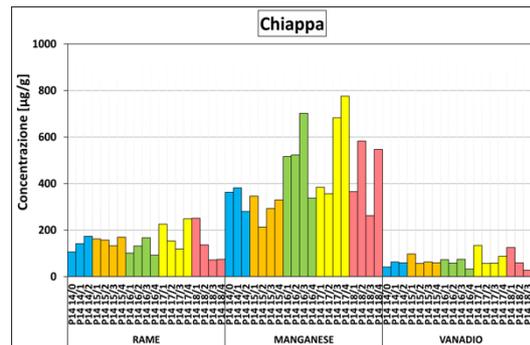
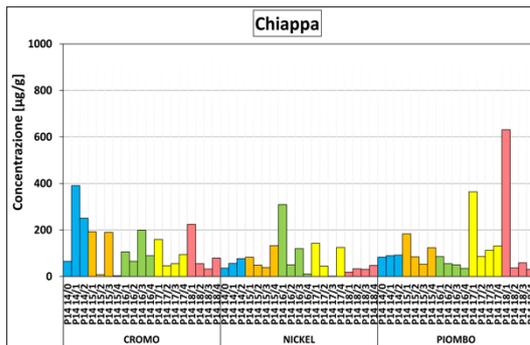
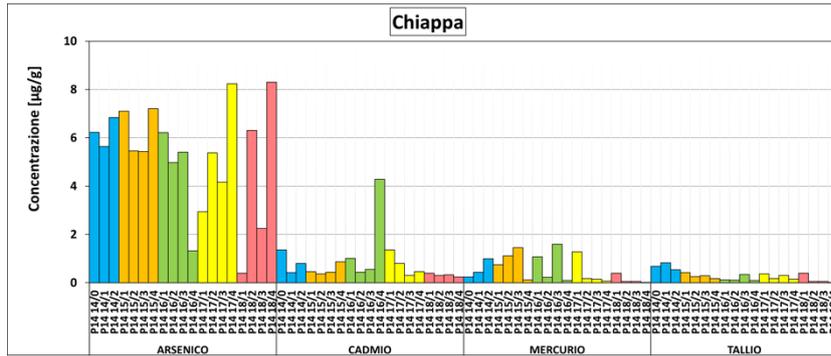


**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM  
BS OHSAS 18001

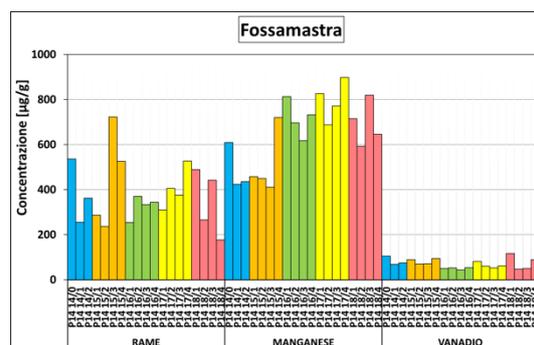
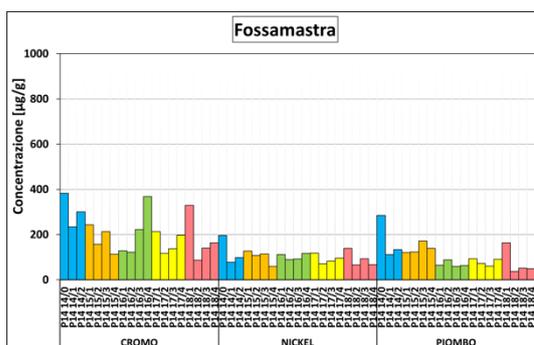
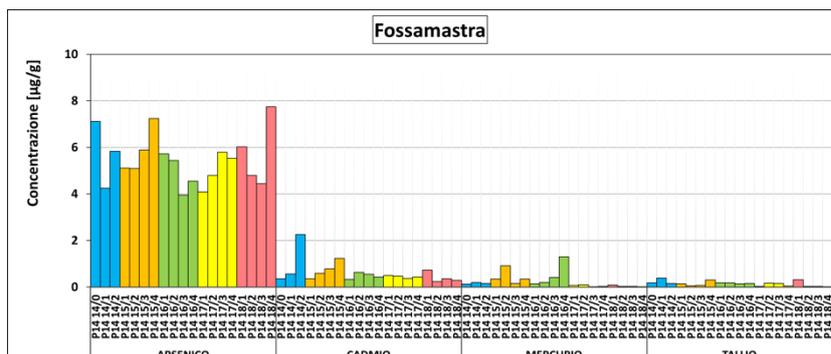
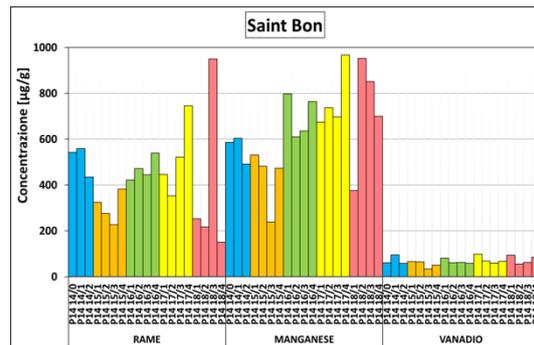
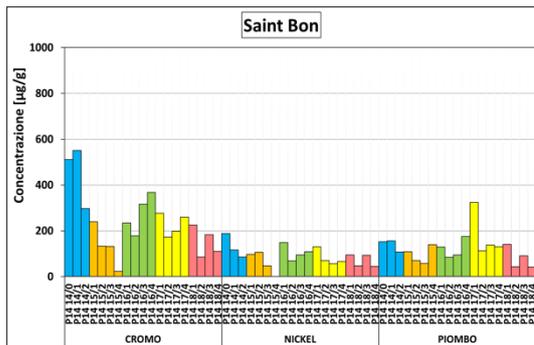
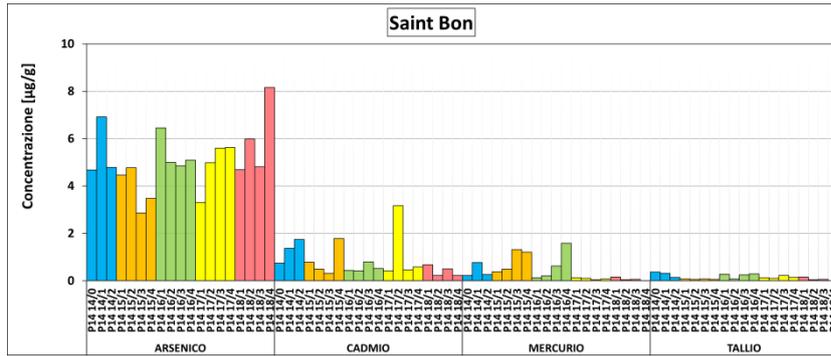


**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM  
BS OHSAS 18001



**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM  
BS OHSAS 18001

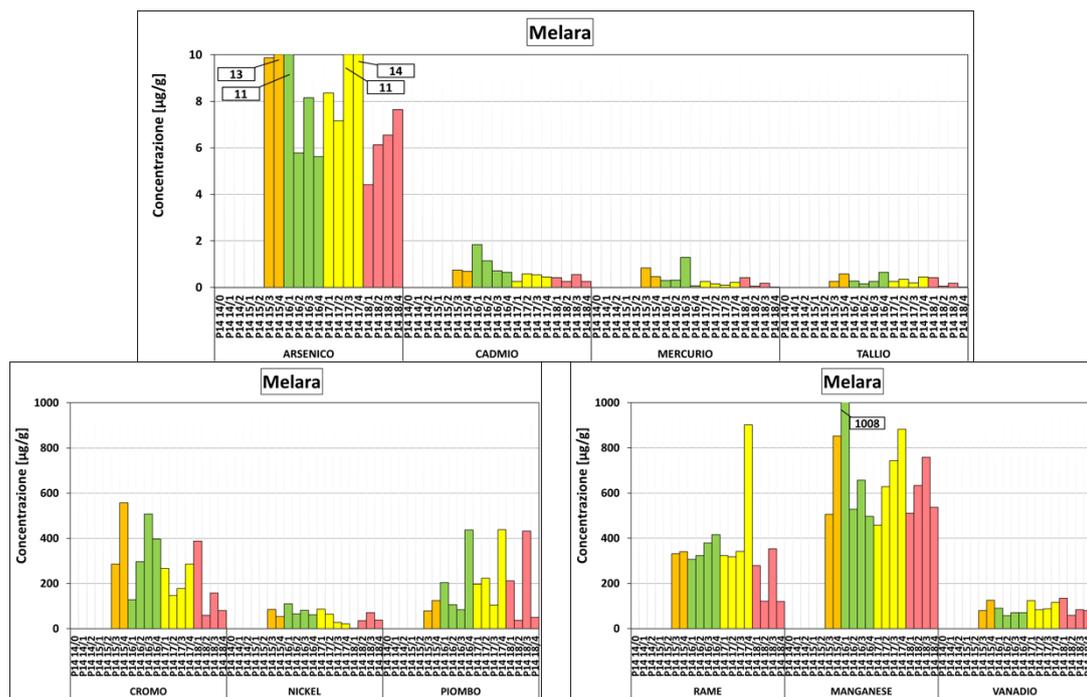


Figura 68– Confronto delle concentrazioni (µg/g) di metalli nelle campagne 2014-2018.

Dai grafici in Figura 68 si evidenzia quanto segue:

- la concentrazione di **As** nelle polveri è molto variata nel corso delle campagne con andamento simile nelle postazioni urbane ed extraurbane. Essendo significativamente presente nei terreni del comprensorio della Spezia, ciò potrebbe essere associato ad apporti tipicamente terrigeni. La maggiore concentrazione di As sembra esservi nelle polveri depositate a Melara (v. anche par. 7.7);
- la concentrazione di **Cd** è rimasta sempre bassa e confrontabile nelle polveri delle postazioni urbane ed extraurbane, con alcuni episodi di più elevate concentrazioni rispetto all'usuale;
- le concentrazioni di **Hg** e **Tl** sono risultate molto basse in tutte le postazioni con simile andamento temporale e limitate differenze tra le tipologie di postazioni, salvo il caso di Arcola in cui il **Tl** sembra leggermente più concentrato, specie nelle campagne dal 2014 al 2016;
- le concentrazioni di **Cr** nelle polveri sono risultate abbastanza variabili in tutte le postazioni ma confrontabili nell'ambito della stessa tipologia. Una maggiore concentrazione di Cr è presente nelle polveri delle postazioni urbane e si sono osservati valori più elevati in alcune campagne del 2014 limitatamente a Follo, Le Grazie, Maggiolina e Saint Bon e nel 2018 solo a Follo. In ambiente urbano, le polveri di Melara sembrano le più concentrate in Cr;
- la concentrazione di **Ni** è risultata poco variabile in tutte le postazioni con qualche episodio di più elevati valori a Bolano, Follo e Chiappa nella campagna **P14 16/1**;
- la concentrazione di **Pb** è risultata poco variabile a parte qualche episodio di maggior concentrazione rilevata nella campagna **P14 17/1**, in alcune postazioni (Bolano, Chiappa, Saint Bon) e nella campagna **P14 18/1** (Maggiolina, Chiappa). La postazione di Melara ha un andamento diverso dalle altre postazioni con valori

anche molto elevati alternati a concentrazioni più basse. La postazione di Arcola si differenzia da tutte le altre per la elevata presenza estemporanea di Pb fino al 2017. Dal 2018 i valori sono confrontabili con quelli delle postazioni extraurbane;

- la concentrazione di **Cu** risulta maggiore in ambiente tipicamente urbano (Saint Bon, Fossamastra, Melara) rispetto alle aree extraurbane e riflette le influenze dovute alle emissioni industriali e al traffico. Un valore decisamente anomalo di concentrazione di Cu è stato rilevato a Melara nella campagna **P14 17/4** e a Saint Bon nella campagna **P14 18/3**;
- la concentrazione di **Mn** nelle polveri è risultata molto variabile, ma in ogni caso elevata e tipicamente maggioritaria in tutte le postazioni con un lieve aumento rilevato fino all'anno 2017 (in tutte le postazioni escluse Arcola e Le Grazie) e la conseguente apparente stabilizzazione nell'anno 2018. Si segnalano inoltre valori elevati rilevati a Bolano, Follo e Melara rispettivamente nelle campagne **P14 17/3**, **P14 16/3** e **P14 16/1**. Essendo il Mn un metallo tipicamente terrigeno e presente in minerali del territorio spezzino in cui addirittura nell'Ottocento erano attive piccole cave<sup>25</sup> (Fregara, Amora, Casale, Cerchiara), è possibile che le deposizioni siano fortemente influenzate da apporti naturali;
- la concentrazione di **V** è poco variata nelle polveri di tutte le postazioni.

La tabella che segue riassume le **concentrazioni medie** dei metalli nelle polveri depositate stagionalmente e delle campagne di bianco in ciascuna postazione. Non è stata considerata la campagna invernale **P14 15/2** di Maggiolina per i problemi di sfalcio erboso durante il suo corso (v. sopra). Inoltre, non è stata effettuata la campagna di bianco del 2014 della postazione di Melara.

<i>Media ± Dev. St. (µg/g)</i>		As	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano (extraurbana)	Bianco	6,0±1,9	0,7±0,5	91±34	39±17	86±43	91±38	695±116	65±4
	Estate	3,8±1,5	0,5±0,4	136±97	41±40	47±19	94±30	503±255	52±13
	Inverno	3,8±1,8	0,9±1,1	114±64	99±58	92±52	102±35	519±241	76±21
Follo (extraurbana)	Bianco	5,7±0,8	0,6±0,3	162±144	64±47	64±33	93±38	568±52	66±12
	Estate	5,8±1,3	0,9±0,8	281±189	70±36	82±59	115±19	670±251	87±16
	Inverno	4,2±2,4	0,5±0,2	256±173	101±75	125±59	148±110	500±138	93±19
Arcola (extraurbana)	Bianco	6,8±3,6	0,6±0,5	82±47	34±25	553±792	109±52	465±204	50±18
	Estate	5,7±1,4	0,8±0,3	159±90	61±30	907±846	174±39	467±140	63±8
	Inverno	5,7±1,4	0,6±0,2	196±72	69±36	636±317	185±84	478±93	75±24
Le Grazie (extraurbana)	Bianco	4,7±1,6	0,5±0,3	107±96	37±31	69±47	121±65	440±144	57±8
	Estate	5,9±1,2	0,8±0,4	209±164	54±40	98±40	145±37	523±162	62±10
	Inverno	5,3±2,3	0,7±0,3	91±39	87±40	138±61	195±59	323±120	73±21
Chiappa (fondo urbano)	Bianco	6,0±0,5	0,8±0,5	55±9	38±6	69±27	132±24	434±129	52±10
	Estate	4,8±2,1	1,0±1,3	151±131	58±48	77±32	134±37	409±179	54±16
	Inverno	4,5±2,5	0,7±0,4	126±81	108±107	208±241	171±57	391±116	91±33
Maggiolina (*) (urbana)	Bianco	4,7±0,4	1,1±1,2	201±232	54±58	121±148	177±146	692±305	79±38
	Estate	4,9±1,2	0,6±0,2	240±174	51±30	87±74	184±78	443±182	70±21
	Inverno	5,0±1,9	0,4±0,1	298±123	86±25	200±119	207±12	561±96	114±36
Saint Bon (urbana)	Bianco	5,2±0,7	1,4±1,6	256±225	102±75	103±56	371±164	759±184	62±7
	Estate	4,8±1,2	0,9±0,6	258±162	75±38	120±39	508±208	595±192	60±17
	Inverno	4,8±1,0	0,5±0,2	214±51	108±28	143±93	366±93	579±149	78±16
Fossamastra (urbana)	Bianco	5,6±1,3	0,4±0,1	195±163	111±74	131±134	402±135	629±51	71±30
	Estate	5,2±1,1	0,8±0,6	216±87	92±19	99±46	420±146	616±170	63±16
	Inverno	5,2±0,7	0,5±0,2	199±80	115±17	108±35	324±93	660±168	77±25
Melara (urbana)	Bianco	6,6±0,7	0,4±1,6	103±225	50±75	130±56	220±164	631±184	72±7
	Estate	9,1±2,8	0,7±0,1	347±168	64±21	210±175	360±32	669±144	86±20
	Inverno	7,3±2,7	0,9±0,7	270±107	66±47	180±49	308±21	626±257	102±35

Tabella 72 – Concentrazioni medie dei metalli nelle polveri depositate stagionalmente in ciascuna postazione. Valori in µg/g. (\*) La concentrazione media invernale di Maggiolina non include il dato della campagna P14 15/2 (v. sopra).

<sup>25</sup> F. Rolla - La Storia Naturale del Golfo della Spezia fra la fine del 1700 e il 1800, Volume VI, Osservazioni naturalistiche, fermenti rivoluzionari e Arcadia. Collana Thyrrenis.

Dalla tabella precedente, si evidenzia l'estrema variabilità delle concentrazioni di metalli nelle postazioni cittadine (Maggiolina, Saint Bon e Fossamastra), pertanto non è possibile un confronto tra i dati relativi alle campagne di bianco e a centrale in funzione. Analizzando le variazioni di concentrazione per postazione, si confermano alcuni andamenti già messi in evidenza in precedenza:

- le concentrazioni medie stagionali di **As** sono confrontabili in quasi tutte le postazioni e variano entro un intervallo ristretto (3,8-5,9 µg/g), confrontabile con quello delle campagne di bianco (4,7-6,8 µg/g). Solo la postazione di Melara sembra avere una concentrazione di As nelle polveri maggiore di tutte le altre (7,3-9,1 µg/g), ma è caratterizzata però anche da un elevato valore di bianco (6,6 µg/g);
- le concentrazioni medie stagionali di **Cd**, in maniera simile a quelle del As, risultano molto uniformi e non si notano differenze sostanziali con i valori delle campagne di bianco, a meno del valore di bianco della postazione di Saint Bon e Maggiolina che risultano i più elevati (1,4 µg/g e 1,1 µg/g rispettivamente);
- la concentrazione di **Cr** ha un andamento stagionale più complesso, con variazioni anche all'interno del tipo di postazione. In linea generale il Cr appare più concentrato nelle polveri delle postazioni urbane (Saint Bon, Maggiolina, Melara). La variabilità della concentrazione di Cr potrebbe essere legata ai riporti effettuati con terreni provenienti dalla Val di Vara e Magra, caratterizzati da contenuti naturali elevati di Cr e alle attività di movimentazione di rinfuse nell'area portuale. La postazione di fondo urbano ha stagionalmente concentrazioni molto basse, addirittura inferiori a quelle delle postazioni extraurbane. In alcune postazioni extraurbane (a Follo e a Le Grazie in estate) si sono infatti misurate concentrazioni di Cr paragonabili a quelle delle postazioni urbane;
- la concentrazione di **Ni** ha un andamento che sembra essere indipendente dal tipo di postazione e si nota in tutte le postazioni una maggiore concentrazione nelle polveri invernali, sebbene le variazioni associate ai dati siano molto elevate;
- la concentrazione di **Pb** risulta maggiore nelle polveri delle postazioni urbane (Saint Bon, Fossamastra, Melara, Maggiolina), con ridotta variazione stagionale, coerentemente con le potenziali maggiori emissioni antropiche dell'ambiente urbano. Una variazione stagionale, con aumento invernale, è apprezzabile nelle postazioni extraurbane, a volte con maggiore evidenza rispetto a quelle urbane. Arcola, come già rilevato, si differenzia da tutte le altre postazioni per le elevate deposizioni di Pb e quindi per le elevate concentrazioni riscontrate che vanno imputate ad una sorgente prettamente locale. Una discussione più estesa del caso di Arcola è riportata nel documento prot. Arpal 0037531 del 20/12/2018;
- la concentrazione di **Cu** si differenzia sostanzialmente nelle polveri delle postazioni extraurbane da quelle delle postazioni urbane con valori decisamente maggiori in queste ultime. La variazione stagionale è praticamente assente nelle postazioni extraurbane e poco evidente in quelle urbane, salvo a Fossamastra e a Saint Bon in cui sembrerebbe esserci un aumento di Cu nelle polveri estive. Si riscontra anche una ridotta differenza tra le concentrazioni rilevate nelle campagne di bianco e le altre stagionali. L'insieme di queste osservazioni fa propendere a delineare un quadro di sostanziale diffusione uniforme del Cu nelle

- aree extraurbane cui si sovrappongono i contributi antropici tipici che portano a circa un raddoppio della sua concentrazione nelle polveri dell'ambiente urbano;
- la concentrazione di **Mn** nelle polveri sembrerebbe sostanzialmente uniforme in ambiente urbano, distribuendosi intorno a valori di circa 600 µg/g ma con elevata variabilità e con scarsa variazione stagionale. Nelle postazioni extraurbane si hanno concentrazioni lievemente inferiori specie nelle polveri di Arcola, Chiappa e parzialmente Le Grazie. Ciò sembrerebbe essere coerente con la presenza di apporti antropici in area urbana su un fondo naturale di Mn, data la sua diffusione nei terreni spezzini, in linea anche con la sua concentrazione media nella crosta terrestre (circa 0,1% in peso);
  - la concentrazione di V, come quella di As e Cd, sembra piuttosto uniforme e con ridotte se non assenti variazioni stagionali.

A Melara le concentrazioni dei metalli sono caratterizzate da una sostanziale stabilità stagionale, con differenze fra i valori medi estivi e invernali inferiori al 15% fatta eccezione per Cd e Cr (con differenze dell'ordine del 23%). La postazione è soggetta ad un monitoraggio continuativo delle deposizioni dal 2016. Una dettagliata analisi, comprendente anche i dati ottenuti dalle campagne integrative previste in quanto è una stazione soggetta, è riportata al paragrafo 7.7.

Nella tabella che segue sono riassunte le concentrazioni medie per tipologia di postazione e distinte per stagione, ricordando che non è stato considerato il dato della campagna **P14 15/2** di Maggiolina (postazione urbana). Sono stati esclusi, inoltre, i dati anomali di Pb della postazione di Arcola (postazione extraurbana), per i motivi già citati.

<i>Media ± Dev. St. (µg/g)</i>		As	Cd	Cr	Ni	Pb (*)	Cu	Mn	V
Bianco	P. Extra-urbane	5,4±1,4	0,6±0,4	120±94	47±32	73±37	102±45	568±146	63±9
	P. Fondo Urbano	6,0±0,5	0,8±0,5	55±9	38±6	69±27	132±24	434±129	52±10
	P. Urbane	5,4±1,0	1,0±1,1	197±185	71±57	116±99	261±159	702±198	71±23
	Fossamastra	5,6±1,3	0,4±0,1	195±163	111±74	131±134	402±135	629±51	71±30
Estate	P. Extra-urbane	5,2±1,6	0,7±0,5	209±160	55±39	75±46	118±35	565±230	67±19
	P. Fondo Urbano	4,8±2,1	1,0±1,3	151±131	58±48	77±32	134±37	409±179	54±16
	P. Urbane	6,0±2,6	0,7±0,4	276±166	63±32	133±110	350±192	560±193	71±21
	Fossamastra	5,2±1,1	0,8±0,6	216±87	92±19	99±46	420±146	616±170	63±16
Inverno	P. Extra-urbane	4,4±2,1	0,7±0,6	154±127	96±57	118±58	148±80	448±188	81±21
	P. Fondo Urbano	4,5±2,5	0,7±0,4	126±81	108±107	208±241	171±57	391±116	91±33
	P. Urbane	5,5±2,0	0,6±0,4	257±96	89±35	172±91	298±91	585±159	96±32
	Fossamastra	5,2±0,7	0,5±0,2	199±80	115±17	108±35	324±93	660±168	77±25

Tabella 73 - Confronto tra le concentrazioni medie stagionali (± 1 deviazione standard) per i metalli depositati nelle campagne della prescrizione P14. Valori in µg/g. (\*) Nelle postazioni extra-urbane è esclusa Arcola per il Pb.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

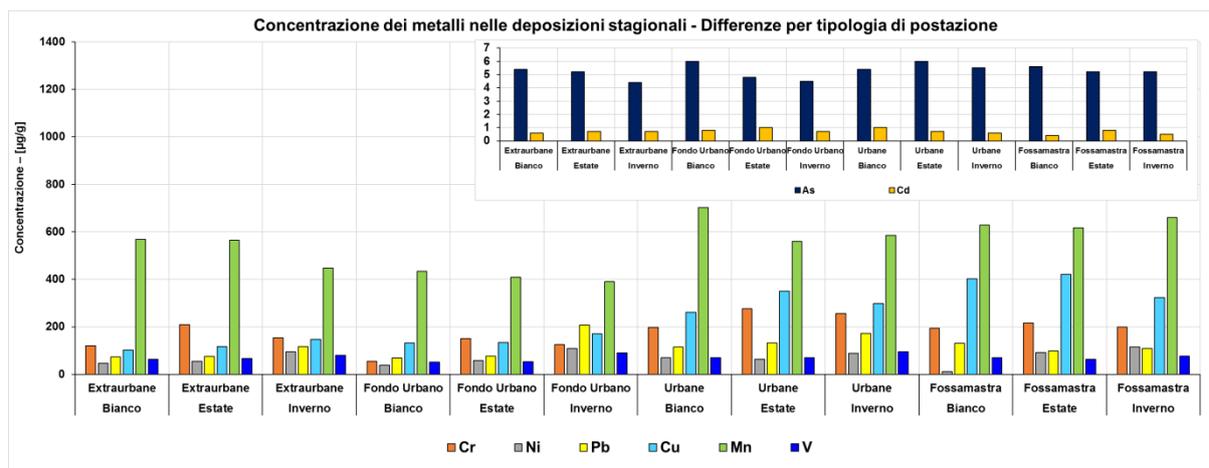


Figura 69 – Medie stagionali delle concentrazioni di metalli nelle polveri per tipologia di postazione

Dalla tabella e dal grafico precedenti, analizzando le variazioni di deposizioni tra le tipologie di postazioni si confermano buona parte delle osservazioni già riportate, che si possono così riassumere:

- le concentrazioni di As, Cd e V nelle polveri sono molto simili in tutte le postazioni, con poca variabilità stagionale, prefigurando una spiccata omogeneità di diffusione, confermata anche dalla equivalenza tra le concentrazioni rilevate nelle campagne di bianco e quelle stagionali;
- la concentrazione di Cr mostra una apparente maggiore concentrazione nelle polveri estive rispetto a quelle invernali in tutte le tipologie di postazione. Per via di questo andamento, il confronto con la media delle concentrazioni delle campagne di bianco, effettuate in periodi primaverili-estivi, è corretto solo con le campagne estive. Si nota una lieve maggiore concentrazione di Cr nelle polveri delle campagne estive depositate nelle postazioni extraurbane e in quella di fondo urbano mentre si ha una sostanziale equivalenza in quelle urbane e a Fossamastra;
- la concentrazione di Ni è maggiore nelle polveri invernali rispetto a quelle estive in tutte le tipologie di postazioni, fatto salvo quella di Fossamastra, dove non si notano accentuate differenze stagionali. Inoltre, la concentrazione di Ni è relativamente omogenea nelle polveri depositate stagionalmente nelle diverse tipologie di postazioni salvo il caso di una deposizione anomala invernale nella postazione di fondo urbano (v. Appendice A6.3) che introduce una maggiore variabilità nel dato medio. Rispetto alle campagne di bianco, le concentrazioni delle campagne stagionali sono confrontabili e tipicamente più elevate, fatta eccezione per le campagne estive delle postazioni urbane e di Fossamastra;
- per Cu, Pb (esclusi i valori di Arcola e di Chiappa) e Mn si nota una tendenza ad avere polveri maggiormente concentrate in questi metalli nelle postazioni urbane. Le medie stagionali risultano per questi metalli in linea con quelle delle campagne di bianco, in alcuni casi inferiori (ad esempio il Mn per le postazioni urbane);
- le concentrazioni di metalli a **Fossamastra**, al contrario dei ratei di deposizione, non sono particolarmente differenti da quelle delle altre postazioni urbane, ad indicare che la polvere della zona ha una composizione simile ad esse, in particolare con

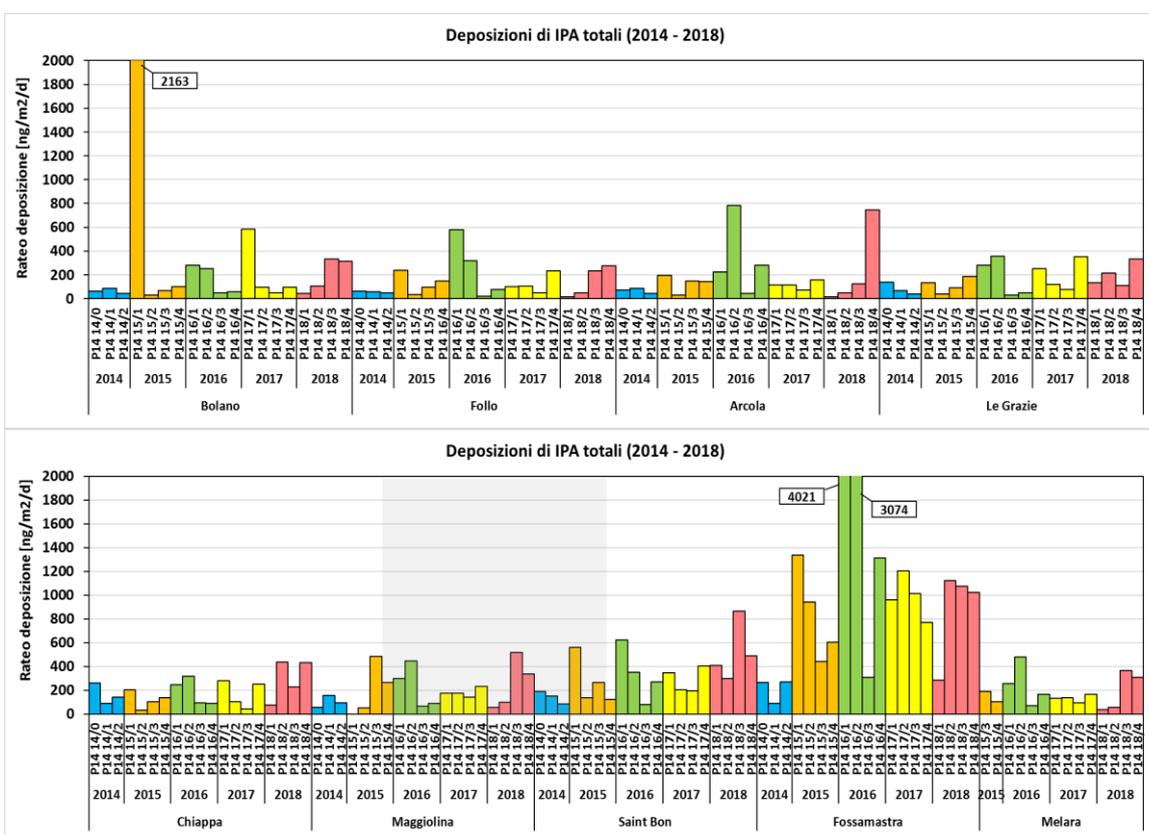
quella di Saint Bon, e di granulometria grossolana in quanto le concentrazioni di PM10 sono simili a quelle delle altre postazioni;

- le concentrazioni dei metalli risultano comunque non soggette a variazioni significative legate alla stagione, al tempo e allo spazio indicando una ricaduta caratteristica del territorio; si ricorda che solo Arcola e Chiappa relativamente al Pb si diversificano rispetto alle altre stazioni.

### 7.3 Composti organici nelle deposizioni di polveri

#### 7.3.1 Ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Le figure che seguono confrontano i tassi di deposizione di IPA, totali<sup>26</sup> e della norma UNI (v. cap. 5), di tutte le campagne effettuate fino al 2018.



<sup>26</sup> Si ricorda che gli IPA totali comprendono una serie di composti policiclici da fenantrene (tre anelli condensati) a coronene (sei anelli condensati), aventi differente tensione di vapore. Gli IPA della norma UNI comprendono IPA ad alto peso molecolare, poco volatili, prevalentemente cancerogeni.

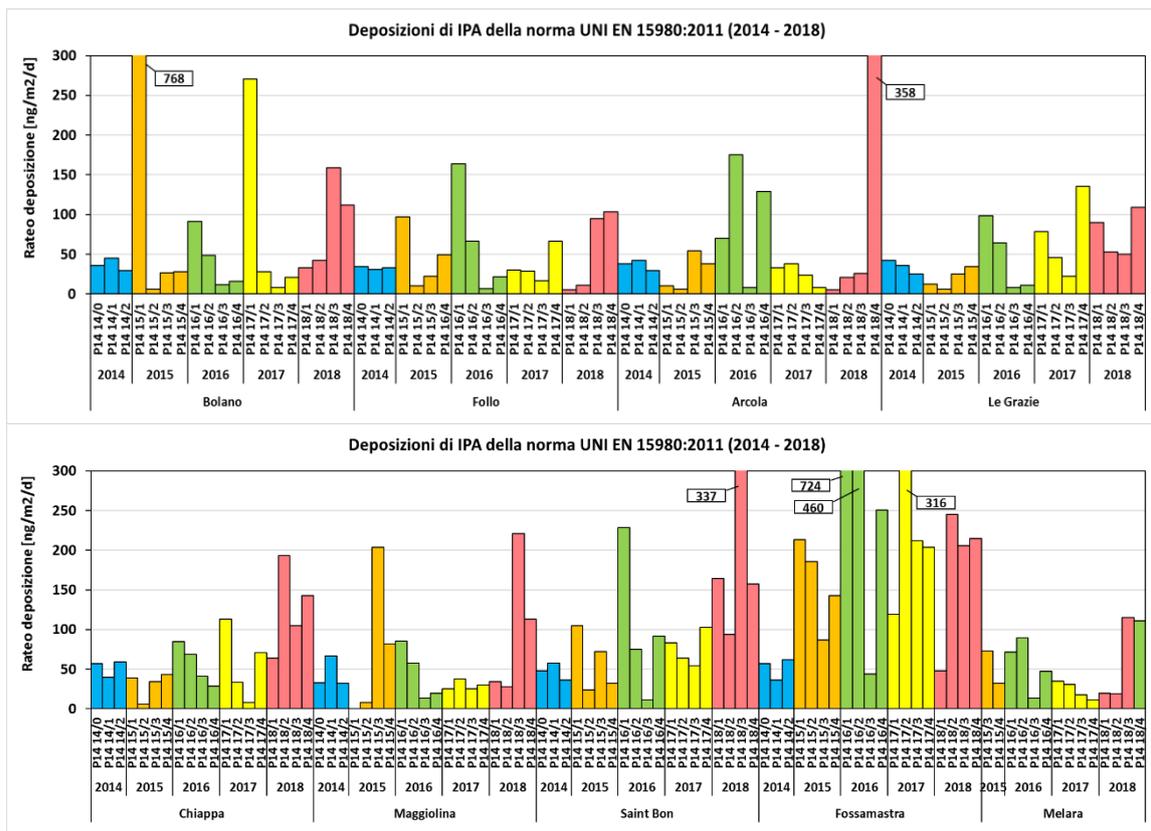


Figura 70 – Deposizioni di IPA totali e della norma UNI EN 15980:2011 nelle campagne del 2014 - 2018.

I dati numerici dei ratei di deposizione degli IPA sono riportati in Appendice A6.4.

Dalla figura precedente, si notano alcuni ratei più elevati rispetto a quelli che vengono rilevati normalmente in ciascuna postazione, legati a eventi anomali, per lo più incendi. Ricordando che l'obiettivo delle valutazioni pluriennali è quello di avere una stima delle deposizioni di IPA che avvengono normalmente stagionalmente, è stata effettuata una selezione critica eliminando i dati associati ad eventi anomali.

Nel prospetto seguente sono indicati i ratei di deposizione di IPA classificabili come eventi anomali:

Campagna	Stagione	Evento anomalo	Note
P14 14/0 (bianco)	estate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chiappa: elevato valore per tipo di postazione non associabile ad evento noto</li> </ul>	Il rateo rilevato a Chiappa (258 ng/m <sup>2</sup> /d) è stato utilizzato in quanto inferiore a 400 ng/m <sup>2</sup> /d ma appare anomalo per il tipo di postazione
P14 15/1	inverno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bolano: elevato valore associabile ad incendio boschivo;</li> <li>Maggiolina: rottura del deposimetro (nessun dato);</li> <li>Saint Bon: lavori stradali e asfaltatura con emissioni di fumi.</li> </ul>	Sono stati esclusi i ratei di Bolano (2163 ng/m <sup>2</sup> /d) e Saint Bon (552 ng/m <sup>2</sup> /d).
P14 15/3	estate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maggiolina: elevato valore di IPA per lavori asfaltatura</li> </ul>	E' stato escluso il dato di Maggiolina (482 ng/m <sup>2</sup> /d)
P14 16/1	inverno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Follo, Saint Bon, Fossamastra: influenze da ceneri dell'incendio in zona Fossamastra del 23/03/16.</li> </ul>	Sono stati esclusi i ratei di Follo (580 ng/m <sup>2</sup> /d), Saint Bon (621 ng/m <sup>2</sup> /d) e Fossamastra (4021 ng/m <sup>2</sup> /d).
P14 16/2	inverno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fossamastra, Melara e Maggiolina: influenze da ceneri dell'incendio in zona Fossamastra del 23/03/16.</li> <li>Arcola: influenzata da una sorgente locale, particolarmente elevata durante la campagna.</li> </ul>	Sono stati esclusi i ratei di, Fossamastra (3074 ng/m <sup>2</sup> /d), Melara (479 ng/m <sup>2</sup> /d), Maggiolina (446 ng/m <sup>2</sup> /d), Arcola (781 ng/m <sup>2</sup> /d).
P14 17/1	inverno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bolano: elevato valore associabile ad incendio boschivo</li> </ul>	E' stato escluso il dato di Bolano (586 ng/m <sup>2</sup> /d)
P14 18/3	Estate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bolano: valore anomalo per incendio locale</li> </ul>	Il rateo rilevato a Bolano (333 ng/m <sup>2</sup> /d) è stato escluso

Tabella 74 – Campagne con ratei di deposizione di IPA con valori anomali. I valori dei ratei si riferiscono agli IPA totali

Per le postazioni di **Fossamastra** e **Melara** sono stati esclusi solo i dati riferibili all'incendio dell'edificio civile prossimo alla postazione di Fossamastra, visibili nelle deposizioni delle campagne **P14 16/1** e **16/2**.

E' stato mantenuto il dato di **Maggiolina** della campagna **P14 15/2**, escluso per le valutazioni statistiche di polveri e metalli, in quanto il rateo di IPA rilevato non risulta influenzato dalle operazioni di sfalcio (v. sopra), ma sono stati esclusi i ratei della campagna **P14 15/3** per le influenze di lavori di asfaltatura nelle vie adiacenti alla postazione e della campagna **P14 16/2**, per le influenze dell'incendio di Fossamastra, poco distante dalla postazione. Il valore di Bolano della **P14 18/3** è stato escluso in quanto associato ad un incendio.

Per massima completezza, la tabella che segue riporta il confronto tra le medie stagionali di deposizione degli IPA totali e della norma UNI (v. cap. 2), utilizzando tutti i dati (a sinistra) e quelle con eliminazione dei dati anomali di Tabella 74, evidenziate in verde. I valori sono espressi in ng/m<sup>2</sup>/d:

Postazione	Stagione	Ratei inclusi i dati anomali		Ratei esclusi i dati anomali	
		Rateo degli IPA Totali	Rateo degli IPA Norma UNI	Rateo degli IPA Totali	Rateo degli IPA Norma UNI
Bolano	Bianco	88±24	35±7	88±24	35±7
	Estate	99±97	40±49	65±21	23±13
	Inverno	559±811	203±292	152±134	45±36
Follo	Bianco	71±29	25±12	71±29	25±12
	Estate	91±70	34±28	91±70	34±28
	Inverno	214±215	62±61	141±132	42±39
Arcola	Bianco	78±33	32±10	78±33	32±10
	Estate	117±77	44±37	117±77	44±37
	Inverno	226±284	50±66	115±94	25±28
Le Grazie	Bianco	158±49	47±6	158±49	47±6
	Estate	81±51	26±14	81±51	26±14
	Inverno	198±118	58±40	198±118	58±40
Chiappa	Bianco (^)	265±169	95±86	265±169	95±86
	Estate	114±55	45±28	114±55	45±28
	Inverno	191±115	63±37	191±115	63±37
Maggiolina	Bianco	110±60	33±5	110±60	33±5
	Estate	226±179	83±83	189±158	66±73
	Inverno	203±170	42±30	143±118	38±33
Saint Bon	Bianco	229±61	69±23	229±61	69±23
	Estate	253±258	87±104	253±258	87±104
	Inverno	402±171	113±73	310±119	87±58
Fossamastra	Bianco	862±520	206±134	862±520	206±134
	Estate	638±443	130±85	638±443	130±85
	Inverno	1769±1450	292±254	880±437	142±74
Melara	Bianco	95±56	25±8	95±56	25±8
	Estate	164±108	50±39	164±108	50±39
	Inverno	225±192	54±32	140±109	42±27

Tabella 75 – Ratei medi ± Dev. St. degli IPA totali e della norma UNI, esclusi i valori di tab. 8. (^) il dato di Chiappa è stato mantenuto ma si ritiene che non sia rappresentativo (v. testo). Valori in ng/m<sup>2</sup>/d.

Facendo riferimento ai dati complessivi, inclusi i dati anomali, si osserva che le deposizioni di IPA alla Spezia sono comunque generalmente basse, salvo casi particolari locali come Fossamastra ed eventi anomali quali incendi, lavori edili, asfaltature (v. Tabella 74). Dai ratei di deposizione degli **IPA totali** depurati dei dati anomali e tenendo sempre conto della variabilità dei dati, si evidenzia che:

- in tutte le postazioni, le deposizioni di IPA totali e della norma UNI sono maggiori in inverno, salvo alcuni casi come gli IPA della norma UNI ad Arcola, Maggiolina e Melara. Ciò è attribuibile alla maggiore pressione antropica nel periodo invernale e, nel caso delle postazioni **extraurbane**, pur in un ambito di deposizioni non particolarmente elevate, si nota quasi sempre circa un raddoppio dei ratei di deposizione, mentre nelle postazioni **urbane**, esclusa Fossamastra, l'aumento è di minore entità;
- se si escludono le deposizioni di Fossamastra e di Saint Bon, esiste una limitata differenziazione tra le deposizioni degli IPA totali delle postazioni extraurbane ed urbane in inverno; in estate, invece si misurano valori leggermente più elevati nelle postazioni urbane e ad Arcola, rispetto a quelle extraurbane;
- Per gli **IPA** della **Norma UNI**, si osserva una distribuzione spaziale abbastanza omogenea, se si escludono Fossamastra e Saint Bon, quindi con limitate differenze tra l'ambiente urbano e quello extraurbano.

**Fossamastra** rappresenta anche per le deposizioni degli IPA un caso a sé, in quanto si riscontrano ratei molto più elevati delle altre postazioni urbane con un deciso aumento nel periodo invernale, presumibilmente a causa delle sfavorevoli condizioni

meteorologiche in quanto le pressioni industriali rimangono stagionalmente relativamente costanti.

Nella tabella che segue sono riassunti i valori medi  $\pm 1$  deviazione standard dei ratei di deposizione rilevati nelle postazioni suddivise in urbane ed extraurbane nelle campagne di bianco (**campagna P14 14/0, P14 17/2 e P14 18/2**) e nelle **campagne estive e invernali**. La postazione di Fossamastra, per via della singolarità delle sue deposizioni, è mantenuta separata dalle altre urbane. Allo stesso modo, la postazione Chiappa di fondo urbano è stata mantenuta separata da quelle urbane, in quanto ha caratteristiche di deposizione simili a quelle extraurbane e consente di valutare meglio le pressioni antropiche di quelle propriamente urbane. I valori sono in  $\text{ng/m}^2/\text{d}$ .

	Media $\pm$ Dev. St. ( $\text{ng/m}^2/\text{d}$ )	Ratei inclusi i dati anomali		Ratei esclusi i dati anomali	
		Rateo degli IPA TOT	Rateo degli IPA Norma UNI	Rateo degli IPA TOT	Rateo degli IPA Norma UNI
Bianco	P. Extra-urbane	99 $\pm$ 47	35 $\pm$ 11	99 $\pm$ 47	35 $\pm$ 11
	P. Fondo Urbano	265 $\pm$ 169	95 $\pm$ 86	265 $\pm$ 169	95 $\pm$ 86
	P. Urbane	151 $\pm$ 83	44 $\pm$ 24	151 $\pm$ 83	44 $\pm$ 24
	Fossamastra	862 $\pm$ 520	206 $\pm$ 134	862 $\pm$ 520	206 $\pm$ 134
Estate	P. Extra-urbane	97 $\pm$ 73	36 $\pm$ 33	89 $\pm$ 60	32 $\pm$ 25
	P. Fondo Urbano	114 $\pm$ 55	45 $\pm$ 28	114 $\pm$ 55	45 $\pm$ 28
	P. Urbane	219 $\pm$ 192	75 $\pm$ 81	206 $\pm$ 188	69 $\pm$ 77
	Fossamastra	638 $\pm$ 443	130 $\pm$ 85	638 $\pm$ 443	130 $\pm$ 85
Inverno	P. Extra-urbane	299 $\pm$ 444	93 $\pm$ 158	154 $\pm$ 114	43 $\pm$ 36
	P. Fondo Urbano	191 $\pm$ 115	63 $\pm$ 37	191 $\pm$ 115	63 $\pm$ 37
	P. Urbane	289 $\pm$ 189	74 $\pm$ 59	203 $\pm$ 134	57 $\pm$ 45
	Fossamastra	1769 $\pm$ 1450	292 $\pm$ 254	880 $\pm$ 437	142 $\pm$ 74

Tabella 76 – Ratei medi  $\pm$  Dev. St. degli IPA totali e della norma UNI, esclusi i valori di tab. 8-9. Valori in  $\text{ng/m}^2/\text{d}$ .

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente relativa ai ratei medi esclusi i dati anomali:

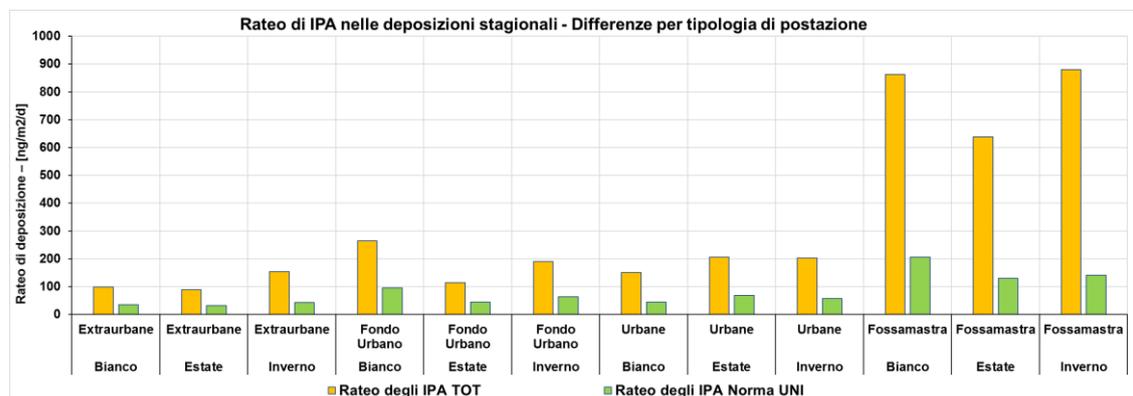


Figura 71 – Confronto tra i valori medi stagionali dei ratei di IPA totali e IPA Norma UNI nei differenti tipi di postazioni.

Riferendosi ai dati depurati dei valori anomali valgono le osservazioni sopra riportate, così riassumibili:

- I valori delle campagne di bianco sono confrontabili con quelli stagionali, se non in alcuni casi addirittura superiori;

- per ogni tipologia di postazione (fatta eccezione per le postazioni urbane), si nota una variazione stagionale degli IPA totali, in aumento in inverno, non così evidente per gli IPA della norma UNI;
- in estate, si hanno ratei di IPA totali e Norma UNI lievemente maggiori nelle postazioni urbane rispetto alle extraurbane. Tale differenza si coglie in misura minore anche in inverno a causa della elevata variabilità del dato. Gli IPA sembrano quindi diffusi in maniera lievemente maggiore nelle aree urbane, come d'altra parte plausibile per le maggiori pressioni antropiche;
- Fossamastra ha sempre una forte pressione antropica, più accentuata in inverno.

### 7.1.1.1 Ratei di deposizione di benzo(a)pirene

La figura che segue confronta i tassi di deposizione di benzo(a)pirene (BaP) in tutte le campagne effettuate fino al 2018:

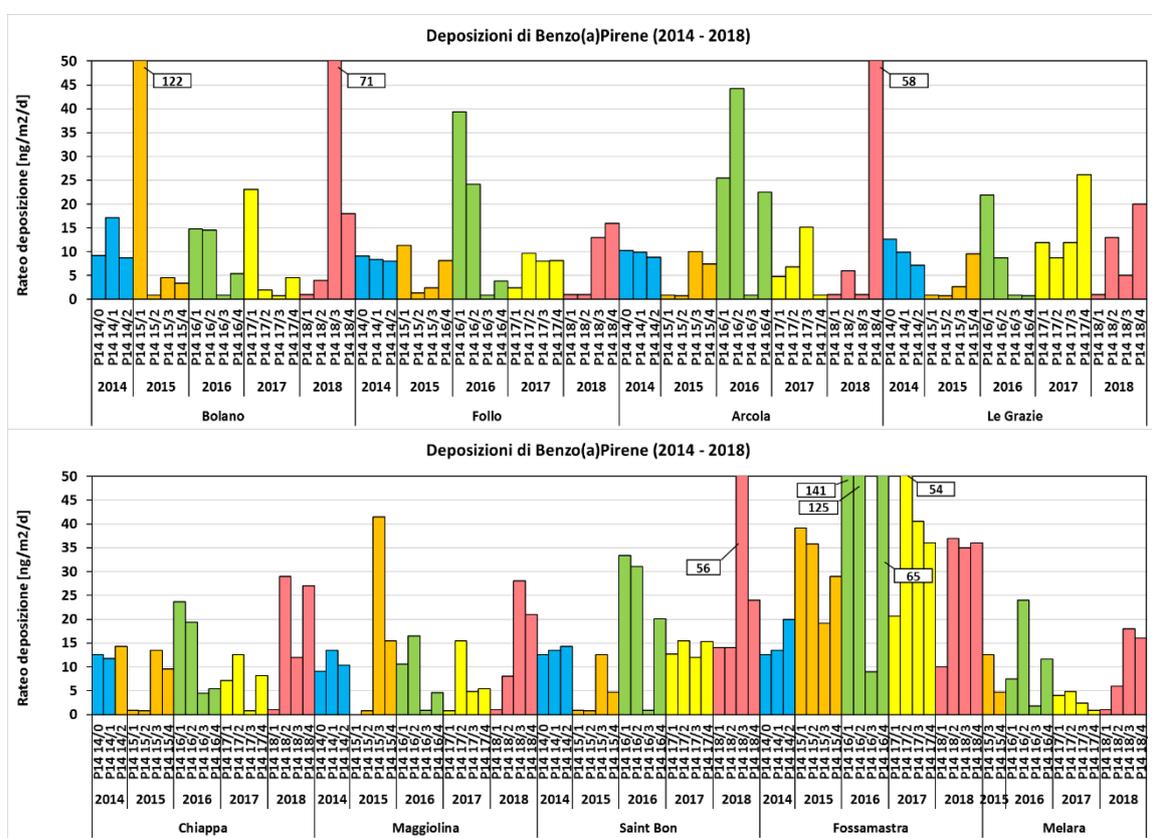


Figura 72 – Confronto dei ratei di deposizione medi di BaP nelle campagne 2014-2018.

I dati numerici dei ratei di deposizione del BaP sono riportati in Appendice A6.4. Dalla figura precedente, si notano alcuni ratei più elevati di BaP rispetto a quelli che vengono rilevati normalmente in ciascuna postazione, legati agli eventi anomali, discussi in precedenza per i ratei degli IPA totali e della norma UNI (v. Tabella 74).

Per completezza, la tabella che segue riporta il confronto tra le medie stagionali di tutti i dati e quelle con eliminazione dei dati anomali di Tabella 74, evidenziate in verde. I valori sono espressi in  $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ .

Postazione	Ratei inclusi i dati anomali		Ratei esclusi i dati anomali	
		Rateo del BaP		Rateo del BaP
Bolano	Bianco	5±4		5±4
	Estate	14±24		6±6
	Inverno	29±46		8±8
Follo	Bianco	7±5		7±5
	Estate	7±4		7±4
	Inverno	13±15		8±10
Arcola	Bianco	8±2		8±2
	Estate	9±7		9±7
	Inverno	13±18		6±10
Le Grazie	Bianco	11±2		11±2
	Estate	6±4		6±4
	Inverno	8±9		8±9
Chiappa	Bianco (^)	18±9		18±9
	Estate	9±5		9±5
	Inverno	9±10		9±10
Maggiolina	Bianco	11±4		11±4
	Estate	15±14		11±9
	Inverno	6±7		3±5
Saint Bon	Bianco	14±1		14±1
	Estate	17±17		17±17
	Inverno	16±13		15±12
Fossamastra	Bianco	35±21		35±21
	Estate	29±18		29±18
	Inverno	62±56		26±14
Melara	Bianco	5±1		5±1
	Estate	9±7		9±7
	Inverno	9±10		4±3

Tabella 77 - Ratei medi ± Dev. St. del BaP, esclusi i valori di Tabella 74(^) il dato di Chiappa è stato mantenuto ma si ritiene che non sia rappresentativo (v. testo).

Le deposizioni di BaP appaiono modeste salvo che a Fossamastra, avente ratei decisamente maggiori di tutte le altre postazioni. Riferendosi ai dati depurati dei valori anomali, si osserva anche una ridotta variabilità delle sue deposizioni tra postazioni extraurbane ed urbane (a meno di Fossamastra). I valori delle deposizioni delle campagne di bianco e quelli delle campagne con Centrale in funzione risultano molto contenuti e praticamente equivalenti tra loro ad eccezione di quelli rilevati a Fossamastra.

Di seguito, sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard dei ratei di deposizione rilevati nelle postazioni, suddivise in urbane ed extra-urbane, nella campagna di bianco (**campagna P14 14/0, P14 17/2 e P14 18/2**) e nelle **campagne estive e invernali**. La postazione di Fossamastra, per via della singolarità delle sue deposizioni, è mantenuta separata dalle altre urbane. Allo stesso modo, la postazione Chiappa di fondo urbano è stata mantenuta separata da quelle urbane, in quanto ha caratteristiche di deposizione simili a quelle extraurbane e consente di valutare meglio le pressioni antropiche di quelle propriamente urbane. I valori sono in  $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$ .

	Postazione	Ratei inclusi dati anomali	Ratei esclusi dati anomali
		Rateo del BaP	Rateo del BaP
Bianco	P. Extra-urbane	8±4	8±4
	P. Fondo Urbano	18±9	18±9
	P. Urbane	11±4	11±4
	Fossamastra	35±21	35±21
Estate	P. Extra-urbane	9±12	7±5
	P. Fondo Urbano	9±5	9±5
	P. Urbane	14±13	13±12
	Fossamastra	29±18	29±18
Inverno	P. Extra-urbane	16±26	7±9
	P. Fondo Urbano	9±10	9±10
	P. Urbane	11±11	8±9
	Fossamastra	62±56	26±14

Tabella 78 - Ratei medi ± Dev. St. del BaP, esclusi i valori di Tabella 74. Valori in ng/m<sup>2</sup>/d.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

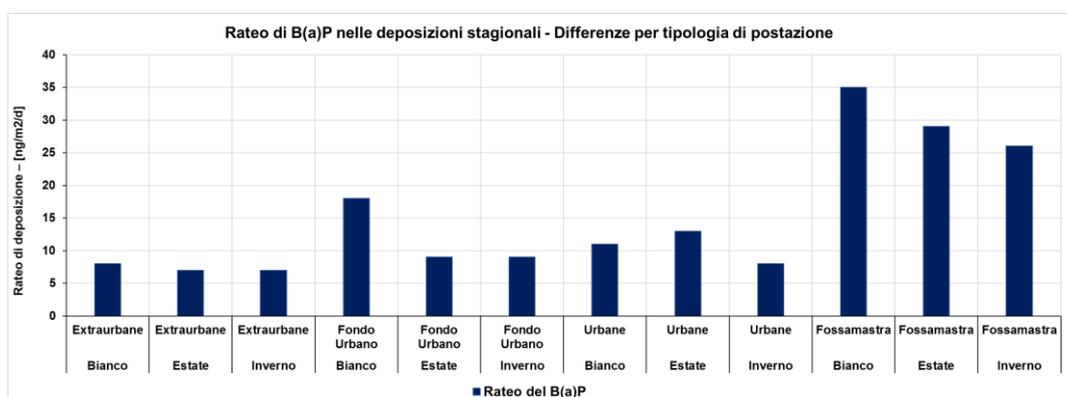


Figura 73 – Confronto tra i valori medi stagionali dei ratei di BaP nei differenti tipi di postazioni

Raggruppando le postazioni e considerando i dati depurati dei dati anomali di Tabella 74, si evidenzia ancora meglio la generale diffusione omogenea del BaP su tutta l'area della Spezia e la particolarità di Fossamastra. Come per gli IPA, i valori delle campagne di bianco sono confrontabili con quelli stagionali. Da notare che i dati evidenziano una situazione di fondo paragonabile a quella di realtà con basse pressioni antropiche, ad eccezione di Fossamastra che presenta valori più elevati.

## 7.4 PCDD/F e PCB nelle deposizioni di polveri

In Appendice A6.5 sono riportati i valori numerici dei ratei di deposizione di PCDD/F e PCB rilevati nel corso delle campagne. Tali dati sono confrontati graficamente nelle figure che seguono. Le ultime due figure confrontano i ratei complessivi di PCDD/F e PCB dal 2014 al 2018:

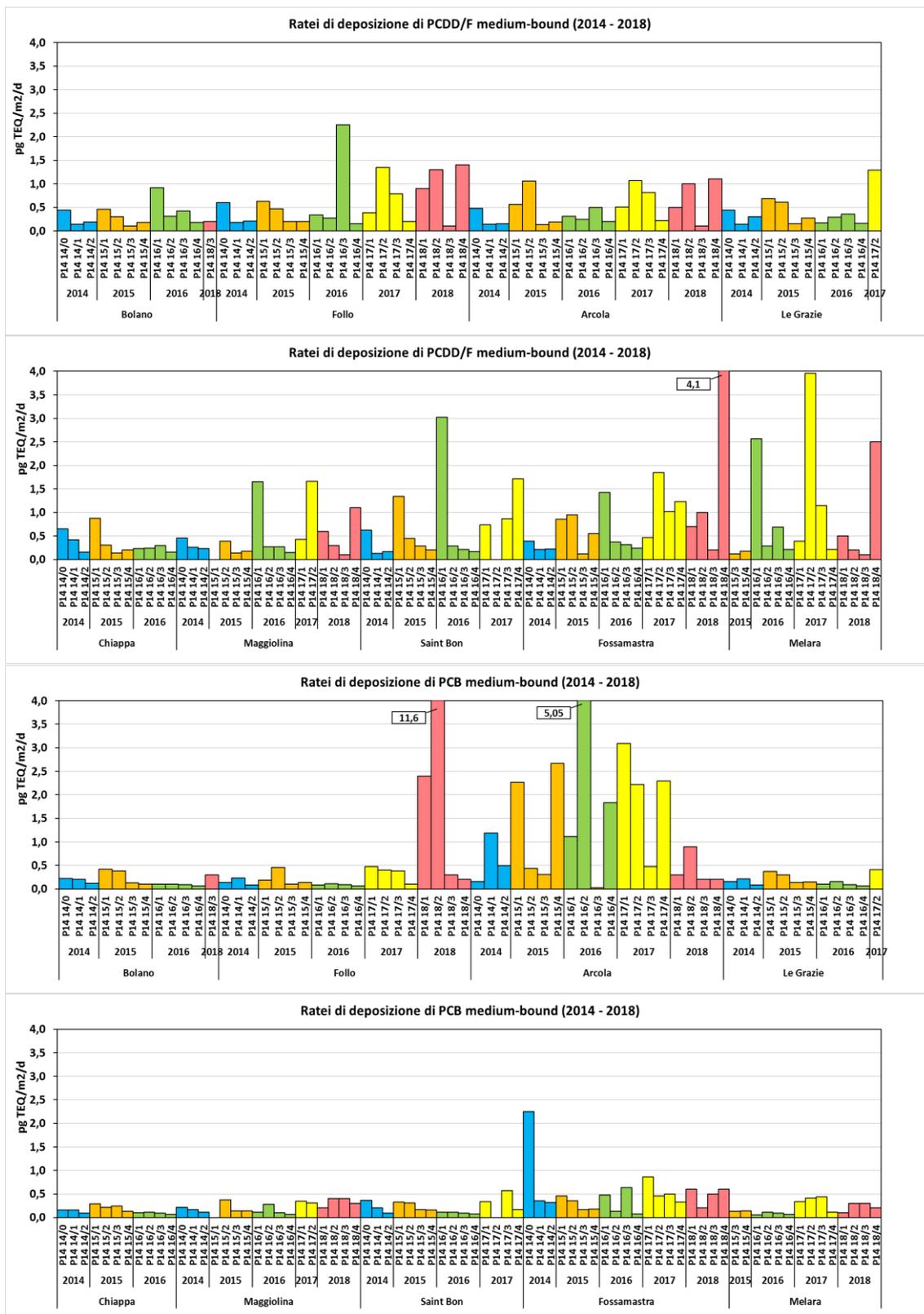


Figura 74 – Confronto dei tassi di deposizione medi di PCDD/F e PCB dl nelle campagne 2014-2018.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

I ratei complessivi delle deposizioni di PCDD/F e PCB sono mostrati nelle figure che seguono:

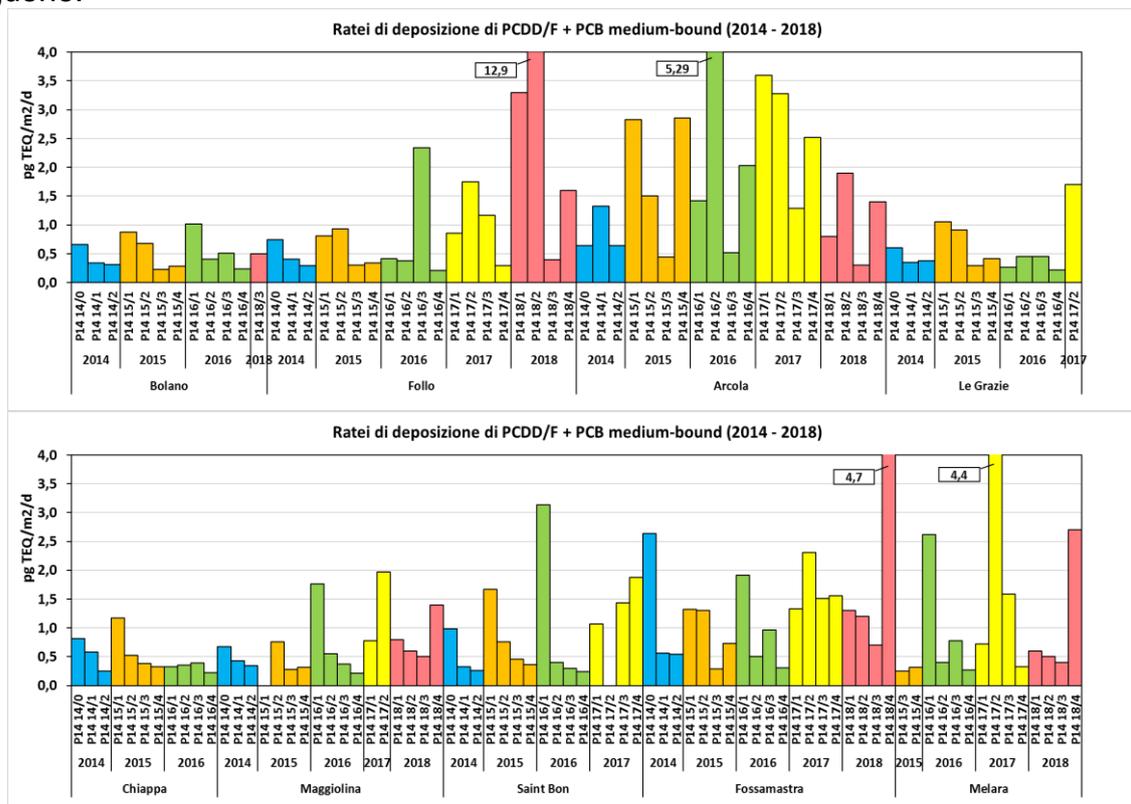


Figura 75 – Ratei di deposizione medi di sommatoria di PCDD/F e PCB nelle campagne 2014-2018.

Dalle figure precedenti si notano alcuni ratei di deposizione di PCDD/F e PCB elevati rispetto al normale andamento riscontrabile nelle postazioni.

Ricordando che l'obiettivo delle valutazioni pluriennali è quello di avere una stima delle deposizioni che avvengono normalmente stagionalmente, è stata effettuata una selezione critica dei dati, valutando come anomali i ratei di PCDD/F e PCB superiori rispettivamente a 1 pg TEQ/m<sup>2</sup>/d in presenza di un evento noto estemporaneo (abbruciamenti, incendi, etc..) locale.

Le più elevate deposizioni di PCDD/F sono per la maggior parte riferibili alle conseguenze dell'incendio di un edificio civile a Fossamastra il 23/03/16 durante la campagna **P14 16/1**, che ha influenzato le deposizioni delle postazioni di **Maggiolina**, **Saint Bon**, **Fossamastra** e **Melara**.

Durante la campagna **P14 17/2** si è misurato inoltre un insolito incremento delle deposizioni di PCDD/F, difficilmente rappresentativo di una campagna di bianco, particolarmente accentuato nelle postazioni di Arcola, Fossamastra, Melara e Follo (v.cap.5), tali dati non sono stati considerati nelle elaborazioni stagionali (v. Tabella 79). Nel 2018, invece, si sono riscontrati dei valori molto elevati a Follo di PCB (fino a 11,6 pg TEQ/m<sup>2</sup>/d nella campagna di bianco **P14 18/2**, tale valore appare estremamente anomalo per la postazione ed induce a ritenere sia dovuto a cause di abbruciamenti di materiali plastici. È opportuno ricordare che tale campagna è stata caratterizzata da forti venti che possono aver portato a risollevarsi di polveri.

Per quanto riguarda la postazione di **Arcola**, risulta evidente che le elevate deposizioni di **PCB**, sempre associate a quelle del Pb, avvengono in maniera estemporanea plausibilmente a causa di una sorgente locale come discusso nei precedenti rapporti. Da quanto sopra riportato, nel prospetto seguente, sono indicati i ratei di deposizione di PCDD/F e PCB classificabili come eventi anomali in quanto maggiori di 1 pg TEQ/m<sup>2</sup>/d, valore ben superiore agli intervalli normalmente riscontrati (v. Appendice A7.5). Nella tabella non è inserita Arcola per PCB di cui si sono eliminati i dati delle campagne **P14 14/1, 15/1, 15/4, 16/1, 16/2, 16/4, 17/2** in cui si sono avuti i ratei anomali per la pressione locale descritta nel documento prot. Arpal 0037531 del 20/12/2018:

Campagna	Stagione	Evento anomalo	Note
P14/0 (bianco)	estate	• Lavori manutenzione alle Torri in banchina ENEL	Esclusa deposizione di <b>PCB</b> (2,25 pg TEQ/m <sup>2</sup> /d) a Fossamastra.
P14 15/1	inverno	• Lavori stradali nelle vicinanze della postazione di Saint Bon	Esclusa deposizione di Saint Bon per <b>PCDD/F</b> (1,34 pg TEQ/m <sup>2</sup> /d)
P14 15/2	inverno	• Possibili abbruciamenti di materiali plastici nella zona	Esclusa deposizione di Arcola per <b>PCDD/F</b> (1,1 pg TEQ/m <sup>2</sup> /d)
P14 16/1	inverno	• Postazioni influenzate dall'incendio a Fossamastra del 23/03/16	Escluse deposizioni di Bolano (0,9 pg TEQ/m <sup>2</sup> /d), Maggiolina (1,7 pg TEQ/m <sup>2</sup> /d), Saint Bon (3,0 pg TEQ/m <sup>2</sup> /d), Fossamastra (1,4 pg TEQ/m <sup>2</sup> /d), Melara (2,6 pg TEQ/m <sup>2</sup> /d) per <b>PCDD/F</b>
P14 16/3	estate	• Possibili abbruciamenti di materiali plastici nella zona	Esclusa deposizione di Follo per <b>PCDD/F</b> (2,25 pg TEQ/m <sup>2</sup> /d)
P14 17/2	bianco	• Non individuato (v. anche par. 5)	Campagna di "bianco". Esclusi i ratei di PCDD/F in tutte le postazioni per l'anomalia dei dati.
P14 18/2	bianco	• Follo: alto anomalo PCB ma anche di PCDD/F	Esclusa deposizione di Follo per <b>PCB</b> (11,6 pg TEQ/m <sup>2</sup> /d)

Tabella 8o – Ratei di deposizione di PCDD/F e PCB non utilizzati per le valutazioni statistiche.

Data la loro peculiarità, i valori dei ratei della tabella precedente, sono stati esclusi nelle medie stagionali riportate nella tabella seguente, in quanto si intende avere una stima statistica delle deposizioni di PCDD/F e PCB che avvengono normalmente, quindi non influenzate da eventi estemporanei. Per chiarezza, la tabella che segue riporta il confronto tra medie stagionali di tutti i dati e quelle con eliminazione dei dati anomali, evidenziate in grigio. I valori sono espressi in pg TEQ/m<sup>2</sup>/d.

Postazione		Ratei inclusi dati anomali			Ratei esclusi dati anomali		
		TEQ PCDD/F	TEQ PCB dl	TEQ PCDD/F +PCB dl	TEQ PCDD/F	TEQ PCB dl	TEQ PCDD/F +PCB dl
Bolano	<b>Bianco (*)</b>	0,44	0,22	0,66	0,44	0,22	0,66
	<b>Estate</b>	0,20±0,10	0,14±0,08	0,34±0,12	0,20±0,10	0,14±0,08	0,34±0,12
	<b>Inverno</b>	0,50±0,29	0,25±0,17	0,75±0,26	0,36±0,09	0,25±0,17	0,52±0,34
Follo	<b>Bianco</b>	1,08±0,42	4,05±6,54	5,13±6,75	1,08±0,42	0,27±0,19	1,26±0,50
	<b>Estate</b>	0,51±0,74	0,17±0,12	0,68±0,73	0,26±0,23	0,17±0,12	0,40±0,33
	<b>Inverno</b>	0,50±0,23	0,62±0,89	1,12±1,09	0,50±0,23	0,62±0,89	1,12±1,09
Arcola	<b>Bianco</b>	0,85±0,32	1,09±1,04	1,94±1,32	0,85±0,32	0,53±0,52	1,20±0,64
	<b>Estate</b>	0,28±0,25	0,90±0,93	1,18±0,90	0,28±0,25	0,30±0,20	0,46±0,38
	<b>Inverno</b>	0,53±0,29	2,04±1,83	2,57±1,68	0,42±0,14	0,37±0,10	0,48±0,20
Le Grazie	<b>Bianco</b>	0,86±0,60	0,29±0,18	1,15±0,78	0,86±0,60	0,29±0,18	1,15±0,78
	<b>Estate</b>	0,23±0,09	0,12±0,06	0,35±0,09	0,23±0,09	0,12±0,06	0,35±0,09
	<b>Inverno</b>	0,44±0,25	0,23±0,12	0,67±0,37	0,44±0,25	0,23±0,12	0,67±0,37
Chiappa	<b>Bianco (*)</b>	0,65	0,16	0,81	0,65	0,16	0,81
	<b>Estate</b>	0,23±0,11	0,13±0,06	0,36±0,13	0,23±0,11	0,13±0,06	0,36±0,13
	<b>Inverno</b>	0,42±0,31	0,18±0,09	0,59±0,39	0,42±0,31	0,18±0,09	0,59±0,39
Maggiolina	<b>Bianco (*)</b>	0,81±0,74	0,31±0,10	1,08±0,77	0,38±0,11	0,31±0,13	0,64±0,05
	<b>Estate</b>	0,19±0,06	0,16±0,11	0,35±0,10	0,19±0,06	0,16±0,11	0,35±0,10
	<b>Inverno</b>	0,67±0,56	0,26±0,11	0,93±0,48	0,42±0,17	0,26±0,11	0,56±0,32

Postazione		Ratei inclusi dati anomali			Ratei esclusi dati anomali		
		TEQ PCDD/F	TEQ PCB dl	TEQ PCDD/F +PCB dl	TEQ PCDD/F	TEQ PCB dl	TEQ PCDD/F +PCB dl
Saint Bon	Bianco (*)	0,62	0,36	0,98	0,62	0,36	0,98
	Estate	0,29±0,26	0,19±0,17	0,48±0,43	0,29±0,26	0,19±0,17	0,48±0,43
	Inverno	1,17±1,11	0,24±0,12	1,41±1,07	0,49±0,22	0,24±0,12	0,53±0,38
Fossamastra	Bianco	1,08±0,73	0,97±1,12	2,05±0,75	1,08±0,73	0,33±0,19	1,30±0,96
	Estate	0,36±0,30	0,34±0,20	0,70±0,40	0,36±0,30	0,34±0,20	0,70±0,40
	Inverno	0,80±0,38	0,48±0,25	1,28±0,45	0,67±0,25	0,48±0,25	1,04±0,42
Melara	Bianco	2,08±2,65	0,35±0,08	2,43±2,73	0,20	0,35±0,08	0,45±0,07
	Estate	0,41±0,42	0,19±0,14	0,60±0,52	0,41±0,42	0,19±0,14	0,60±0,52
	Inverno	0,94±1,09	0,15±0,13	1,09±1,03	0,39±0,11	0,15±0,13	0,44±0,29

Tabella 81 – Ratei medi stagionali ± Dev. St. per PCDD/F e PCB. (#) – Eliminati dati anomali di PCDD/F e PCB. Valori in pg TEQ/m<sup>2</sup>/d. (\*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabile.

Nel complesso, come evidenziato nei rapporti precedenti, le deposizioni di **PCDD/F** e **PCB** alla Spezia sono generalmente basse, salvo casi particolari (Arcola per i PCB, e eventi anomali, soprattutto incendi – v. Tabella 80). Considerando anche i dati anomali, le deposizioni totali di PCDD/F e PCB non superano i 4 pg TEQ/m<sup>2</sup>/d come media annuale in tutte le postazioni ad eccezione di Follo nel 2018 per l'elevato valore di PCB verificatosi nella campagna **P14 18/2** e di Melara, per il dato di PCDD/F della campagna di bianco **P14 17/2**, decisamente poco rappresentativo e del tutto localizzato (si veda rapporto Arpal prot. nr. 38264 del 28/12/18).

Facendo riferimento ai ratei di deposizione depurati dei dati anomali e tenendo conto della loro variabilità, si evidenzia una ridotta differenza tra le postazioni urbane ed extraurbane a parità di stagione. Si coglie tuttavia una dipendenza sistematica della stagionalità con valori maggiori in inverno e minori in estate, generalizzato a quasi tutte le postazioni esclusa la postazione di Melara e di Arcola.

Si noti inoltre che i ratei delle campagne di bianco essendo costituiti dalla sola somma di due campagne sono meno rappresentativi poiché sono stati influenzati di eventi spot.

Per avere una visione degli andamenti delle deposizioni entro e fuori l'area urbana, nella tabella che segue sono riassunti i valori medi ± 1 deviazione standard dei ratei di deposizione suddivisi, per l'appunto per le postazioni urbane e extra-urbane nelle campagne di bianco (campagna **P14 14/0**, **P14 17/2** e **P14 18/2**) e nelle campagne estive e invernali. La postazione di Fossamastra, per via della singolarità delle sue deposizioni, è separata dalle altre urbane, così come la postazione di Chiappa, di fondo urbano, in quanto ha caratteristiche di deposizione simili a quelle extraurbane e consente di valutare meglio le pressioni antropiche di quelle propriamente urbane. Per via delle peculiarità delle deposizioni di PCB, anche Arcola è stata separata dalle altre postazioni extraurbane. La parte sinistra della tabella riporta i ratei medi stagionali **inclusi** dei dati anomali indicati in Tabella 80 mentre la parte destra della tabella riporta i ratei medi stagionali ottenuti **escludendo** i ratei anomali, evidenziati con sfondo verde. I valori sono espressi in pg TEQ/m<sup>2</sup>/d.

Tipo postazioni	Ratei inclusi dati anomali			Ratei esclusi dati anomali			
	TEQ PCDD/F	TEQ PCB dl	TEQ PCDD/F+PCB dl	TEQ PCDD/F	TEQ PCB dl	TEQ PCDD/F+PCB dl	
Bianco	P. Extra-urbane	0,90±0,45	2,16±4,63	3,06±4,85	0,90±0,45	0,27±0,13	1,12±0,53
	P. Fondo Urbano (*)	0,65	0,16	0,81	0,65	0,16	0,81
	P. Urbane	1,20±1,45	0,33±0,07	1,51±1,50	0,40±0,18	0,34±0,08	0,63±0,22
	Fossamastra	1,08±0,73	0,97±1,12	2,05±0,75	1,08±0,73	0,33±0,19	1,30±0,96
Estate	Arcola	0,85±0,32	1,09±1,04	1,94±1,32	0,85±0,32	0,53±0,52	1,20±0,64
	P. Extra-urbane	0,33±0,47	0,15±0,09	0,47±0,47	0,23±0,15	0,15±0,09	0,37±0,21
	P. Fondo Urbano	0,23±0,11	0,13±0,06	0,36±0,13	0,23±0,11	0,13±0,06	0,36±0,13
	P. Urbane	0,29±0,28	0,18±0,14	0,47±0,38	0,29±0,28	0,18±0,14	0,47±0,38
Inverno	Fossamastra	0,36±0,30	0,34±0,20	0,70±0,40	0,36±0,30	0,34±0,20	0,70±0,40
	Arcola	0,28±0,25	0,90±0,93	1,18±0,90	0,28±0,25	0,30±0,20	0,46±0,38
	P. Extra-urbane	0,48±0,23	0,40±0,59	0,88±0,74	0,45±0,21	0,40±0,59	0,82±0,77
	P. Fondo Urbano	0,42±0,31	0,18±0,09	0,59±0,39	0,42±0,31	0,18±0,09	0,59±0,39
Inverno	P. Urbane	0,92±0,89	0,22±0,12	1,14±0,84	0,43±0,16	0,22±0,12	0,51±0,31
	Fossamastra	0,80±0,38	0,48±0,25	1,28±0,45	0,67±0,25	0,48±0,25	1,04±0,42
	Arcola	0,53±0,29	2,04±1,83	2,57±1,68	0,42±0,14	0,37±0,10	0,48±0,20

Tabella 82 -. Ratei medi stagionali ± Dev. St. per PCDD/F e PCB. Media ± Dev. St. Valori in pg TEQ/m<sup>2</sup>/d. (\*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabile.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

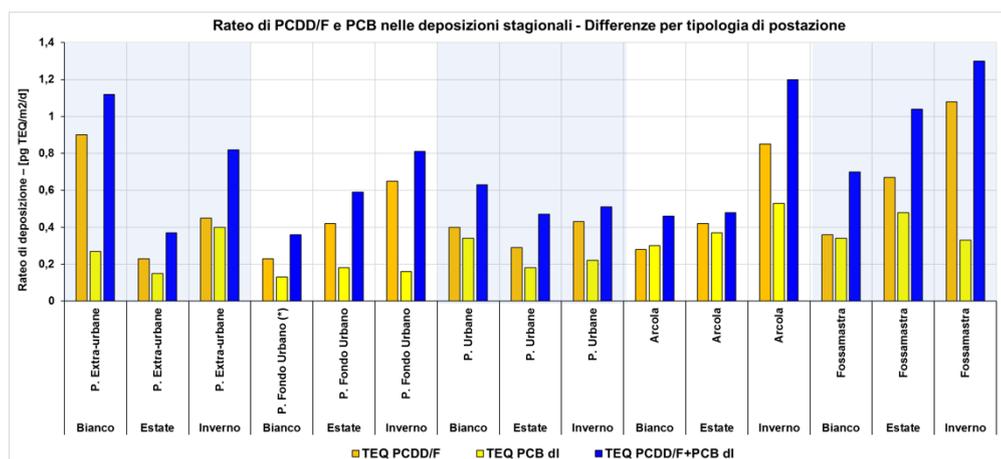


Figura 76 – Confronto tra i valori medi stagionali dei ratei PCDD/F e PCB nei differenti tipi di postazioni. (\*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabile

Dalla tabella e dal grafico precedente si evidenzia quanto segue:

- le deposizioni invernali e quelle estive sono risultate di valori estremamente modesti, eccetto i casi anomali evidenziati in precedenza;
- in tutte le postazioni il rateo medio invernale di PCDD/F risulta circa il doppio di quello estivo;
- i valori di PCDD/F e di PCB invernali nella postazione di fondo urbano (Chiappa) sono mediamente simili a quelli misurati nelle postazioni extraurbane;
- ad Arcola il confronto stagionale del rateo di PCB è meno evidente, per la estemporaneità delle deposizioni.

## 7.5 Specie ioniche nelle deposizioni delle polveri

Nel protocollo analitico è stato previsto di determinare anche alcune specie ioniche utilizzando i campioni raccolti dai deposimetri per specie inorganiche. Trattandosi di deposimetri del tipo “bulk”, le specie ioniche sono la somma di quelle presenti nelle deposizioni umide (piogge) e nelle deposizioni secche di polveri sedimentabili. I dati numerici dei ratei di deposizione delle specie ioniche del 2014 – 2018 sono riportati in appendice A6.6. Nei grafici che seguono sono presentati i risultati delle deposizioni di nitrati e solfati non marini e quelle di sodio e cloro nei cinque anni di monitoraggio.

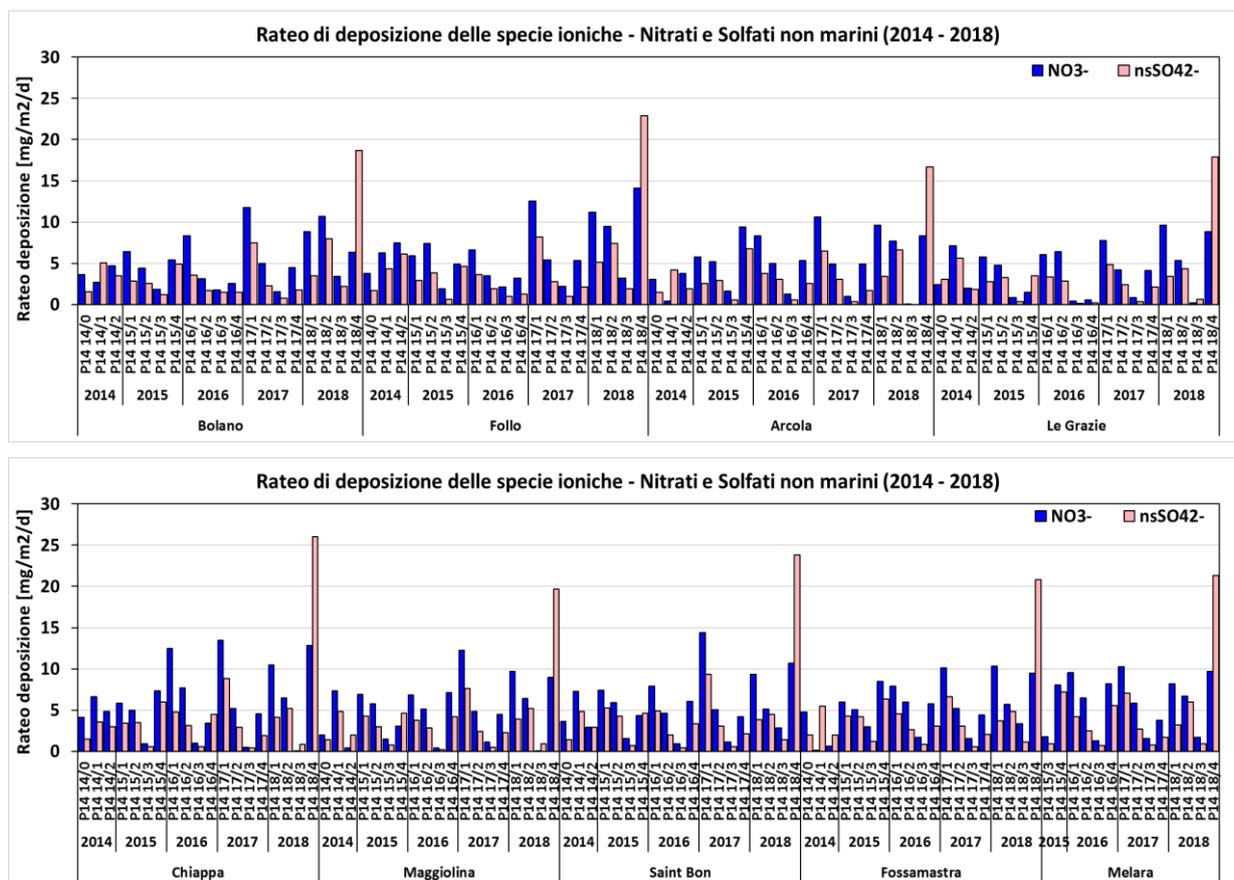


Figura 77 - Ratei di deposizione di nitrati e solfati non marini (v. testo) nel 2014-2018. Valori in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ .

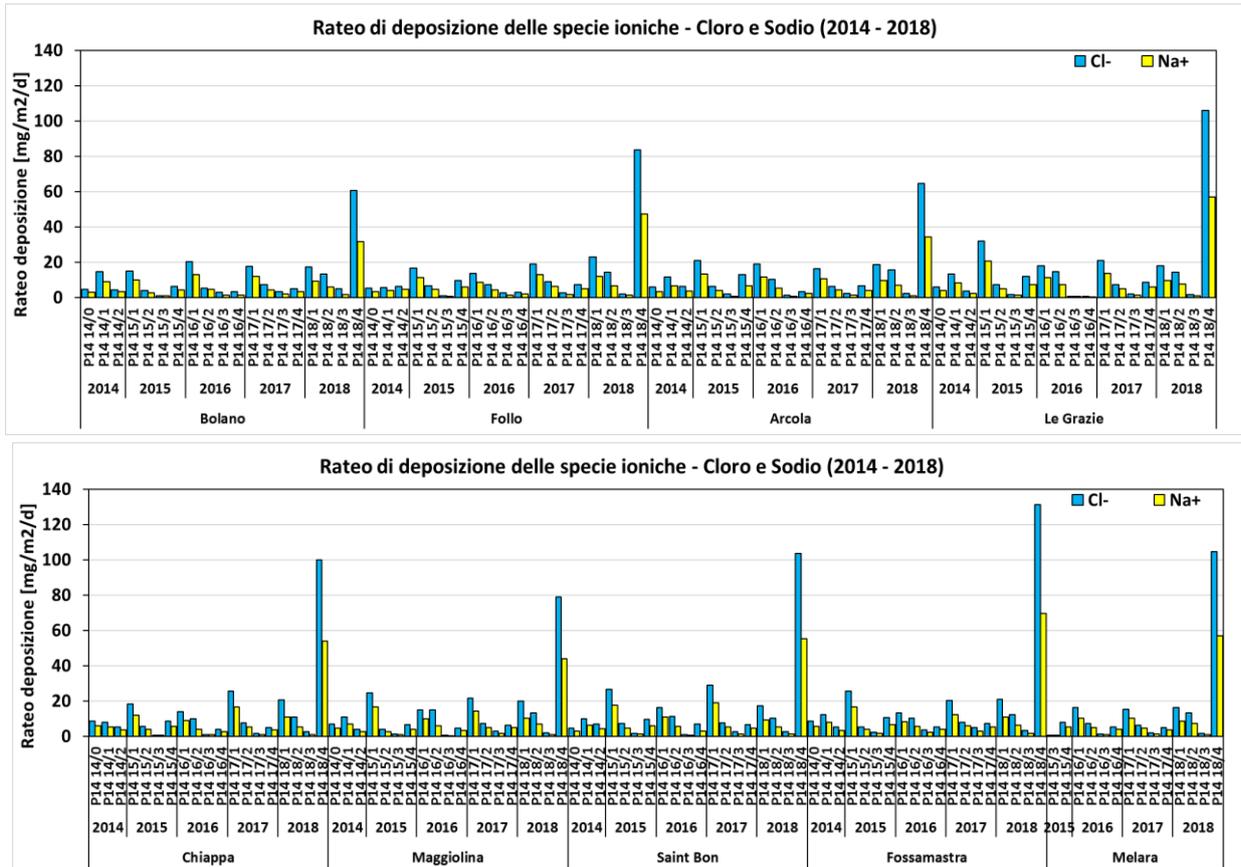


Figura 78 - Ratei di deposizione di cloruri e sodio nel 2014-2018. Valori in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ .

Nella tabella che segue sono riassunti i risultati di deposizione delle specie ioniche dei cinque anni di monitoraggio mediati stagionalmente (Media  $\pm$  1 Deviazione Standard), escludendo dalle medie la campagna di bianco. I valori di ratei di deposizione delle specie ioniche della campagna **P14 15/2** a Magliolina sono stati mantenuti, al contrario di quelle delle polveri e dei metalli (v. sopra), in quanto non risultano influenzati dagli eventi di sfalcio. I valori sono espressi in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ :

<i>Media ± Dev. St. (mg/m<sup>2</sup>/d)</i>		Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nsSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>Bolano</b>	<b>Bianco</b>	5,3±4,4	4,5±1,5	0,8±0,4	0,6±0,2	1,3±1,3	8,4±4,4	6,4±3,8	5,1±4,1	3,9±3,5
	<b>Estate</b>	3,6±1,8	2,9±2,7	0,6±0,3	1,3±1,4	0,7±0,4	5,0±4,1	3,0±1,4	3,3±2,2	2,6±1,7
	<b>Inverno</b>	3,7±1,5	8,6±4,1	1,1±0,4	1,0±0,8	1,2±0,9	13,2±6,9	7,1±3,1	5,4±2,7	3,6±2,0
<b>Follo</b>	<b>Bianco</b>	4,7±3,3	5,4±1,7	0,8±0,3	0,5±0,3	1,5±1,6	9,5±4,6	6,2±3,0	5,3±3,6	4,0±3,0
	<b>Estate</b>	2,7±1,2	2,6±1,9	0,4±0,3	0,3±0,1	0,6±0,8	4,1±2,9	3,9±2,1	3,2±2,5	2,6±2,1
	<b>Inverno</b>	3,9±2,7	8,9±3,8	1,0±0,4	0,8±0,4	1,8±1,1	14,3±6,5	7,8±3,4	6,2±2,9	4,2±2,2
<b>Arcola</b>	<b>Bianco</b>	5,1±3,5	4,9±1,9	0,7±0,4	0,7±0,2	1,0±1,02	9,1±5,5	5,2±2,3	5,0±3,4	3,7±2,6
	<b>Estate</b>	2,7±2,3	2,8±2,5	0,5±0,5	0,3±0,2	0,3±0,4	5,2±4,6	2,8±3,2	2,8±3,0	2,4±2,4
	<b>Inverno</b>	4,0±1,4	9,0±3,6	1,1±0,4	1,1±0,7	1,5±1,0	15,3±5,7	7,4±2,4	5,8±1,7	3,7±1,4
<b>Le Grazie</b>	<b>Bianco</b>	5,1±2,3	5,4±1,9	0,9±0,4	0,6±0,1	0,5±0,2	9,2±4,6	4,0±1,5	4,5±1,6	3,2±1,0
	<b>Estate</b>	1,7±1,2	2,7±3,2	0,4±0,5	0,3±0,3	0,3±0,4	4,4±5,1	1,7±2,3	2,2±2,7	1,6±2,0
	<b>Inverno</b>	3,1±1,6	11,2±5,5	1,3±0,6	0,7±0,1	1,2±0,7	18,4±8,0	6,7±1,7	6,0±1,3	3,4±0,7
<b>Chiappa</b>	<b>Bianco</b>	3,6±2,0	5,4±0,3	0,7±0,06	0,6±0,1	0,9±1,4	9,2±1,7	5,3±1,2	4,5±2,1	3,2±1,9
	<b>Estate</b>	1,7±0,9	2,5±2,0	0,4±0,3	1,0±1,0	2,0±4,2	3,9±3,0	3,1±2,9	2,9±2,5	2,4±2,1
	<b>Inverno</b>	2,8±1,1	9,3±4,9	1,0±0,4	0,8±0,3	1,7±1,4	15,6±7,3	9,2±3,5	6,8±3,0	4,6±2,1
<b>Maggiolina</b>	<b>Bianco</b>	5,2±3,0	5,5±1,3	0,9±0,22	0,7±0,2	0,63±1,01	9,2±3,6	4,4±2,3	4,3±2,5	3,0±2,0
	<b>Estate</b>	2,3±1,5	2,5±2,2	0,4±0,3	0,5±0,2	0,5±0,7	4,1±3,4	2,6±3,0	2,8±2,4	2,2±2,0
	<b>Inverno</b>	4,4±1,6	9,9±5,1	1,2±0,5	0,7±0,3	1,3±1,1	16,6±7,2	7,7±2,7	6,5±2,5	4,2±1,8
<b>Saint Bon</b>	<b>Bianco</b>	5,6±1,8	4,6±1,3	0,8±0,3	0,7±0,2	1,8±1,0	7,5±2,8	4,6±0,9	4,0±1,9	3,0±1,6
	<b>Estate</b>	3,8±2,5	3,0±2,2	0,6±0,4	0,7±0,4	0,4±0,5	5,2±3,7	3,4±2,3	3,1±2,3	2,3±1,8
	<b>Inverno</b>	8,4±3,9	11,1±6,0	1,6±0,7	1,2±0,6	2,2±1,3	17,9±8,5	8,3±3,4	7,4±3,4	4,9±2,5
<b>Fossamastra</b>	<b>Bianco</b>	7,4±3,5	5,9±0,3	1,1±0,4	0,6±0,1	1,1±0,8	9,7±2,3	5,2±0,5	4,6±1,7	3,3±1,4
	<b>Estate</b>	4,5±3,0	3,8±2,3	0,7±0,5	0,3±0,1	0,3±0,3	5,9±3,6	3,1±2,8	3,4±2,7	2,6±2,2
	<b>Inverno</b>	13,1±3,9	9,6±4,7	1,8±0,8	0,6±0,1	0,8±0,7	15,9±7,6	7,5±2,3	6,5±1,9	4,3±1,3
<b>Melara</b>	<b>Bianco (*)</b>	6,4±5,0	5,8±1,8	1,2±0,8	0,6±0,4	2,5±0,3	9,7±4,7	6,3±0,6	5,7±3,0	4,3±2,3
	<b>Estate</b>	2,6±2,4	2,1±1,9	0,5±0,6	0,3±0,4	0,4±0,6	3,1±2,8	3,7±3,4	3,1±3,3	2,7±2,9
	<b>Inverno</b>	3,8±1,9	8,5±2,6	1,1±0,2	0,7±0,2	2,0±1,2	13,8±4,4	8,6±1,7	6,1±2,4	4,2±2,0

Tabella 83 – Ratei stagionali delle deposizioni di specie ioniche nel 2014-2018. (\*) Dati di una sola campagna e Dev.St. non calcolabile. Valori in mg/m<sup>2</sup>/d.

Dalla tabella precedente emerge quanto segue:

- ad esclusione di poche eccezioni (K<sup>+</sup> a Bolano e Chiappa e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> solo a Chiappa), il rateo medio invernale delle specie ioniche risulta maggiore di quello estivo per tutte le postazioni, probabilmente legato a fattori meteorologici;
- la concentrazione di Ca<sup>2+</sup> a Fossamastra risulta molto più alta rispetto a quella di tutte le altre postazioni con valori quasi triplicati nella stagione invernale (a meno della postazione di Saint Bon, nel quale il valore medio è quasi il doppio).

Nella tabella che segue sono riassunti i ratei di deposizioni medi per tipologia di postazione e distinti per stagione:

<i>Media ± Dev. St. (mg/m<sup>2</sup>/d)</i>		Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nsSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>Bianco</b>	<b>P. Extra-urbane</b>	5,1±2,9	5,0±1,6	0,8±0,3	0,6±0,2	1,1±1,1	9,1±4,1	5,5±2,6	5,0±2,9	3,7±2,3
	<b>P. Fondo Urbano</b>	3,6±2,0	5,4±0,3	0,73±0,06	0,6±0,1	0,9±1,4	9,2±1,7	5,3±1,2	4,5±2,1	3,2±1,9
	<b>P. Urbane</b>	5,7±2,7	5,2±1,3	0,9±0,4	0,7±0,2	1,5±1,1	8,7±3,2	4,9±1,5	4,5±2,2	3,3±1,7
	<b>Fossamastra</b>	7,4±3,5	5,9±0,3	1,1±0,4	0,6±0,1	1,1±0,8	9,7±2,3	5,2±0,5	4,6±1,7	3,3±1,4
<b>Estate</b>	<b>P. Extra-urbane</b>	2,7±1,8	2,8±2,5	0,5±0,4	0,5±0,8	0,5±0,5	4,7±4,1	2,8±2,4	2,9±2,5	2,3±2,0
	<b>P. Fondo Urbano</b>	1,7±0,9	2,5±2,0	0,4±0,3	1,0±1,0	2,0±4,2	3,9±3,0	3,1±2,9	2,9±2,5	2,4±2,1
	<b>P. Urbane</b>	2,9±2,2	2,6±2,1	0,5±0,4	0,5±0,4	0,4±0,6	4,2±3,3	3,2±2,8	3,0±2,5	2,4±2,1
	<b>Fossamastra</b>	4,5±3,0	3,8±2,3	0,7±0,5	0,3±0,1	0,3±0,3	5,9±3,6	3,1±2,8	3,4±2,7	2,6±2,2
<b>Inverno</b>	<b>P. Extra-urbane</b>	3,7±1,8	9,4±4,2	1,1±0,4	0,9±0,5	1,4±0,9	15,3±6,7	7,3±2,6	5,9±2,1	3,7±1,6
	<b>P. Fondo Urbano</b>	2,8±1,1	9,3±4,9	1,0±0,4	0,8±0,3	1,7±1,4	15,6±7,3	9,2±3,5	6,8±3,0	4,6±2,1
	<b>P. Urbane</b>	5,7±3,4	10,0±4,8	1,3±0,6	0,9±0,5	1,8±1,2	16,4±6,9	8,2±2,7	6,8±2,7	4,5±2,0
	<b>Fossamastra</b>	13,1±3,9	9,6±4,7	1,8±0,8	0,6±0,1	0,8±0,7	15,9±7,6	7,5±2,3	6,5±1,9	4,3±1,3

Tabella 84 - Ratei stagionali delle deposizioni di specie ioniche nel 2014-2018 per tipologia di postazione. Valori in mg/m<sup>2</sup>/d.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

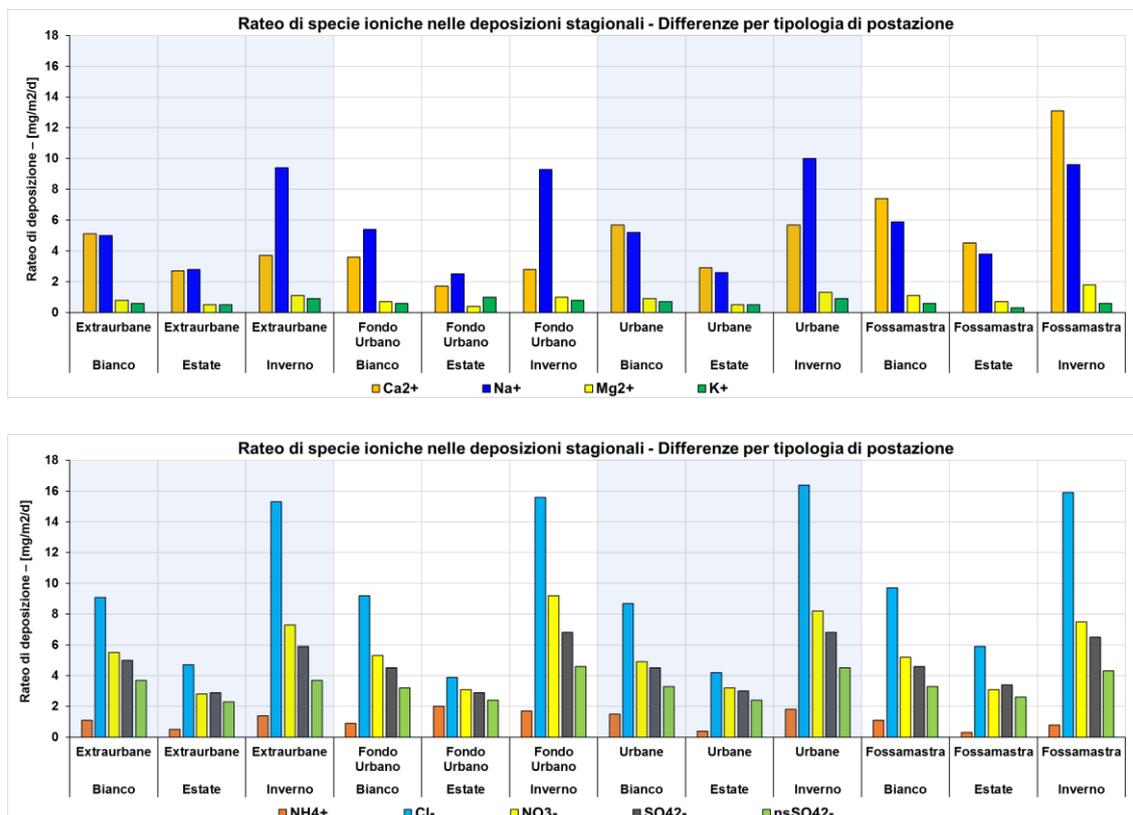


Figura 79 – Confronto tra i valori medi stagionali dei ratei delle specie ioniche nei differenti tipi di postazioni

Dalla tabella e dal grafico precedenti si evidenzia che:

- il rateo medio di deposizione delle specie ioniche è abbastanza confrontabile tra differenti tipologie di postazione per ogni stagione a meno del Ca<sup>2+</sup> nella postazione di fondo urbano e a Fossamastra, probabilmente influenzati da differenti pressioni locali;
- salvo poche eccezioni, in tutte le postazioni i ratei medi invernali sono quasi il doppio di quelli estivi, in quanto, come detto precedentemente, la deposizione di specie ioniche avviene prevalentemente per via umida e quindi è correlata all'entità delle precipitazioni.

## 7.6 Andamento del PM<sub>10</sub>, metalli e specie organiche

In questo paragrafo sono valutati i valori e gli andamenti delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, metalli e specie organiche rilevate nel corso delle campagne della prescrizione 14 effettuate dal 2014 al 2018 nelle postazioni aggiuntive di Le Grazie, Chiappa e Follo, inserite nel protocollo di attuazione. Sono stati anche effettuati confronti con il PM<sub>10</sub> di alcune postazioni della RQA ritenute rappresentative dell'area urbana: Maggiolina, Fossamastra e Saint Bon per le concentrazioni gravimetriche di PM<sub>10</sub>, Maggiolina, Fossamastra e Amendola per il contenuto in metalli e benzo(a)pirene del PM<sub>10</sub>.

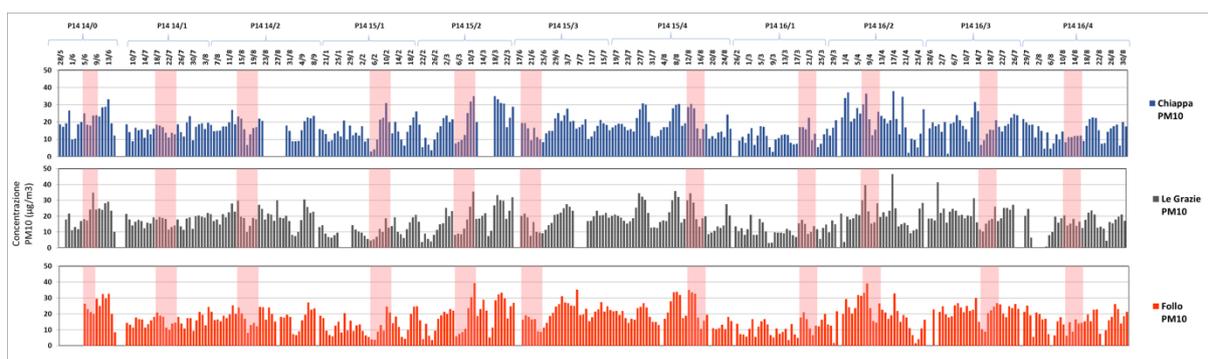
I campionamenti giornalieri di PM<sub>10</sub> sono stati effettuati a partire da mezzanotte fino alla mezzanotte del giorno successivo per circa un mese per ogni campagna della prescrizione **P14**. Per completezza di informazione, si riportano nel prospetto che segue i periodi delle campagne di PM<sub>10</sub>:

Codifica	Data	Note
<b>P14 14/0</b>	28/05 – 16/06/14	Campagna di "bianco"
<b>P14 14/1</b>	08/07 – 07/08/14	Campagna di monitoraggio estiva
<b>P14 14/2</b>	08/08 – 08/09/14	Campagna di monitoraggio estiva
<b>P14 15/1</b>	19/01 - 19/02/15	Campagna di monitoraggio invernale
<b>P14 15/2</b>	19/02 - 24/03/15	Campagna di monitoraggio invernale
<b>P14 15/3</b>	17/06 - 17/07/15	Campagna di monitoraggio estiva
<b>P14 15/4</b>	17/07 - 26/08/15	Campagna di monitoraggio estiva
<b>P14 16/1</b>	26/02 – 30/03/16	Campagna di monitoraggio inv.- prim.
<b>P14 16/2</b>	30/03 - 27/04/16	Campagna di monitoraggio inv.- prim.
<b>P14 16/3</b>	28/06 - 27/07/16	Campagna di monitoraggio estiva
<b>P14 16/4</b>	28/07 - 31/08/16	Campagna di monitoraggio estiva
<b>P14 17/1</b>	19/01 – 22/02/17	Campagna di monitoraggio invernale
<b>P14 17/2</b>	04/05 - 25/05/17	Campagna di monitoraggio primaverile/"bianco"
<b>P14 17/3</b>	29/06 - 02/08/17	Campagna di monitoraggio estiva
<b>P14 17/4</b>	10/10 - 09/11/17	Campagna di monitoraggio autunnale
<b>P14 18/1</b>	18/01 - 22/02/19	Campagna di monitoraggio invernale
<b>P14 18/2</b>	29/03 - 26/04/19	Campagna di monitoraggio primaverile/"bianco"
<b>P14 18/3</b>	28/06 - 02/08/19	Campagna di monitoraggio estiva
<b>P14 18/4</b>	11/10 - 14/11/19	Campagna di monitoraggio autunnale

Tabella 85 - Campagne eseguite per la prescrizione 14.

Anche per il PM<sub>10</sub> le previste campagne primaverili **P14 17/2** e **P14 18/2** in conseguenza del fermo dell'impianto della CTE sono diventate di fatto campagne di bianco.

Nella figura che segue sono riportati gli andamenti temporali del PM<sub>10</sub> a Chiappa, Le Grazie e Follo nelle campagne di monitoraggio 2014-2018. I campioni giornalieri gestiti direttamente da Arpal sono evidenziati con sfondo rosso.



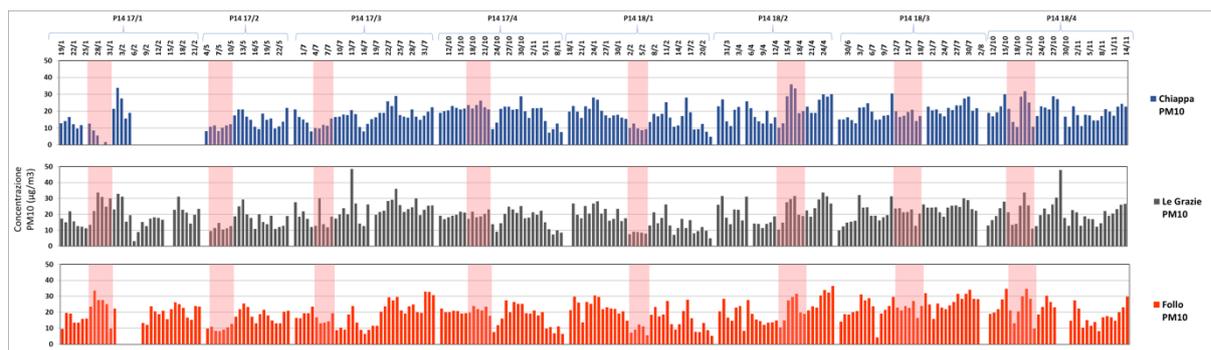


Figura 80 - Andamento temporale di PM<sub>10</sub> nelle campagne 2014 - '18.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri statistici che descrivono i dati di PM<sub>10</sub> misurati in ciascuna postazione nel corso delle campagne effettuate dal 2014 al 2018 con i valori medi e deviazione standard riportati per ciascun anno:

Postazione	P14		
	Chiappa	Le Grazie	Follo
2014	17,6 ± 5,2	19,0 ± 5,4	18,0 ± 5,7
2015	17,6 ± 7,1	17,3 ± 7,8	18,1 ± 8,1
2016	16,2 ± 7,4	16,9 ± 7,4	17,0 ± 7,4
2017	16,1 ± 5,5	19,0 ± 6,1	18,8 ± 6,0
2018	19,2 ± 5,9	19,9 ± 7,0	20,9 ± 7,4

Tabella 86 – Sintesi dei dati di PM<sub>10</sub> a Chiappa, Le Grazie e Follo nel 2014-2018.

Si segnala che nel 2014 sono state eseguite solo le tre campagne estive, ma il dato medio è compatibile con quello degli anni 2015 e 2016 nei quali sono state effettuate due campagne estive e due invernali e con quello degli anni 2017 e 2018 nel quale è stata effettuata una campagna per ciascuna stagione. Pur considerando quindi stagioni diverse non si rilevano variazioni significative nei dati e la concentrazione media del PM<sub>10</sub> è risultata complessivamente contenuta e abbastanza simile nei cinque anni monitorati. Nelle tre postazioni inoltre non si sono mai avuti superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> previsto dalla normativa.

La tabella seguente confronta i **valori medi** delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> (± 1 deviazione standard) nelle campagne del 2014-2018 in ciascuna postazione aggiuntiva (Chiappa, Le Grazie, Follo) con quelle urbane della RQA della Spezia (Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina), dove viene condotto il monitoraggio in continuo di PM<sub>10</sub>. Sono state mantenute separate dalle altre campagne quelle di bianco effettuate nel 2014, 2017 e 2018:

Postazione	Tipologia	Media $\pm$ Dev. St. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
		Campagne di Bianco	Campagne invernali	Campagne estive	Campagne autunnali
Chiappa	fondo-urbana	19 $\pm$ 7	16 $\pm$ 8	17 $\pm$ 5	20 $\pm$ 5
Le Grazie	extra-urbana	20 $\pm$ 7	16 $\pm$ 8	20 $\pm$ 6	19 $\pm$ 6
Follo	extra-urbana	20 $\pm$ 8	17 $\pm$ 8	19 $\pm$ 6	20 $\pm$ 7
Maggiolina	urbana	21 $\pm$ 8	23 $\pm$ 11	21 $\pm$ 6	21 $\pm$ 6
Saint Bon	urbana	20 $\pm$ 7	23 $\pm$ 10	22 $\pm$ 7	21 $\pm$ 5
Fossamastra	urbana	21 $\pm$ 8	19 $\pm$ 8	22 $\pm$ 7	17 $\pm$ 6

Tabella 87 - Confronto tra i valori medi di PM<sub>10</sub> nei quattro anni di monitoraggio. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Nei cinque anni di monitoraggio, i valori medi di PM<sub>10</sub> sono risultati lievemente maggiori nelle tre postazioni urbane della RQA rispetto alle tre aggiuntive, meno influenzate da pressioni antropiche, soprattutto nelle campagne invernali.

E' possibile raggruppare le postazioni per tipologia, ovvero:

- postazioni urbane: Maggiolina, Saint Bon, Fossamastra;
- extra urbane: Follo, Le Grazie;
- fondo urbano: Chiappa.

Nella tabella che segue sono riassunti i valori medi delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>  $\pm$  1 deviazione standard rilevati nelle postazioni (suddivise in urbane ed extra-urbane) nelle campagne di bianco (campagna **P14 14/0**, **P14 17/2** e **P14 18/2**) e nelle campagne estive, invernali e autunnali della prescrizione P14, con le convenzioni sopra riportate.

Tipo postazione	Media( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	Campagne di Bianco	Campagne invernali	Campagne estive	Campagne autunnali
P. Extra-urbane	20 $\pm$ 7	16 $\pm$ 8	20 $\pm$ 6	20 $\pm$ 6
P. Fondo Urbano	19 $\pm$ 7	16 $\pm$ 8	17 $\pm$ 5	20 $\pm$ 5
P. Urbane	21 $\pm$ 8	22 $\pm$ 10	22 $\pm$ 7	19 $\pm$ 6

Tabella 88 - Confronto tra i valori medi di PM<sub>10</sub>. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Valutando i valori medi stagionali per gruppi omogenei di postazioni si possono fare le seguenti considerazioni:

- le concentrazioni di PM<sub>10</sub> presentano valori bassi in tutte le stagioni.
- risultano molto contenute le differenze fra i valori estivi e invernali soprattutto nelle postazioni di fondo urbano e urbane;
- le differenze stagionali tra le tipologie di postazioni, all'interno dell'incertezza dei valori, sono molto contenute

La scarsa variabilità nei valori medi di PM<sub>10</sub> tra le stagioni e nel territorio della Spezia può dipendere dal fatto che, probabilmente la differenza di pressione antropica tra le stagioni è dovuta quasi esclusivamente al riscaldamento urbano, che ha poco effetto sul PM<sub>10</sub>, e dai fattori meteorologici, che vedono il prevalere in tutte le stagioni delle circolazioni di brezza con fasi di ristagno molto limitate.

Ai fini di un'ulteriore conferma di quanto detto sopra, nella tabella seguente sono riportati i **valori medi** delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> ( $\pm$  1 deviazione standard) nel quinquennio 2014-2018 per le quattro stagioni meteorologiche, nelle postazioni urbane

della RQA della Spezia (Maggiolina, Fossamastra, Saint Bon, Amendola e San Cipriano), dove viene condotto il monitoraggio in continuo di PM<sub>10</sub>.

Valori medi stagionali di PM <sub>10</sub> - periodo 2014 - 2018				
Postazione	inverno (dic-gen-feb)	primavera (mar-apr-mag)	estate (giu-lug-ago)	autunno (set-ott-nov)
Maggiolina	23±11	21±8	21±6	21±6
Fossamastra	23±10	19±7	22±7	21±5
Saint Bon	19±8	21±8	22±7	17±6
Viale Amendola	22±8	19±9	18±5	21±6
San Cipriano (*)	23±11	21±8	21±6	21±6

Tabella 89 - Confronto tra i valori medi di PM<sub>10</sub> nelle diverse stagioni e postazioni della RQA di Spezia nel 2014-2018. Valori in µg/m<sup>3</sup>. (\*) dati disponibili a partire dal 2015.

I risultati della tabella precedente confermano quanto detto circa la costanza di concentrazione del PM<sub>10</sub> tra le postazioni urbane di RQA di Spezia negli anni 2014-2018. I valori medi di concentrazione sono tutti equivalenti entro la deviazione standard nelle diverse postazioni e stagioni.

### 7.6.1 Caratterizzazione chimica del PM<sub>10</sub>

I campioni giornalieri di PM<sub>10</sub> raccolti durante le campagne di monitoraggio della prescrizione 14 sono stati caratterizzati per il loro contenuto di metalli e benzo(a)pirene, a cura di ARPA Liguria. In particolare, i parametri chimici sono stati determinati nei campioni delle postazioni di Saint Bon, Fossamastra e Maggiolina, dove è attivo il monitoraggio periodico di Arpal, cui sono stati aggiunti i campioni prelevati nelle postazioni aggiuntive di Le Grazie, Follo e Chiappa, attivate solo durante il periodo di monitoraggio delle deposizioni.

I campioni giornalieri sono stati analizzati per i parametri di interesse con cadenza di 6 giorni, nelle stesse giornate in cui tali analisi vengono effettuate di routine anche sulle postazioni della RQA (Amendola, Parco della Maggiolina, Fossamastra);

Nel dettaglio sono stati determinati i metalli previsti dal D.Lgs.155/2010 (As, Cd, Ni, Pb) e a questi sono stati aggiunti altri due di interesse per l'indagine: Cromo totale (Cr tot) e Vanadio (V).

Per alcuni dei metalli determinati e per il benzo(a)pirene valgono i seguenti valori limite o obiettivo (calcolato come media su un anno civile nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato - Allegato XIII D.Lgs. 155/2010):

- Arsenico: 6 ng/m<sup>3</sup>;
- Cadmio: 5 ng/m<sup>3</sup>;
- Nickel: 20 ng/m<sup>3</sup>;
- Piombo: 500 ng/m<sup>3</sup>;
- Benzo(a)pirene: 1,0 ng/m<sup>3</sup>.

### 7.6.1.1 Contenuto di metalli nel PM10

Nel prospetto seguente sono indicati i campioni con anomalie e le campagne di riferimento:

Campagna	Stagione	Evento anomalo	Note
P14 14/0 (bianco)	estate	• Fossamastra: elevato valore di concentrazione di Pb in data 12/06/2014 non associabile ad evento noto	Dato di concentrazione di Pb escluso nella media della campagna di bianco
P14 16/4	estate	• Le Grazie: elevato valore di concentrazione di Pb in data 31/07/2016 • Chiappa: elevato valore di concentrazione di Pb in data 30/08/2016	Dato di concentrazione di Pb a Le Grazie e a Chiappa escluso nella media estiva
P14 17/3	estate	• Amendola: elevati valori di Pb in date 08/07/2017 e 26/07/2017	Dati di concentrazione di Pb ad Amendola esclusi nella media estiva
P14 17/4	autunno	• Le Grazie: elevato valore di concentrazione di As in data 18/10/2017	Dato di concentrazione di As a Le Grazie escluso nella media estiva

**Tabella 90– Campagne con concentrazioni dei metalli di PM<sub>10</sub> con valori anomali.**

La tabella che segue riassume le **concentrazioni medie** stagionali dei metalli, in **ng/m<sup>3</sup>**, analizzati nel PM<sub>10</sub> nelle postazioni aggiuntive e in quelle della RQA della Spezia nel corso delle campagne effettuate dal 2014 al 2018 e nella campagna di bianco, escludendo solo Cr e V in quanto determinati solo nelle postazioni aggiuntive. Per quanto riguarda il Pb, per massima completezza, la colonna di sinistra riporta le medie di tutti i dati, mentre quella di destra le medie elaborate escludendo i dati anomali.

Media ± Dev. St. (ng/m <sup>3</sup> )	As		Cd	Ni	Pb		
	Tutti i dati	Esclusi anomali			Tutti i dati	Esclusi anomali	
Follo (extraurbana)	Bianco	0,9±0,2	0,9±0,2	0,7±0,3	2,0±1,4	2,2±1,5	2,2±1,5
	Estate	1,0±0,1	1,0±0,1	0,9±0,2	3,0±2,3	2,2±1,6	2,2±1,6
	Autunno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	0,7±0,3	2,1±2,9	1,9±1,9	1,9±1,9
	Inverno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	0,9±0,2	2,2±1,7	2,8±2,2	2,8±2,2
Le Grazie (extraurbana)	Bianco	0,9±0,2	0,9±0,2	0,7±0,3	2,6±2,4	2,7±2,9	2,7±2,9
	Estate	1,0±0,1	1,0±0,1	1,1±1,3	3,3±3,5	5,4±16,3	2,8±2,6
	Autunno	7,5±21,7	1,0±0,0(#)	0,7±0,3	1,7±0,9	3,3±3,5	3,3±3,5
	Inverno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	1,0±0,4	3,0±3,6	5,5±9,7	5,5±9,7
Chiappa (fondo urbano)	Bianco	1,0±0,1	1,0±0,1	0,7±0,3	2,6±1,9	2,6±2,1	2,6±2,1
	Estate	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,4	2,7±1,7	2,8±6,3	1,9±0,9
	Autunno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	0,7±0,3	1,4±0,9	1,5±1,1	1,5±1,1
	Inverno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	0,9±0,2	1,9±1,5	2,2±1,5	2,2±1,5
Maggiolina (urbana)	Bianco	0,9±0,2	0,9±0,2	0,7±0,3	4,7±4,3	3,3±2,0	3,3±2,0
	Estate	0,9±0,2	0,9±0,2	0,8±0,3	5,4±4,1	3,1±2,0	3,1±2,0
	Autunno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	3,2±1,6	3,2±1,1	3,2±1,1
	Inverno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	0,9±0,2	2,5±1,5	2,9±2,0	2,9±2,0
Amendola (urbana)	Bianco	0,9±0,2	0,9±0,2	0,7±0,3	4,5±3,3	2,7±1,9	2,7±1,9
	Estate	0,9±0,2	0,9±0,2	0,7±0,3	4,1±2,2	4,1±6,1	2,7±1,9
	Autunno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	4,4±2,9	3,1±1,5	3,1±1,5
	Inverno	1,0±0,1	1,0±0,1	0,9±0,2	2,5±1,4	4,4±3,3	4,4±3,3
Fossamastra (urbana)	Bianco	0,9±0,2	0,9±0,2	0,9±0,5	4,6±5,7	8,1±16,8	2,8±2,0
	Estate	1,0±0,6	1,0±0,6	0,8±0,3	3,7±2,8	2,5±1,6	2,5±1,6
	Autunno	1,0±0,0(#)	1,0±0,0	1,0±0,0(#)	3,5±2,1	4,6±1,7	4,6±1,7
	Inverno	1,0±0,2	1,0±0,2	0,9±0,2	3,0±2,1	5,6±5,1	5,6±5,1

**Tabella 91 – Concentrazioni medie stagionali dei metalli nel PM<sub>10</sub> in ciascuna postazione. (#) deviazione standard uguale a o in quanto tutti i valori sono uguali al limite di rilevanza**

Dalla tabella precedente si evidenzia che:

- tutti i valori di concentrazione medi dei metalli normati in aria sono risultati ben al di sotto del valore limite riferiti alle medie annuali;
- le concentrazioni medie stagionali di As e Cd non evidenziano differenze sostanziali tra le postazioni, in quanto i valori sono molto bassi e quasi sempre

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISQ Federation



inferiori al limite di rilevabilità: in conseguenza di ciò anche i valori delle campagne di bianco sono simili a quelli delle altre campagne;

- la concentrazione di Pb è risultata in alcune situazioni influenzata da valori anomali: escludendo tali valori (vedi tabella) si ottengono concentrazioni più omogenee sia stagionalmente che spazialmente con valori compresi tra 1,5 e 5,6 ng/m<sup>3</sup>.

Nella tabella che segue sono riassunte le concentrazioni medie per tipologia di postazione e distinte per stagione. Per quanto riguarda l'As e il Pb, per massima completezza, la colonna di sinistra riporta le medie di tutti i dati, mentre quella di destra le medie con esclusione di quelli anomali.

	Media ± Dev. St. (ng/m <sup>3</sup> )	As Tutti i Dati	As Esclusi anomali	Cd	Ni	Pb Tutti i Dati	Pb Esclusi anomali
Bianco	P. Extraurbane	0,9±0,2	0,9±0,2	0,7±0,3	2,3±1,9	2,5±2,3	2,5±2,3
	P. Fondo Urbano	1,0±0,1	1,0±0,1	0,7±0,3	2,6±1,9	2,6±2,1	2,6±2,1
	P. Urbane	0,9±0,2	0,9±0,2	0,8±0,4	4,6±4,3	4,4±9,0	2,9±1,9
Estate	P. Extraurbane	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,9	3,2±2,9	3,7±11,4	2,5±2,1
	P. Fondo Urbano	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,4	2,7±1,7	2,8±6,3	1,9±0,9
	P. Urbane	0,9±0,4	0,9±0,4	0,8±0,3	4,4±3,2	3,2±3,9	2,8±1,8
Autunno	P. Extraurbane	4,3±15,4	1,0±0,0(#)	0,7±0,3	1,9±2,1	2,6±2,8	2,6±2,8
	P. Fondo Urbano	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	0,7±0,3	1,4±0,9	1,5±1,1	1,5±1,1
	P. Urbane	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	3,7±2,2	3,7±1,6	3,7±1,6
Inverno	P. Extraurbane	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	0,9±0,3	2,6±2,8	4,1±6,9	4,1±6,9
	P. Fondo Urbano	1,0±0,0(#)	1,0±0,0(#)	0,9±0,2	1,9±1,5	2,2±1,5	2,2±1,5
	P. Urbane	1,0±0,1	1,0±0,1	0,9±0,2	2,6±1,7	4,3±3,8	4,3±3,8

Tabella g2 - Confronto tra le concentrazioni medie stagionali (± 1 deviazione standard) per i metalli nel PM<sub>10</sub> in ciascuna postazione. (#) deviazione standard uguale a o in quanto tutti i valori sono uguali al limite di rilevabilità.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

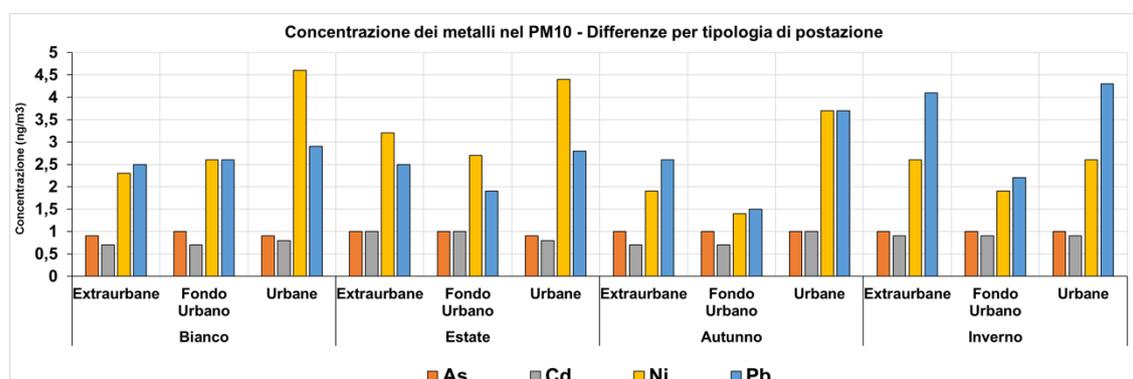


Figura 81 – Medie stagionali delle concentrazioni di metalli nel PM<sub>10</sub> per tipologia di postazione.

Dalla tabella e dal grafico precedenti, analizzando le variazioni di concentrazione tra le tipologie di postazioni si possono fare le seguenti osservazioni:

- le concentrazioni medie stagionali di As e Cd non evidenziano differenze sostanziali tra le tre diverse tipologie di postazioni, in quanto i valori sono molto bassi e quasi sempre inferiori al limite di rilevabilità;
- le concentrazioni medie stagionali di Ni nelle differenti tipologie di postazione presentano valori confrontabili tra campagne di “bianco” e quelle estive; si notano invece valori più bassi durante l’autunno e l’inverno;
- le concentrazioni medie di Pb nelle differenti tipologie di postazione risultano piuttosto omogenee considerando le campagne di “bianco” ed estive. Si nota invece sia in autunno che in inverno una maggiore concentrazione di Pb nelle postazioni urbane e nelle postazioni extraurbane, differenza in buona parte determinata dal contributo apportato dalla postazione di Le Grazie.

### 7.6.1.2 Contenuto di benzopirene nel PM10

La tabella che segue riassume le **concentrazioni medie** stagionali, in **ng/m<sup>3</sup>**, del benzo[a]pirene (BaP) analizzato nel PM<sub>10</sub>, determinato ogni sei giorni, ma sfalsato di tre giorni rispetto alle precedenti caratterizzazioni dei metalli, solo nei campioni della RQA della Spezia di Amendola, Fossamastra e Maggiolina (vedi p. 6.1.2), nel corso delle campagne effettuate dal 2014 al 2018.

Durante gli anni di monitoraggio è stata rilevato un solo dato anomalo di concentrazione più elevato a Maggiolina nel 2016 ma non attribuibile ad evento noto; tuttavia nella tabella che segue, la colonna di sinistra riporta le medie di tutti i dati, mentre quella di destra le medie con esclusione di quelli anomali.

Media ± Dev. St.		Benzo(a)pirene	
(ng/m <sup>3</sup> )		eclusi dati anomali	
Maggiolina	Bianco	0,16±0,16	0,16±0,16
	Estate	0,17±0,41	0,10±0,12
	Autunno	0,20±0,08	0,20±0,08
	Inverno	0,27±0,18	0,27±0,18
(urbana)	Bianco	0,13±0,10	0,13±0,10
	Estate	0,08±0,08	0,08±0,08
	Autunno	0,40±0,34	0,32±0,20
	Inverno	0,32±0,34	0,32±0,34
Amendola	Bianco	0,15±0,08	0,15±0,08
	Estate	0,09±0,10	0,09±0,10
	Autunno	0,24±0,11	0,24±0,11
	Inverno	0,35±0,35	0,35±0,35
(urbana)	Bianco	0,15±0,08	0,15±0,08
	Estate	0,09±0,10	0,09±0,10
	Autunno	0,24±0,11	0,24±0,11
	Inverno	0,35±0,35	0,35±0,35

Tabella 27 – Concentrazioni medie stagionali di benzo(a)pirene in ciascuna postazione.

Per quanto riguarda la tabella precedente si possono fare le seguenti osservazioni:

- i valori medi di BaP nel PM<sub>10</sub> sono molto bassi e lontani dal valore limite riferito alla media annuale e normalmente maggiori in inverno rispetto all’estate e all’autunno;
- i valori medi osservati risultano sempre confrontabili stagionalmente tra le postazioni, a meno della media autunnale di Amendola che è consistentemente più elevata rispetto alle altre;
- in tutte le postazioni i valori medi del bianco sono compresi tra quelli delle campagne estive e dei quelle delle campagne autunnali e invernali.

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

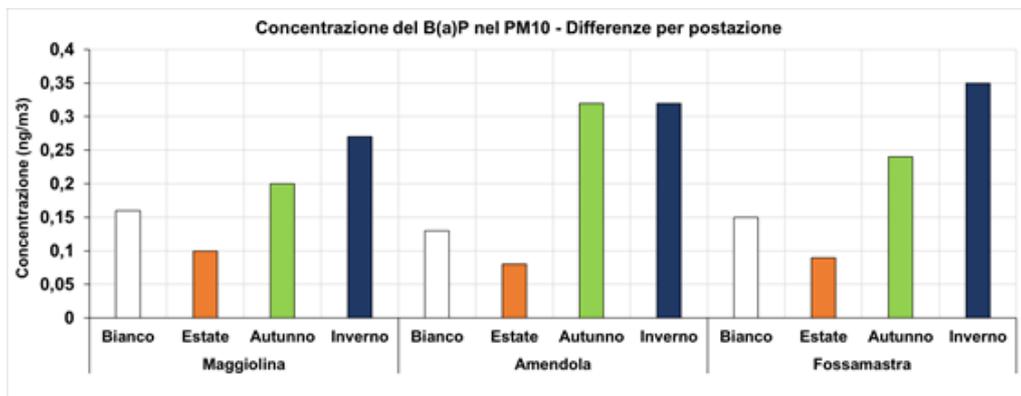


Figura 82 – Medie stagionali delle concentrazioni di BaP nel PM<sub>10</sub> per tipologia di postazione.

La figura sopra conferma quanto riportato in precedenza riguardo la maggiore concentrazione di BaP nel PM<sub>10</sub> durante la stagione invernale, caratterizzata da condizioni meteo più favorevoli al ristagno degli inquinanti in atmosfera.

### 7.6.1.3 Contenuto di EC/OC e Levoglucosano nel PM10

Come previsto dal protocollo analitico a partire dal 2015, sono stati esaminati alcuni campioni di PM<sub>10</sub> relativamente al loro contenuto di levoglucosano, di carbonio elementale (EC) ed organico (OC). Le determinazioni di levoglucosano, carbonio organico (OC) e carbonio elementale (EC) sono state condotte in alcuni campioni delle postazioni di Follo, Chiappa e Le Grazie. Per limitare l'influenza eccessiva delle variabili meteorologiche, sono stati scelti campioni di giornate con assenza quasi totale di precipitazioni e per lo più serene e con temperature nelle medie stagionali.

Nella tabella che segue, sono riportati suddivisi tra campagna di bianco, estate, autunno e inverno i **valori medi** in concentrazione di PM<sub>10</sub> e levoglucosano e la corrispondente percentuale di levoglucosano presente nel PM<sub>10</sub>:

Postazione	Periodo	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	Levoglucosano (µg/m <sup>3</sup> )	% nel PM10
Follo	Bianco	25	0,11±0,07	0,47%
	Estate	23	0,12±0,19	0,48%
	Autunno	24	0,39±0,41	1,59%
	Inverno	21	0,28±0,23	1,31%
Chiappa	Bianco	23	0,12±0,10	0,60%
	Estate	22	0,12±0,14	0,50%
	Autunno	23	0,49±0,42	2,12%
	Inverno	20	0,26±0,15	1,43%
Le Grazie	Bianco	25	0,28±0,25	1,10%
	Estate	25	0,11±0,12	0,42%
	Autunno	23	0,51±0,51	2,25%
	Inverno	22	0,27±0,31	1,27%

Tabella 93 – Valori medi di concentrazione di Levoglucosano nel PM<sub>10</sub>.

Dalla tabella precedente risulta che:

- confrontandosi con il valore di  $0,39 \pm 2,30$  osservato in diversi siti di fondo urbani italiani (v. Piazzalunga et al., 2011) la concentrazione in aria di levoglucosano è complessivamente bassa in tutti i campioni delle tre postazioni in tutte le stagioni a eccezione di quella autunnale;
- in autunno e inverno, si sono avute concentrazioni maggiori di levoglucosano in tutte le postazioni, probabilmente in relazione a un diffuso utilizzo del riscaldamento domestico con biomasse e abbruciamenti.

Nel periodo autunnale il contributo del levoglucosano alla concentrazione media di  $PM_{10}$  a seconda delle postazioni è risultato di 1,6-2,3% e di 0,4-0,6 % in quello estivo, in linea con quanto misurato in altri siti di fondo urbano [Piazzalunga et al., 2011].

Nella tabella che segue, sono riportati **valori medi** del periodo in concentrazione di  $PM_{10}$ , OC, EC, TC (somma di OC e EC), la percentuale di OC e di EC presente nel  $PM_{10}$  e il valore medio del rapporto OC/EC suddivisi tra campagna di bianco, estate, autunno e inverno:

Postazione	Periodo	PM10 ( $\mu g/m^3$ )	OC ( $\mu g/m^3$ )	EC ( $\mu g/m^3$ )	TC ( $\mu g/m^3$ )	% OC nel PM10	% EC nel PM10	OC/EC
Follo	Bianco	25	2,99±0,92	0,39±0,11	3,38±1,03	13%	1,5%	8,3
	Estate	23	4,08±1,47	0,50±0,10	4,58±1,57	18%	2,2%	8,1
	Autunno	24	4,90±1,65	0,71±0,18	5,61±1,83	21%	3,1%	6,9
	Inverno	21	3,97±1,64	0,56±0,22	4,53±1,86	19%	2,8%	7,3
Chiappa	Bianco	23	2,69±1,15	0,44±0,18	3,13±1,33	14%	2,1%	6,6
	Estate	22	3,60±0,89	0,55±0,15	4,15±1,04	18%	2,6%	6,7
	Autunno	23	4,97±1,36	0,94±0,31	5,91±1,67	22%	4,2%	5,4
	Inverno	20	4,18±1,63	0,76±0,27	4,94±1,90	23%	4,0%	5,6
Le Grazie	Bianco	25	3,63±2,13	0,52±0,21	4,15±2,34	16%	2,2%	7,8
	Estate	25	4,36±3,09	0,61±0,19	4,97±3,28	17%	2,5%	7,1
	Autunno	23	5,37±1,35	0,92±0,21	6,29±1,56	23%	4,0%	6,0
	Inverno	22	3,95±1,86	0,66±0,26	4,61±2,12	20%	3,4%	6,4

**Tabella 94 - Valori medi di concentrazione di OC, EC e TC nei campioni di  $PM_{10}$ .**

La concentrazione di OC nei campioni di  $PM_{10}$  non ha evidenziato particolari differenze tra le postazioni in periodi stagionali analoghi e gli andamenti temporali sono più indicativi di una omogenea diffusione di OC in aria, senza significative influenze locali. Nel periodo autunnale si sono riscontrate le concentrazioni medie più elevate comprese tra 4,90 e 5,37  $\mu g/m^3$  in tutte le postazioni, mentre nel periodo invernale ed estivo si sono ottenute le concentrazioni minori comprese tra 3,60 e 4,36  $\mu g/m^3$ .

Anche le concentrazioni medie di EC sono risultate più elevate in autunno rispetto alle altre stagioni, con concentrazioni medie estive e invernali inferiori e compatibili fra di loro.

La tabella seguente sintetizza il peso relativo di OC e EC sulla concentrazione totale di  $PM_{10}$  in aria, stagionalmente e annualmente:

Postazione	OC					EC				
	Bianco	Estate	Autunno	Inverno	Annuale	Bianco	Estate	Autunno	Inverno	Annuale
<b>Follo</b>	13,4%	18,1%	20,7%	19,4%	17,9%	1,5%	2,2%	3,1%	2,8%	2,4%
<b>Chiappa</b>	14,5%	17,6%	21,7%	22,7%	19,1%	2,1%	2,6%	4,2%	4,0%	3,2%
<b>Le Grazie</b>	16,4%	16,8%	23,3%	20,5%	19,2%	2,2%	2,5%	4,0%	3,4%	3,0%

**Tabella 95 – Contenuto % medio di OC e EC nei campioni di  $PM_{10}$ .**

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

Nei campioni del 2015-2018, OC costituisce il 21 – 23% del PM<sub>10</sub> in autunno, il 19 – 23% in inverno e il 17-18% in estate, mentre EC pesa circa il 3,1 – 4,2% del PM<sub>10</sub> in autunno, il 2,8-4,0% in inverno e il 2,2-2,6% in estate. Annualmente, OC rappresenta il 18-19% della massa del PM<sub>10</sub> e EC il 2,4-3,2% di essa. Quindi la somma di OC e EC ha rappresentato nei campioni del quadriennio 2015-2018 in media circa un quinto della massa del PM<sub>10</sub> della Spezia, in linea con quanto riscontrabile anche in altri siti [Bove et al., 2014, Cesari et al.,2016].

La tabella seguente sintetizza la media del rapporto OC/EC nelle varie stagioni.

Postazione	Bianco	Estate	Autunno	Inverno
Follo	8,3	8,1	6,9	7,3
Chiappa	6,6	6,7	5,4	5,6
Le Grazie	7,8	7,1	6,0	6,4

**Tabella 96 – Valori medi del rapporto OC/EC nei campioni stagionali.**

In generale, il rapporto OC/EC è superiore in estate e simile a quello delle campagne di bianco effettuate nella stagione primaverile.

## 7.7 Sintesi dei risultati dei monitoraggi 2016-2018 rilevati dalla postazione fissa MELARA

In questo paragrafo sono valutati i risultati delle campagne della prescrizione 14 effettuate nella postazione di Melara, inserita dal 2016 nel protocollo modificato, come postazione di monitoraggio continuo.

Per l'analisi dell'andamento dei ratei di deposizione delle polveri dal 2016 al 2018 sono stati presi in considerazione i monitoraggi condotti in contemporanea con le campagne della prescrizione 14.

In particolare, sono analizzati gli andamenti riscontrati e la media dei risultati acquisiti nel corso dei tre anni di monitoraggio, con l'obiettivo di avere una valutazione statistica delle deposizioni e delle concentrazioni in aria di specie chimiche che avvengono in media **stagionalmente** e non influenzate da eventi estemporanei (incendi, lavori stradali, ecc.). Nella Tabella sottostante sono riportate le campagne effettuate a partire dal 2016.

Sigla	Data Inizio	Data Fine	Note
P14 16/1	26/02/16	30/03/16	Campagna invernale
P14 16/2	30/03/16	27/04/16	Campagna invernale
<b>ME 16/A</b>	27/04/16	30/05/16	Campagna primaverile
<b>ME 16/B</b>	30/05/16	28/06/16	Campagna estiva
P14 16/3	28/06/16	28/07/16	Campagna estiva
P14 16/4	28/07/16	01/09/16	Campagna estiva
<b>ME 16/C</b>	01/09/16	28/09/16	Campagna autunnale
<b>ME 16/D</b>	28/09/16	28/10/16	Campagna autunnale
<b>ME 16/E</b>	28/10/16	01/12/16	Campagna autunnale
<b>ME16/F</b>	01/12/16	19/01/17	Campagna invernale
P14 17/1	19/01/17	22/02/17	Campagna invernale
<b>ME 17/A</b>	27/02/17	24/03/17	Campagna primaverile
<b>ME 17/B</b>	24/03/17	20/04/17	Campagna primaverile
P14 17/2	27/04/17	25/05/17	Campagna primaverile/"bianco"
<b>ME 17/C</b>	25/05/17	29/06/17	Campagna estiva
P14 17/3	29/06/17	02/08/17	Campagna estiva
<b>ME 17/D</b>	02/08/17	05/09/17	Campagna estiva
<b>ME 17/E</b>	05/09/17	10/10/17	Campagna autunnale
P14 17/4	10/10/17	09/11/17	Campagna autunnale
<b>ME 17/F</b>	09/11/17	13/12/17	Campagna autunnale
<b>ME 17/G</b>	13/12/17	18/01/18	Campagna invernale
P14 18/1	18/01/18	22/02/18	Campagna invernale
<b>ME 18/A</b>	22/02/18	29/03/18	Campagna invernale
P14 18/2	30/03/18	27/04/18	Campagna primaverile/"bianco"
<b>ME 18/B</b>	27/04/18	30/05/18	Campagna primaverile
<b>ME 18/C</b>	30/05/18	28/06/18	Campagna estiva
P14 18/3	28/06/18	01/08/18	Campagna estiva
<b>ME 18/D</b>	01/08/18	03/09/18	Campagna estiva
<b>ME 18/E</b>	03/09/18	11/10/18	Campagna autunnale
P14 18/4	11/10/18	06/11/18	Campagna autunnale
<b>ME 18/F</b>	06/11/18	17/12/18	Campagna autunnale

Tabella 97 - Campagne eseguite per la prescrizione 14.

Al riguardo delle campagne effettuate, si possono fare i seguenti commenti:

- nel complesso sono state condotte sette campagne invernali, quattro primaverili, nove estive e nove campagne autunnali di monitoraggio con la Centrale in funzionamento;
- per la valutazione degli andamenti pluriennali, la campagna **P14 17/2** e la **P14 18/2** sono utilizzate come bianco in quanto la centrale non ha mai funzionato.

Per i calcoli e le considerazioni del presente paragrafo, i valori di deposizioni inferiori al limite di rilevabilità, sono stati sostituiti con metà del limite di rivelabilità.

### 7.7.1 Ratei di deposizione delle polveri

Nella Tabella sottostante sono riportate i ratei di deposizione della postazione fissa di Melara per le campagne aggiuntive (evidenziate in grassetto) assieme alle campagne facenti parte della P14. Nei periodi interessati dal monitoraggio nelle campagne aggiuntive, la centrale ha avuto le percentuali di esercizio sono riportati in tabella.

Sigla	Data Inizio	Data Fine	Giorni esposizione	Rateo deposizione insolubile [mg/m <sup>2</sup> /d]	Precipitazione raccolta [mm]	% di esercizio CTE
P14 16/1	26/02/16	30/03/16	33	33	127	97%
P14 16/2	30/03/16	27/04/16	28	52	74	79%
<b>ME 16/A</b>	<b>27/04/16</b>	<b>30/05/16</b>	<b>33</b>	<b>75</b>	<b>62</b>	<b>85%</b>
<b>ME 16/B</b>	<b>30/05/16</b>	<b>28/06/16</b>	<b>29</b>	<b>22</b>	<b>161</b>	<b>82%</b>
P14 16/3	28/06/16	28/07/16	30	28	0	100%
P14 16/4	28/07/16	01/09/16	35	57	112	16%
<b>ME 16/C</b>	<b>01/09/16</b>	<b>28/09/16</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>67</b>	<b>86%</b>
<b>ME 16/D</b>	<b>28/09/16</b>	<b>28/10/16</b>	<b>30</b>	<b>91</b>	<b>86</b>	<b>74%</b>
<b>ME 16/E</b>	<b>28/10/16</b>	<b>01/12/16</b>	<b>34</b>	<b>31</b>	<b>138</b>	<b>99%</b>
<b>ME 16/F</b>	<b>01/12/16</b>	<b>19/01/17</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>33</b>	<b>92%</b>
P14 17/1	19/01/17	22/02/17	34	16	257	74%
<b>ME 17/A</b>	<b>27/02/17</b>	<b>24/03/17</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>45</b>	<b>88%</b>
<b>ME 17/B</b>	<b>24/03/17</b>	<b>27/04/17</b>	<b>34</b>	<b>54</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>
P14 17/2	27/04/17	25/05/17	28	33	66	0%
<b>ME 17/C</b>	<b>25/05/17</b>	<b>29/06/17</b>	<b>34</b>	<b>152</b>	<b>11</b>	<b>24%</b>
P14 17/3	29/06/17	02/08/17	34	23	0	32%
<b>ME 17/D</b>	<b>02/08/17</b>	<b>05/09/17</b>	<b>34</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>38%</b>
<b>ME 17/E</b>	<b>05/09/17</b>	<b>10/10/17</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>153</b>	<b>54%</b>
P14 17/4	10/10/17	09/11/17	30	11	65	100%
<b>ME 17/F</b>	<b>09/11/17</b>	<b>13/12/17</b>	<b>34</b>	<b>20</b>	<b>221</b>	<b>88%</b>
<b>ME 17/G</b>	<b>13/12/17</b>	<b>18/01/18</b>	<b>36</b>	<b>27</b>	<b>150</b>	<b>78%</b>
P14 18/1	18/01/18	22/02/18	35	10	109	41%
<b>ME 18/A</b>	<b>22/02/18</b>	<b>29/03/18</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>248</b>	<b>20%</b>
P14 18/2	30/03/18	27/04/18	28	97	131	0%
<b>ME 18/B</b>	<b>27/04/18</b>	<b>30/05/18</b>	<b>33</b>	<b>19</b>	<b>54</b>	<b>9%</b>
<b>ME 18/C</b>	<b>30/05/18</b>	<b>28/06/18</b>	<b>29</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>17%</b>
P14 18/3	28/06/18	01/08/18	34	22	6	35%
<b>ME 18/D</b>	<b>01/08/18</b>	<b>03/09/18</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>39</b>	<b>100%</b>
<b>ME 18/E</b>	<b>03/09/18</b>	<b>11/10/18</b>	<b>38</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>
P14 18/4	11/10/18	06/11/18	26	349	264	27%
<b>ME 18/F</b>	<b>06/11/18</b>	<b>17/12/18</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>202</b>	<b>100%</b>

Tabella g8 – Ratei di deposizione polveri, precipitazione raccolta e percentuale di esercizio della CTE ENEL. Campagne eseguite per la prescrizione 14.

Nella figura che segue, sono riportati i ratei di deposizione delle polveri. È stata inclusa anche la precipitazione totale raccolta nel deposimetro, in mm, con asse secondario invertito.

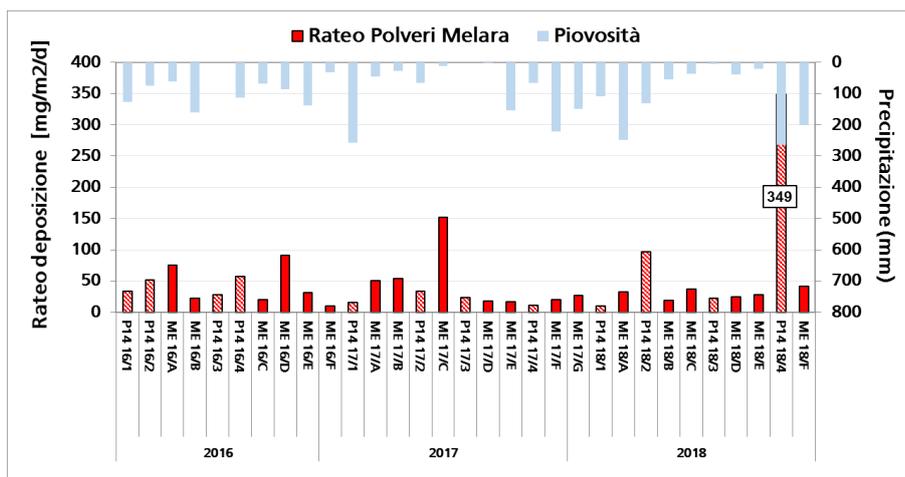


Figura 83 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili e precipitazione raccolta nel corso delle campagne 2016-2018. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della Prescrizione 14, mentre quelli in rosso alle campagne aggiuntive.

Dalla figura precedente, si evidenzia che:

- le deposizioni, fatta esclusione per quelle rilevate durante la campagna **P14 18/4**<sup>27</sup>, si collocano complessivamente ben al di sotto dei valori di riferimento adottati da alcune nazioni europee aventi caratteristiche analoghe a quelle del territorio italiano (200 – 350 mg/m<sup>2</sup>/d) (vedi par. 5.1.1);
- nel complesso, emerge un quadro di contenute deposizioni di polveri, la cui variabilità è indipendente dalla precipitazione raccolta e dal funzionamento della Centrale CTE come si evidenzia nella figura sottostante.

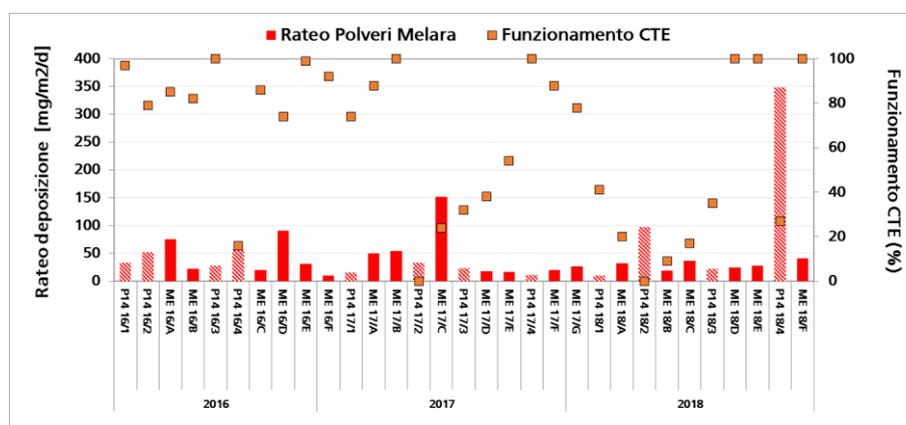


Figura 84 - Ratei di deposizione delle polveri insolubili e funzionamento della centrale CTE nel corso delle campagne 2016-2018. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della Prescrizione 14, mentre quelli in rosso alle campagne aggiuntive.

Nella tabella che segue sono riportati i valori medi stagionali ( $\pm 1$  deviazione standard) dei ratei di deposizione di **polveri**, a confronto con la campagna di bianco.

<sup>27</sup> La particolarità di questa campagna caratterizzata da anomale deposizioni di polveri, per evento estremo meteorologico, è stata ampiamente discussa nei capitoli precedenti.

Postazione	Bianco <sup>#</sup>	Inverno	Primavera	Estate	Autunno*
	<i>Media</i> (mg/m <sup>2</sup> /d)	<i>Media ± Dev. St.</i> (mg/m <sup>2</sup> /d)			
Melara	65±45	26±15	50±23	43±43	32±25

Tabella 99 – Ratei medi stagionali delle campagne continuative di monitoraggio e della campagna di bianco. (\*) E' stata esclusa la campagna P14 18/4 per anomalia meteorologica. (#) Bianco di due campagne primaverili.

Dai dati ad oggi raccolti si può osservare quanto riportato nel seguito:

- i ratei stagionali primaverili ed estivi sono maggiori di quelli invernali;
- i ratei autunnali e invernali differiscono poco tra di loro;
- i valori di bianco si riferiscono a due campagne primaverili e pertanto, vista la stagionalità evidenziata, sono confrontabili solo con i valori primaverili.

I dati della tabella precedente sono mostrati sotto forma di istogrammi nella figura che segue assieme alla percentuale di funzionamento della CTE ENEL:

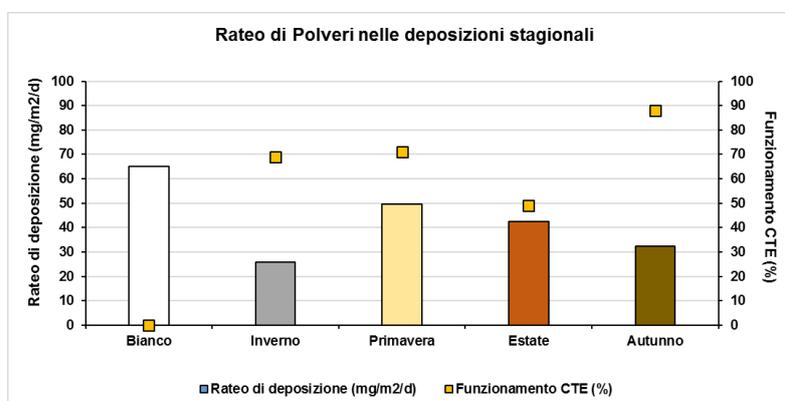


Figura 85 – Confronto tra i ratei stagionali di deposizione di polveri e % di funzionamento CTE.

I dati rilevati non evidenziano inoltre una correlazione significativa con il funzionamento della Centrale CTE ENEL.

### 7.7.2 Ratei di deposizioni stagionali dei metalli

Le figure seguenti confrontano i ratei di deposizioni dei metalli dal 2016 al 2018, nel corso delle campagne elencate nella Tabella 32. La prima include i metalli presenti in traccia, con fondo scala 0,7  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$  e la seconda i metalli maggioritari, con fondo scala 70  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ .

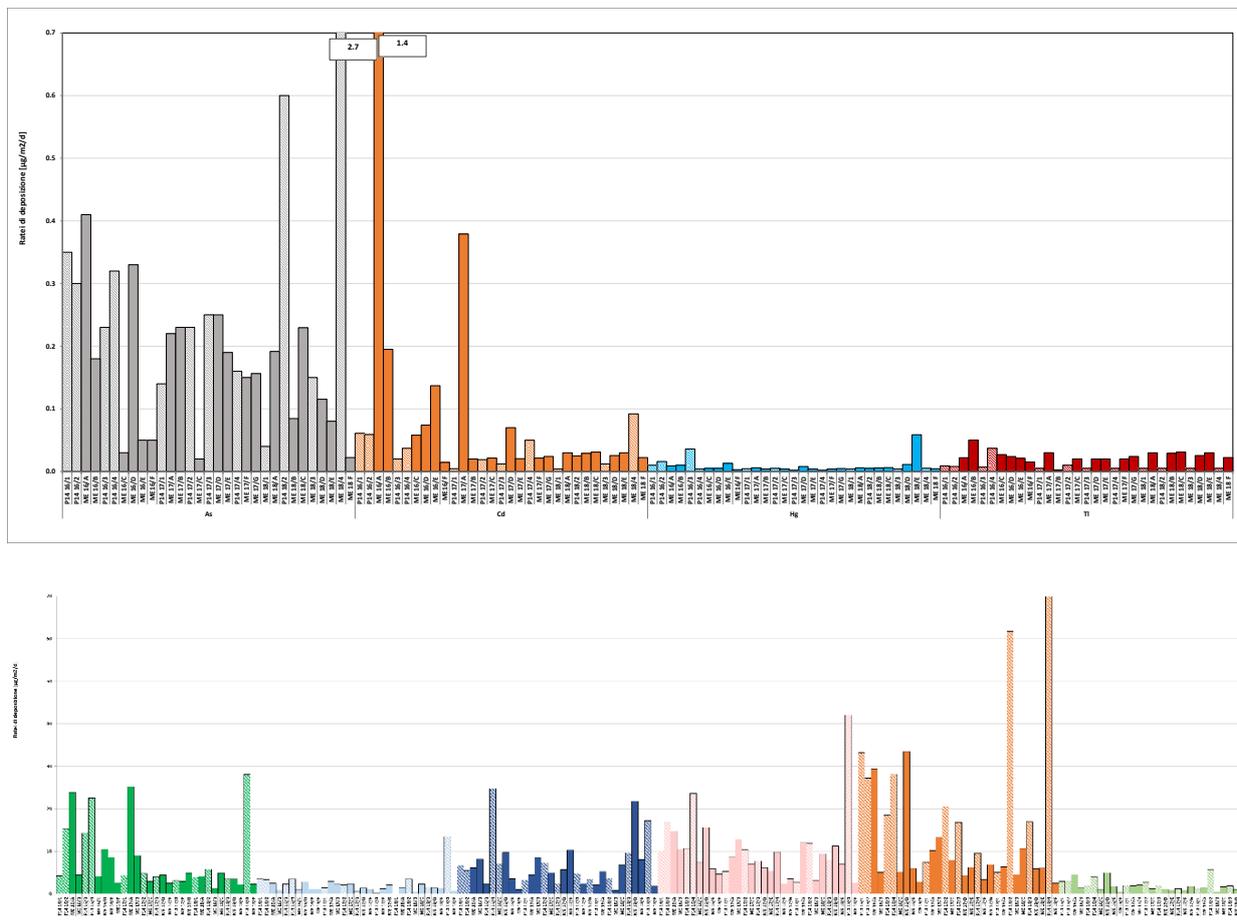


Figura 86 – Confronto delle deposizioni di metalli nelle campagne 2016-2018. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della Prescrizione 14 mentre quelli pieni alle campagne aggiuntive.

Dai grafici sopra si evidenzia che le concentrazioni dei metalli sono risultate piuttosto omogenee nel corso dei tre anni per Hg, Ti, Ni, V mentre mostrano una maggiore variabilità per As, Cd, Cr, Pb, Cu e Mn. Il valore di Cd e Cr misurato nella campagna **ME P16/A** sembrerebbe un caso isolato, come anche i valori di Ni e V misurati nella campagna **P14 18/4** (peraltro caratterizzata da condizioni meteorologiche anomale, con una intensa mareggiata e un fenomeno di avvezione sahariana).

Per meglio valutare gli andamenti stagionali, nella tabella che segue sono riassunti i ratei stagionali di deposizione dei metalli nella postazione e quelli delle campagne di bianco. Non sono stati considerati gli andamenti di Hg e Ti che hanno valori molto bassi e molto spesso vicini al loro limite di quantificazione.

Media $\pm$ Dev. St. ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ )	Campagna	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Melara (urbana)	Bianco	0,4 $\pm$ 0,3	0,02 $\pm$ 0,004	5,3 $\pm$ 0,7	2,8 $\pm$ 1,0	5,5 $\pm$ 2,6	11,1 $\pm$ 1,0	41,2 $\pm$ 29,1	4,2 $\pm$ 2,1
	Inverno	0,2 $\pm$ 0,1	0,03 $\pm$ 0,02	5,6 $\pm$ 4,3	1,9 $\pm$ 1,3	3,9 $\pm$ 2,0	7,9 $\pm$ 5,2	12,7 $\pm$ 12,2	1,9 $\pm$ 0,9
	Primavera	0,2 $\pm$ 0,1	0,45 $\pm$ 0,65	14,8 $\pm$ 11,6	2,0 $\pm$ 1,1	5,0 $\pm$ 3,2	9,8 $\pm$ 5,1	14,4 $\pm$ 10,7	2,2 $\pm$ 1,7
	Estate	0,2 $\pm$ 0,1	0,05 $\pm$ 0,06	7,2 $\pm$ 6,7	1,8 $\pm$ 0,9	9,6 $\pm$ 8,1	10,5 $\pm$ 5,2	12,7 $\pm$ 8,0	1,8 $\pm$ 0,9
	Autunno	0,1 $\pm$ 0,1	0,05 $\pm$ 0,04	4,5 $\pm$ 3,2	1,2 $\pm$ 0,8	5,9 $\pm$ 3,3	7,0 $\pm$ 4,2	9,0 $\pm$ 10,1	1,5 $\pm$ 1,4

Tabella 100 – Ratei medi stagionali dei metalli nella postazione di Melara.

Esaminando i ratei medi stagionali, va osservato, in primo luogo, che i valori delle deviazioni standard sono spesso elevati e le apparenti differenze nelle deposizioni medie stagionali non hanno una rilevanza statistica.

I dati appaiono confrontabili tra loro a meno delle deposizioni anomale di Cd e Cr della **P14 16 A** che ha alzato significativamente i valori medi primaverili. I valori della tabella precedente sono mostrati sotto forma di istogrammi nella figura che segue:

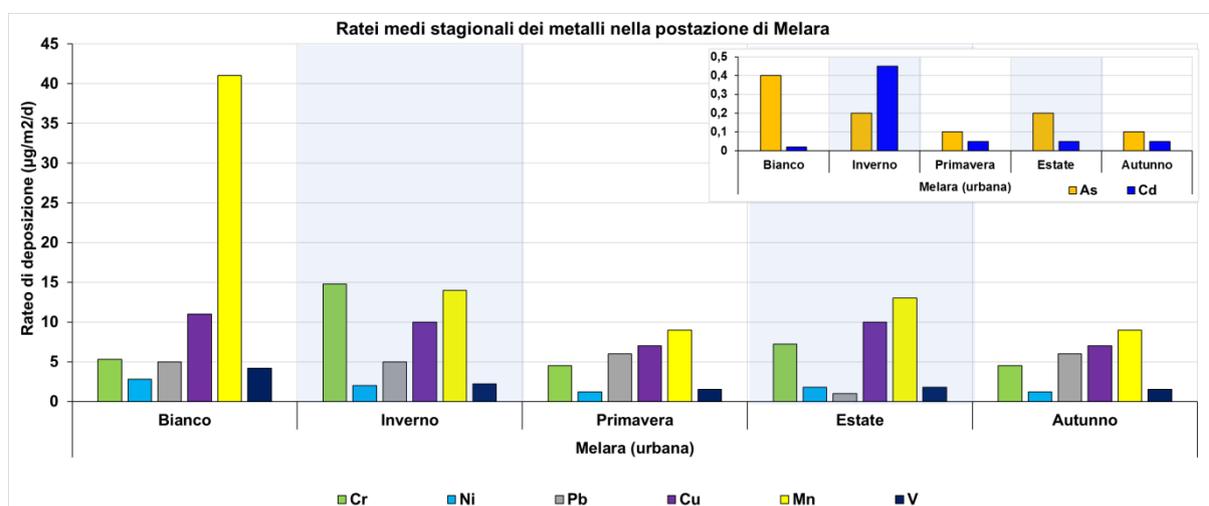
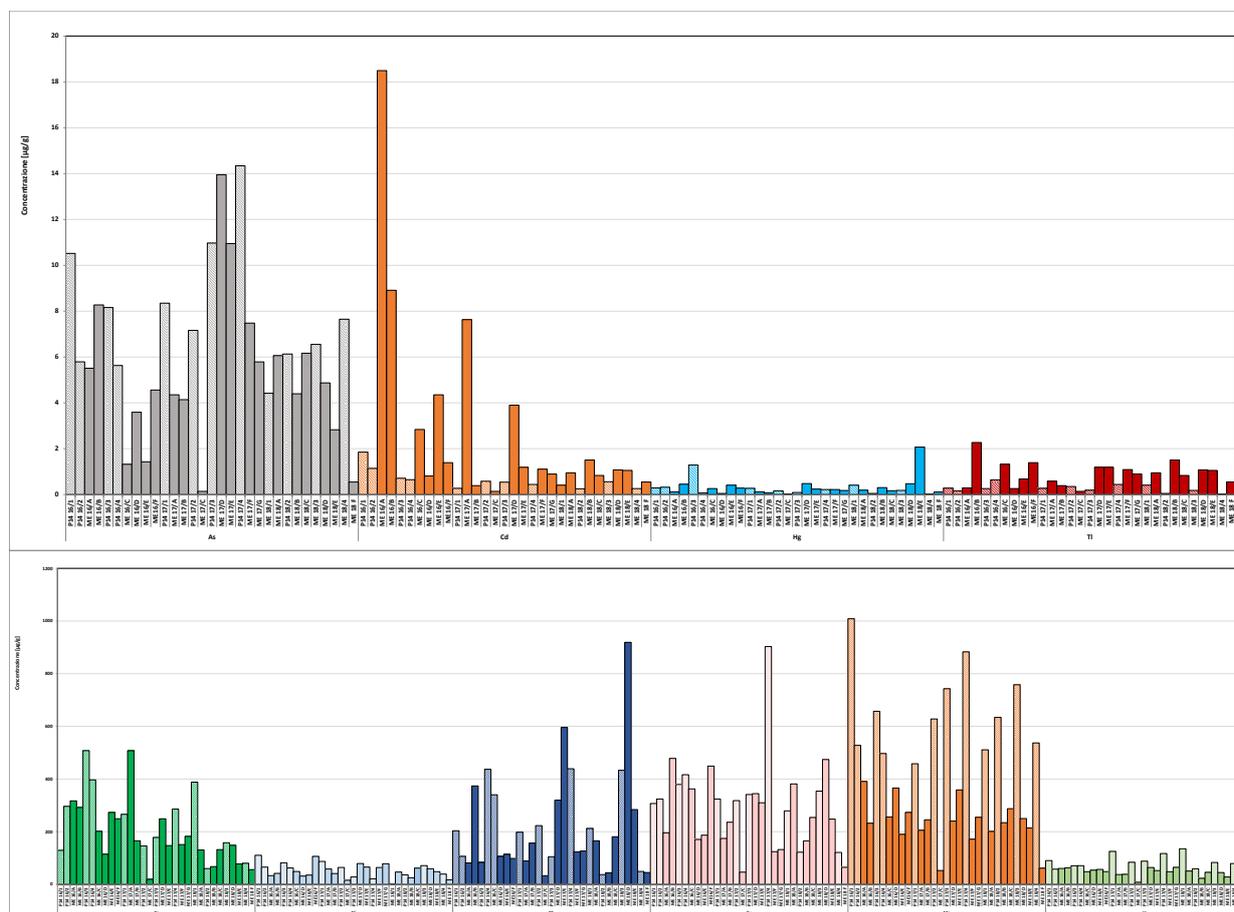


Figura 87 – Confronto tra i valori medi stagionali dei ratei dei metalli a Melara.

I ratei medi stagionali confermano le osservazioni precedenti, e in ogni caso, i ratei di deposizione dei metalli come quelli delle polveri sedimentabili, sono ampiamente entro i valori guida come medie annuali adottati in alcune nazioni europee, riportati nel cap. 5, e tipici di ambienti urbani e rurali.

### 7.7.3 Concentrazioni di metalli nelle polveri

Per valutare le possibili variazioni intervenute nella composizione delle polveri depositate durante le campagne di monitoraggio, si è proceduto al calcolo delle concentrazioni dei metalli. Negli istogrammi seguenti sono mostrate appunto le **concentrazioni** in  $\mu\text{g/g}$  dei metalli nelle deposizioni raccolte nel corso delle campagne:



**Figura 88– Confronto delle concentrazioni ( $\mu\text{g/g}$ ) di metalli nelle campagne 2016-2018. Gli istogrammi tratteggiati sono riferiti ai risultati delle campagne della Prescrizione 14 mentre quelli in rosso alle campagne aggiuntive.**

Dai grafici in Figura 88 evidenzia quanto segue:

- le concentrazioni di Mn e di Cu nelle polveri a Melara sono risultate le più alte;
- la concentrazione di As è risultata abbastanza variabile tra le diverse campagne con valori più elevati nel 2017;
- la concentrazione di Cd è rimasta abbastanza bassa e confrontabile negli anni a parte la campagna **ME 16/A**;
- le concentrazioni di Hg e di Tl sono risultate molto basse;
- le concentrazioni di Ni e di V sono risultate poco variabili tra le campagne;
- la concentrazione di Pb è abbastanza variabile tra le diverse campagne con elevati valori riscontrabili in alcune campagne del 2017 e del 2018;

- la concentrazione di Cu risulta significativa e riflette le influenze dovute alle emissioni industriali e al traffico;
- la concentrazione di Mn nelle polveri è risultata molto variabile; essendo un metallo tipicamente terrigeno, potrebbe essere fortemente influenzata da apporti naturali.

La tabella che segue riassume le **concentrazioni medie** dei metalli nelle polveri nelle diverse stagioni e nella campagna di bianco.

Media ± Dev. St. (µg/g)	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
<b>Bianco</b>	6,6±0,7	0,4±0,2	103±61	50±20	130±132	220±139	631±4	72±18
<b>Melara (urbana)</b>								
<b>Inverno</b>	6,5±2,2	1,0±0,5	234±94	71±38	159±48	314±98	462±275	82±36
<b>Primavera</b>	4,6±0,6	7,0±8,3	264±192	39±14	93±47	193±32	269±83	40±15
<b>Estate</b>	7,2±3,9	1,9±2,8	231±149	56±23	321±272	343±131	413±257	60±24
<b>Autunno</b>	5,3±5,1	1,5±1,4	163±85	41±18	256±193	296±264	313±251	52±30

Tabella 101 – Concentrazioni medie dei metalli nelle polveri depositate stagionalmente. Valori in µg/g.

Dalla tabella precedente si evidenzia una certa variabilità delle concentrazioni di metalli. Sembrerebbe che le concentrazioni primaverili siano inoltre minori rispetto alle altre stagioni, tuttavia ciò andrebbe confermato con ulteriori monitoraggi.

I valori della tabella precedente sono mostrati sotto forma di istogrammi nella figura che segue:

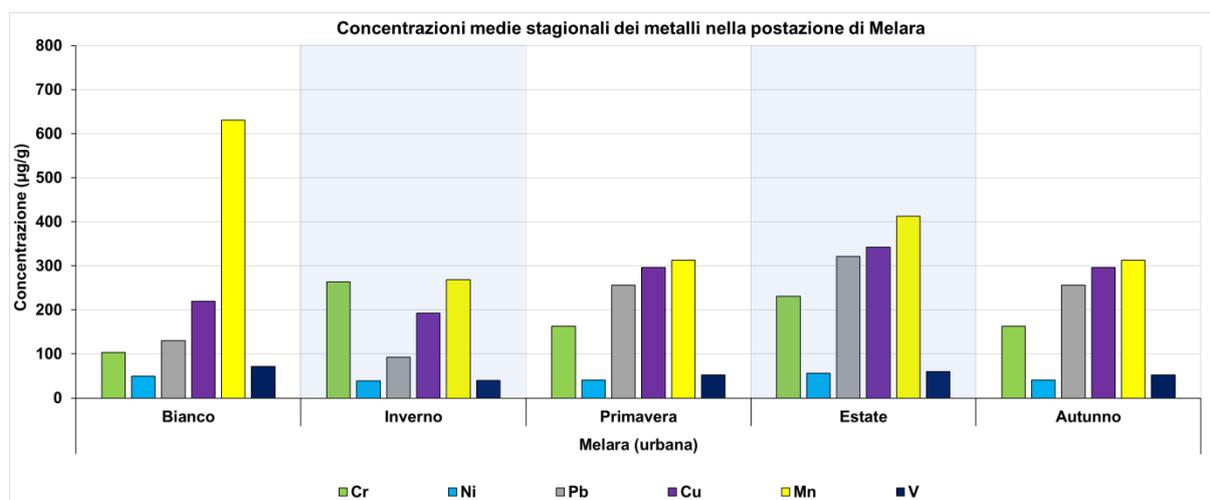


Figura 89 – Confronto tra concentrazioni medie dei metalli nelle polveri depositate stagionalmente a Melara.

### 7.7.4 Specie ioniche nelle deposizioni delle polveri

Nel protocollo analitico è stato previsto di determinare anche alcune specie ioniche utilizzando i campioni raccolti dai deposimetri per specie inorganiche. Trattandosi di deposimetri del tipo “bulk”, le specie ioniche sono la somma di quelle presenti nelle deposizioni umide (piogge) e nelle deposizioni secche di polveri sedimentabili.

Nella tabella che segue sono riassunti i risultati di deposizione delle specie ioniche dei tre anni di monitoraggio mediati stagionalmente. I valori sono espressi in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ :

Media $\pm$ Dev. St. ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ )	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nsSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>Bianco</b>	6,4 $\pm$ 5,0	5,8 $\pm$ 1,8	1,2 $\pm$ 0,8	0,6 $\pm$ 0,4	2,5 $\pm$ 0,4	9,7 $\pm$ 4,7	6,3 $\pm$ 0,6	5,7 $\pm$ 3,0	4,3 $\pm$ 2,3
<b>Inverno</b>	4,0 $\pm$ 2,5	11,0 $\pm$ 6,8	1,5 $\pm$ 0,9	0,7 $\pm$ 0,3	1,7 $\pm$ 0,9	18,6 $\pm$ 12,0	7,0 $\pm$ 2,9	5,0 $\pm$ 2,2	3,2 $\pm$ 2,2
<b>Melara</b>									
<b>Primavera</b>	6,3 $\pm$ 1,6	12,6 $\pm$ 10,2	1,8 $\pm$ 1,4	0,9 $\pm$ 0,9	0,7 $\pm$ 1,0	22,6 $\pm$ 18,3	5,9 $\pm$ 1,6	7,2 $\pm$ 3,7	4,1 $\pm$ 1,7
<b>Estate</b>	5,4 $\pm$ 6,7	5,0 $\pm$ 5,2	0,8 $\pm$ 0,7	0,4 $\pm$ 0,4	0,5 $\pm$ 0,9	9,2 $\pm$ 10,3	5,2 $\pm$ 5,9	3,6 $\pm$ 3,1	1,9 $\pm$ 1,6
<b>Autunno</b>	5,8 $\pm$ 4,3	22,0 $\pm$ 33,2	2,9 $\pm$ 3,8	1,2 $\pm$ 1,1	1,2 $\pm$ 0,6	39,5 $\pm$ 59,5	7,3 $\pm$ 4,1	10,1 $\pm$ 8,8	4,6 $\pm$ 3,5

Tabella 102 – Ratei stagionali delle deposizioni di specie ioniche nel 2016-2018. Valori in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ .

Per meglio confrontare gli andamenti, nel grafico seguente si riportano i valori della tabella precedente:

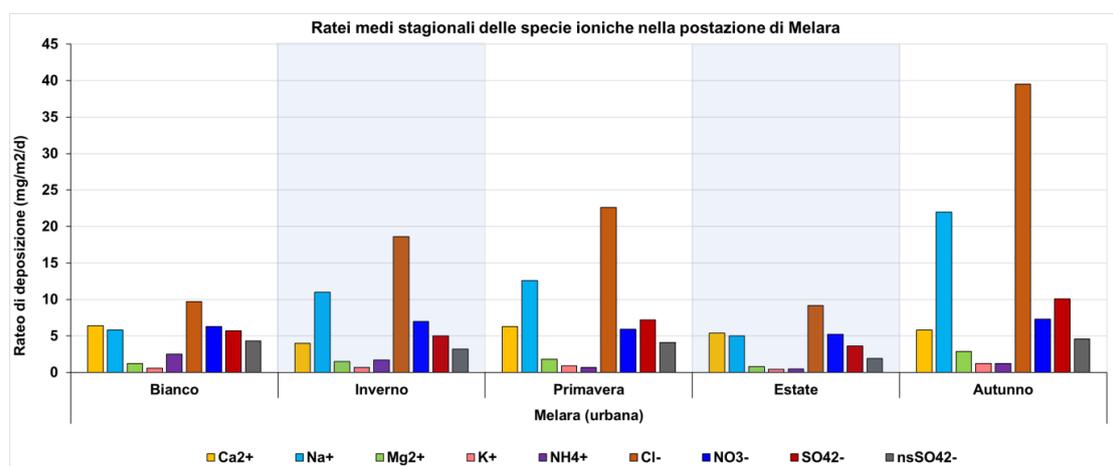


Figura 90 – Confronto tra ratei medi stagionali delle specie ioniche a Melara.

Dalla tabella e figura precedente emerge quanto segue:

- le deposizioni delle specie ioniche sono tipicamente risultate di valori modesti, fatta eccezione per il Na e Cl<sup>-</sup>, con valori più elevati soprattutto nelle campagne autunnali;
- i solfati non marini sono molto simili stagionalmente, ma leggermente inferiori in estate a causa della minore piovosità;
- il rateo dei nitrati appare invece più omogeneo;
- il rateo medio invernale delle specie ioniche risulta maggiore di quello estivo, (ad eccezione del Ca<sup>2+</sup>), andamento probabilmente legato a fattori meteorologici.

## 8. Sintesi e Conclusioni

In questo capitolo sono riassunti gli aspetti salienti dell'attività di monitoraggio definita dalla prescrizione 14 della AIA della Centrale ENEL della Spezia che prevede *".....l'implementazione di campagne annuali di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche, da realizzarsi con Arpal e Amministrazione Comunale, per il dosaggio di metalli (As, Pb, Cd, Ni, V, Cu, Cr, Mn, Hg e Tl), IPA cancerogeni, diossine e furani e PCB, con particolare riferimento a dioxin like. Anche garantendo la piena collaborazione con Enti Locali ed Arpal per l'attualizzazione dell'esistente PRQA"*.

La modalità di attuazione è stata formalizzata in un Protocollo condiviso<sup>28</sup> ed approvato dagli Enti Locali e dal Gestore (v. cap.2) che prevede oltre a quanto previsto dalla prescrizione 14 AIA anche il campionamento ed analisi del PM10 per valutare la distribuzione degli inquinanti anche sulle particelle più pericolose in quanto raggiungono le prime vie aeree dell'uomo.

Il monitoraggio è esteso ad una serie di postazioni distribuite su un vasto territorio anche oltre le aree che lo scenario modellistico di emissione del gruppo a carbone della centrale ENEL individua con probabilità di ricaduta.

Il presente capitolo è diviso in due parti; la prima riporta la sintesi relativa alle attività di monitoraggio del 2018 (par. 8.1), la seconda quella derivante dalla valutazione complessiva del periodo di monitoraggio 2014-18 (par. 8.2).

### 8.1 Sintesi monitoraggio 2018

Il monitoraggio nel 2018 ha previsto l'esecuzione di quattro campagne della durata di circa un mese con la particolarità del sito di Melara dove il campionamento è effettuato in continuo così da garantire la copertura dell'intero anno: si tratta infatti dell'area di massima ricaduta individuata dal modello diffusionale relativo alle emissioni del gruppo SP3 (nota P15 e documento ENEL con modello). Per stabilire la significatività dei risultati si è valutata l'operatività del gruppo SP3 della centrale ENEL durante le campagne rispetto al funzionamento medio dell'anno 2018, nel dettaglio:

- **P14 18/1:** operatività della Centrale superiore di circa il 47% del funzionamento medio anno 2018;
- **P14 18/2:** centrale non operativa (campagna di bianco);
- **P14 18/3:** operatività della Centrale inferiore di circa il 42% del funzionamento medio anno 2018;
- **P14 18/4:** operatività della Centrale superiore di circa il 30% del funzionamento medio anno 2018.

Da quanto sopra si deduce che le campagne con centrale in funzione sono state condotte durante periodi rappresentativi della operatività della Centrale ENEL.

<sup>28</sup> Ad ulteriore rafforzamento delle scelte condivise va rilevato che la direttiva 2004/107/CE, recepita dal Dlgs 155/2010, ha introdotto la misura delle deposizioni come attività di monitoraggio utile per la valutazione dell'accumulo degli inquinanti nel suolo e dell'esposizione indiretta della popolazione attraverso la catena alimentare. Essa prevede che gli stati membri si adoperino per la raccolta di informazioni esaurienti in merito ai valori di deposizione di arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici, considerati critici per la loro tossicità in quanto riconosciuti come cancerogeni e genotossici.

Le **caratteristiche meteorologiche** delle campagne di monitoraggio, che si sono svolte nel corso delle quattro stagioni, sono state, ovviamente, molto diverse tra loro.

La **P14 18/1** è stata caratterizzata da giornate caratterizzate da intensa ventilazione dai quadranti settentrionali nonché numerosi eventi precipitativi senza comunque che si registrassero cumulate superiori ai valori climatologici.

La **P14 18/2** è stata caratterizzata da due fasi, una prima di tempo tipicamente primaverile ed una seconda caratterizzata da tempo a tratti estremamente caldo, per via della presenza di una vasta struttura anticiclonica di origine africana sul continente; si sono comunque anche registrate numerose giornate piovose in un contesto, intorno a metà aprile, di correnti meridionali con apporto di deposizioni sabbiose.

La **P14 18/3** è stata caratterizzata da condizioni tipicamente estive, con tempo stabile e caldo alternato a infiltrazioni da nord, Nord-Ovest che hanno accentuato gli episodi convettivi sulle zone montuose del nord Italia, legati a locali rovesci e temporali anche forti.

La **P14 18/4** è stata in assoluto la campagna più anomala fino ad ora osservata: in essa è stato ricompreso l'evento estremo di fine ottobre che ha visto un periodo di precipitazioni e tempo instabile, legati a un intensissimo richiamo umido sciroccale dal nord Africa e lungo il Tirreno: si sono registrati 4 giorni consecutivi di vento con raffiche di burrasca forte e con mareggiate da ostro e libeccio assai intense su tutto il territorio ligure.

A causa dell'estrema quanto estesa meridionalizzazione dei flussi si è registrata anche una intensissima deposizione di sabbia Sahariana.

Per l'eccezionalità sopradetta, i risultati delle determinazioni analitiche effettuate sulle deposizioni campionate nel corso di questa campagna sono stati trattati a parte.

I ratei di **deposizioni di polveri** misurati alla Spezia nel 2018, sebbene non garantiscano una copertura annuale, sono indicativi di una scarsa **polverosità**.

Il rateo medio misurato alla Spezia nelle prime tre campagne del 2018 ( $98 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ ), sebbene si riferisca a pochi mesi, è indicativo di una polverosità "praticamente assente". Nella campagna autunnale l'indice di polverosità ricade nell'intervallo di media polverosità, a causa degli eventi naturali estremi.

A Melara, dove il modello diffusionale prevede la massima ricaduta delle emissioni della Centrale, le deposizioni sono risultate quantitativamente in linea con la media delle deposizioni misurate nelle altre postazioni nelle quattro campagne di misura, con valori tipicamente confrontabili o di poco inferiori a quelli rilevati nelle postazioni di fondo suburbano (Chiappa) e fondo urbano (Maggiolina) ovvero con le aree meno soggette a pressione antropica.

Ad eccezione della postazione di Fossamastra, nelle postazioni fisse della prescrizione 14 si è di poco superato il valore di  $100 \text{ mg/m}^2/\text{d}$  di polveri depositate che, secondo gli indici di polverosità della Commissione Centrale contro l'inquinamento atmosferico del MATTM, individua una classe di polverosità "praticamente assente". Nella postazione di Fossamastra i ratei hanno superato il valore di  $100 \text{ mg/m}^2/\text{d}$  ma non quello di  $250 \text{ mg/m}^2/\text{d}$  che definisce una polverosità "bassa". In un contesto di polverosità

“praticamente assente” si può notare una deposizione di polveri maggiore nell’area urbana rispetto alle zone esterne meno antropizzate e al fondo urbano.

Le **deposizioni** dei **metalli** sono compatibili con quelle degli anni precedenti, a meno della campagna autunnale **P14 18/4**, nella quale i ratei sono superiori a causa degli eventi meteo che hanno comportato presenza e apporti di polveri sahariane e cristalli da risollevarimento. Per alcuni metalli (Cu, Pb) si evidenzia la prevalente origine antropica confermata dalla differente deposizione tra postazioni urbane ed extraurbane.

A fronte della elevata variabilità delle deposizioni di metalli in termini quantitativi si riscontra invece una buona omogeneità in termini qualitativi, con profili di speciazione più regolari e costanti nel tempo e confrontabili fra i diversi siti. Il contenuto in **concentrazione dei metalli** risulta infatti, paragonabile tra le varie campagne e per le diverse postazioni. Ciò suggerisce che l’elevata variabilità dei ratei di deposizione sia dovuta alla differente massa di polveri depositate nelle singole campagne, ma non sia legata ad una significativa variabilità del tipo di sorgenti. Si rileva una leggera prevalenza nelle polveri dell’ambiente urbano dei metalli di preminente origine antropica (Pb, Cu, Cr e parzialmente anche Mn).

Relativamente al contenuto di **IPA**<sup>29</sup> nelle deposizioni, sono stati determinati quelli **cancerogeni** previsti dalla Norma Europea UNI EN 15890:2011, integrati con ulteriori composti policiclici aromatici di interesse al monitoraggio (IPA totali).

Nelle diverse postazioni, le deposizioni di **IPA totali** sono risultate comprese tra circa 14 e 1122 ng/m<sup>2</sup>/d, con i valori più elevati riferibili ad eventi estemporanei (incendi, cantierizzazioni, etc.) che non rappresentano le deposizioni tipiche.

Relativamente alla loro **distribuzione spaziale**, le deposizioni maggiori di IPA totali e della norma UNI si sono avute nelle postazioni urbane, di norma a Fossamastra.

Relativamente alla loro **distribuzione temporale**, per le postazioni urbane ed extraurbane si evidenzia una dipendenza delle deposizioni di IPA totali e della norma UNI dalla stagionalità delle campagne, con valori dei ratei maggiori nel periodo estivo e autunnale e minori in inverno.

A **Melara**, postazione ritenuta dalla modellazione la più influenzata dalle ricadute della centrale ENEL, i ratei degli IPA sono più simili a quelli delle postazioni extraurbane piuttosto che a quelli rilevati nelle postazioni urbane.

In linea generale si evidenzia che, nelle deposizioni delle postazioni urbane più caratterizzate da intenso traffico viabilistico, si è riscontrata una presenza significativa di coronene, un IPA caratteristico delle emissioni del traffico veicolare.

Il rateo di deposizione del **benzo[a]pirene** (BaP), uno degli IPA cancerogeni previsti dalla norma UNI EN 15890:2011, nell’intero comprensorio della Spezia ha un valore medio pari a 17,3 ng/m<sup>2</sup>/d che, confrontato con i dati di letteratura, risulta del tutto comparabile a quello di altri siti urbani europei. Nelle campagne del 2018 si sono riscontrati valori dei ratei di deposizione BaP più elevati nella campagna estiva in quasi tutte le postazioni urbane (eccetto Fossamastra e Chiappa) mentre quelle extraurbane presentano ratei di deposizione maggiori in autunno (a esclusione della postazione di

<sup>29</sup> IPA – Idrocarburi Policiclici Aromatici: composti idrocarburi caratterizzati da almeno due anelli aromatici condensati.

Bolano, probabilmente a causa dell'incendio già citato). In tutte le postazioni si è riscontrato il minimo del rateo di deposizione BaP nella campagna invernale.

Per valutare eventuali differenze qualitative **spazio-temporali** tra le deposizioni di **IPA totali** avvenute nelle postazioni durante le quattro campagne, si è fatto ricorso alla analisi di **fingerprint** dei profili normalizzati degli IPA che mettono in evidenza il rapporto relativo tra gli IPA presenti nelle deposizioni. Nelle campagne **P14 18/2**, **P14 18/3** e **P14 18/4**, si evidenziano pattern molto simili tra postazioni urbane ed extraurbane. Nella campagna invernale P14 18/1, invece emergono differenze tra i profili di IPA delle diverse postazioni, plausibilmente per la scarsità della deposizione di polvere e per il contributo del traffico maggiormente evidente in quelle tipicamente urbane.

Relativamente a **diossine (PCDD/F)** e **PCB dioxin like**, i **ratei di deposizione** sono risultati molto bassi, spesso inferiori al limite di quantificazione. I congeneri di PCDD/F e PCB *dioxin like* risultati rilevabili sono quelli normalmente riscontrati in maniera ubiquitaria nelle deposizioni atmosferiche e che costituiscono il fondo antropico.

Per esprimere la quantità complessiva di diossine e PCB *dioxin like*, i dati di deposizione sono stati espressi con un unico valore numerico in unità di tossicità equivalente alla 2,3,7,8-TCDD<sup>30</sup>.

La maggior parte dei congeneri di PCDD e PCDF sono risultati inferiori al limite di quantificazione. Tra tutti i congeneri, solo la octaclorodibenzo-p-diossina (OCDD), la meno tossica delle diossine (Appendice 1) e, saltuariamente la 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, la 2,3,4,7,8 PeCDF, la 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF e l'octaclorodibenzofurano (OCDF) sono risultate rilevabili nei campioni di deposizione. La TCDD è stata rilevata solo in due dei campioni analizzati. I ratei di deposizione di PCDD/F e PCB, espressi in TEQ, risultano di modesta entità, in genere inferiori a 2 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/d, fatta eccezione per le deposizioni di PCB a Follo e per l'eccezionalità della campagna P14 18/4.

Complessivamente, le deposizioni medie di PCDD/F e PCB del 2018 alla Spezia, non tenendo conto della campagna di bianco, sono poco più di un quarto del valore guida di 4 pg WHO-TEQ/m<sup>2</sup>/d e si possono escludere significativi apporti antropici.

Da un confronto con i valori di deposizione rilevati in altri siti italiani, quelli riscontrati alla Spezia sono in linea con i valori minimi degli intervalli relativi ad aree industriali e inferiori ai valori minimi rilevati in altre nazioni europee (cap 5).

Dal confronto tra i **profili** ("*patterns*") di diossine e PCB *dioxin like* nei campioni di deposizione si evidenziano i tipici *pattern*, dominati dalla presenza di octaclorodiossina e di PCB 118, dovuti a una contaminazione "invecchiata" e quindi a trasporto da masse di aria per tempi lunghi.

Per quanto concerne le **specie ioniche**, Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, di chiara origine marina, sono quelle maggiormente rilevate nella fase acquosa. In tutte le campagne, le deposizioni di NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sono risultate maggiori di quelle dei SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, confermando l'influenza preponderante delle emissioni di NO<sub>x</sub>, come è riscontrabile in maniera ubiquitaria da molti anni.

<sup>30</sup> Tale valore è ottenuto moltiplicando i valori in massa di ciascun composto per il rispettivo fattore di tossicità equivalente alla 2,3,7,8-TCDD, definito dalla Organizzazione Mondiale per la Sanità e sommando le concentrazioni così normalizzate rispetto alla tossicità, come previsto per i campioni ambientali. Tale modalità di espressione dei risultati, esalta i congeneri più cancerogeni e fornisce una visione più rispondente alla loro effettiva tossicità.

I **ratei di deposizione delle polveri** misurati nel 2018 a Melara sono risultati simili a quelli delle altre postazioni extraurbane, e sono normalmente inferiori a  $50 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ , escludendo i dati meteorologicamente anomali. I **ratei di deposizione dei metalli** sono risultati abbastanza contenuti e le **concentrazioni dei metalli** piuttosto omogenee per Hg, Tl, Ni, V e abbastanza variabili per As, Cd, Cr, Pb, Cu e Mn; i valori sono risultati comunque confrontabili con quelle delle altre postazioni urbane. Nelle campagne con funzionamento di C.le pari al 100%, i ratei di metalli risultano confrontabili con quelli di campagne con funzionamento decisamente più ridotto.

Per quanto concerne il **PM10** nelle tre postazioni dedicate (Chiappa, Follo, Le Grazie) e nelle tre postazioni della RQA della Spezia considerate nell'analisi dei dati (Saint Bon, Fossamastra, Maggiolina) non si sono mai avuti superamenti del valore limite giornaliero ( $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) e la concentrazione media del PM10 è risultata complessivamente contenuta con i valori medi di campagna compresi tra  $16$  e  $24 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  per le tre postazioni dedicate e tra  $17$  e  $24 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  per le tre postazioni della RQA.

Si evidenzia inoltre una buona correlazione tra gli andamenti temporali del PM10 in tutte le postazioni tranne limitati eventi locali con valori medi equivalenti o lievemente maggiori nelle tre postazioni urbane della RQA rispetto alle tre aggiuntive, meno influenzate da pressioni antropiche.

I campioni giornalieri di PM10 raccolti durante le campagne di monitoraggio delle deposizioni sono stati caratterizzati per il loro contenuto di **metalli** con cadenza di 6 giorni, nelle stesse giornate in cui tali analisi vengono effettuate di routine anche sulle postazioni della RQA.

I risultati hanno evidenziato valori di concentrazione di As e Cd quasi sempre pari o inferiori al limite di rilevabilità in aria ( $<1 \text{ ng/m}^3$ ) e quindi di molto inferiori ai limiti normativi annuali, di Pb molto bassi e significativamente inferiori al limite normativo di  $500 \text{ ng/m}^3$ , con una concentrazione per quest'ultimo metallo lievemente maggiore nelle postazioni urbane rispetto a quelle extraurbane per effetto del traffico veicolare. Anche il Ni presenta spesso valori compresi tra il limite di rilevabilità e  $10 \text{ ng/m}^3$  in tutte le postazioni a parte un numero molto limitato di valori atipici comunque inferiori a  $20 \text{ ng/m}^3$ .

Le determinazioni di **levoglucosano**, marker tipico della combustione di biomasse, Carbonio Organico (OC) e Carbonio Elementare (EC) sono state condotte in alcuni campioni di PM10 delle postazioni di Follo, Chiappa e Le Grazie caratteristici delle diverse stagioni. La concentrazione in aria di levoglucosano, in linea generale, è risultata inferiore in primavera e in estate rispetto all'autunno e all'inverno e ciò è coerente con l'utilizzo di sistemi di riscaldamento domestico basati sulla combustione di biomassa.

La media annuale dell'intero comprensorio risulta essere nel 2018 di  $0.43 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , valore in linea con quanto misurato in altri siti di fondo urbano.

Per quanto riguarda le determinazioni di **OC** e **EC**, negli stessi campioni utilizzati per determinare il levoglucosano, si è trovata una buona corrispondenza con gli andamenti normalmente riscontrabili in altri siti di fondo urbano e sono indicativi di una omogenea diffusione di OC in aria. La somma di OC ed EC ha rappresentato in media circa un quarto della massa del PM<sub>10</sub> nel 2018, in linea con quanto riscontrabile anche in altri siti con caratteristiche analoghe alla Spezia.

## 8.2 Sintesi e conclusioni del periodo 2014 ÷ 2018

Nel seguito sono valutati i risultati delle campagne della Prescrizione 14 effettuate dal 2014 fino al 2018. In particolare, sono indicati gli aspetti salienti derivanti dall'analisi dei risultati acquisiti nel corso dei cinque anni di monitoraggio, effettuata mediante una selezione critica di tutti i dati in modo da isolare quelli conseguenti ad eventi spot e definire la situazione di fondo e le reali criticità.

Nel complesso sono state condotte 19 campagne di monitoraggio, di cui 8 sono state considerate estive, 2 autunnali e 6 invernali con la Centrale in funzionamento, nonché 3 campagne di bianco che si sono svolte nella stagione primaverile (**P14 14/0**, **P14 17/2** e **P14 18/2**), cioè con Centrale ferma, che si sono svolte nella stagione primaverile. Per le valutazioni degli andamenti stagionali non sono state considerate le campagne autunnali **P14 17/4** e **P14 18/4**, esclusivamente per la valutazione dei ratei delle deposizioni, di conseguenza sono state considerate le stagioni estiva ed invernale.

Nel corso delle campagne sono avvenuti eventi atipici meteorologici e locali episodi di incendi e cantierizzazioni che hanno portato come conseguenza ad anomalie di alcuni parametri che, nei casi conosciuti, sono stati esclusi nell'elaborazione complessiva. L'elenco degli eventi è riportato al cap. 7.

Per l'analisi dell'andamento dei **ratei di deposizione** delle polveri dal 2014 al 2018 sono stati presi in considerazione i risultati ottenuti nelle postazioni previste dal protocollo, dopo le opportune valutazioni critiche descritte nel cap. 7.

Nel complesso si evidenzia che in tutte le postazioni, a meno di Fossamastra, le deposizioni medie di polveri si collocano al di sotto dei valori di riferimento adottati da alcune nazione europee aventi caratteristiche analoghe a quelle del territorio italiano (200 – 350 mg/m<sup>2</sup>/d) e riferendosi ai criteri nazionali italiani (cap. 5) sono inquadrabili nella classe di polverosità "*praticamente assente*" (<100 mg/m<sup>2</sup>/d). **Fossamastra** che si colloca nella classe di polverosità "*bassa*", presenta in maniera sistematica i ratei più elevati in tutte le campagne condotte in tutte le stagioni ad evidenziare una caratteristica locale.

Basandosi sugli andamenti dei dati medi stagionali di deposizioni di polveri le postazioni sono state raggruppate per le loro caratteristiche in postazioni urbane (Maggiolina, Saint Bon, Melara), extra urbane (Bolano, Follo, Arcola, Le Grazie) e fondo urbano (Chiappa).

L'analisi dei dati 2014 - 2018 conferma che le postazioni extraurbane e la postazione di fondo urbano presentano una deposizione caratterizzata da valori molto bassi, quasi identici tra l'estate e l'inverno; tale situazione individua un fondo tipico del tessuto extraurbano mentre le postazioni urbane presentano maggiori deposizioni rispetto alle altre con differenze dei ratei medi di deposizione stagionali molto limitate.

Confrontando le campagne di bianco a Centrale ferma con quelle con centrale operativa si evidenzia che i ratei medi risultano comparabili, a parità di stagione di effettuazione della campagna: ciò significa che non si evidenziano sui ratei di deposizione impatti significativi legati all'operatività della centrale.

Si è continuato a trattare a parte la postazione di **Fossamastra**, per la sua peculiarità e si sono evidenziati ratei stagionali praticamente equivalenti tra le campagne svolte nel periodo estivo e le campagne di bianco, anch'esse effettuate in periodi estivi-primaverili.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Nel periodo invernale il rateo medio è leggermente maggiore di quello estivo. Questa postazione continua ad essere fortemente influenzata da una pluralità di pressioni antropiche durante tutto l'anno, tra cui le principali sono le attività di movimentazione dei container nell'area portuale e la mole di traffico, poco variabile nel tempo. La particolarità della postazione di Fossamastra risulta anche dal fatto che i ratei misurati sono circa il triplo di quelli delle altre postazioni urbane, sia in inverno sia in estate. Si conferma che a valori dei ratei di deposizione delle polveri così elevati non corrispondono però altrettanto elevati valori di PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> che sono, invece, comparabili con quelli rilevati nelle altre postazioni urbane della RQA, ad indicare la presenza di polvere a granulometria elevata dovuta ad impatti antropici locali quali movimentazione container, attività con mezzi meccanici e intenso traffico pesante. Si segnala che presso tale postazione viene eseguito anche il monitoraggio di controllo della linea carbone, nell'ambito della Prescrizione 18 dell'AIA, e che le determinazioni analitiche previste non hanno evidenziato presenza significativa di carbone.

Relativamente ai **ratei di deposizioni dei metalli**, utilizzando i criteri sopra adottati per le polveri, emerge che i valori delle deviazioni standard sono elevati e le apparenti differenze nelle deposizioni medie stagionali non hanno in effetti una grande rilevanza statistica, specie per le postazioni extra-urbane. Ciononostante, si può osservare che nelle postazioni extraurbane e in quella di fondo urbano, i ratei medi stagionali di tutti i metalli sono confrontabili tra di loro, tenuto conto delle deviazioni standard associate ai dati. Considerazioni analoghe valgono anche per i ratei medi stagionali delle postazioni **urbane**, Fossamastra esclusa, salvo per Ni, che sembrerebbero essere maggiormente depositati in inverno.

A **Fossamastra**, i ratei medi stagionali sono poco variabili e maggiori di 2-4 volte di quelli riscontrati nelle postazioni urbane, indicando una costanza delle pressioni antropiche nel corso delle stagioni.

Il confronto tra i ratei delle campagne di **bianco**, a Centrale ferma, e quelli delle campagne a Centrale in funzione non evidenzia per tutte le postazioni significative variazioni. In ogni caso, i ratei di deposizione medi dei metalli come quelli delle polveri sedimentabili, sono ampiamente entro i valori guida come medie annuali adottati in alcune nazioni europee, riportati nel cap. 5, e tipici di ambienti urbani e rurali europei.

Utilizzando i criteri sopra adottati per le polveri, ed escludendo i valori di Pb di Arcola per la particolarità delle deposizioni fino al 2017 (risolta nel 2018 con il ricollocamento dei deposimetri), emerge che in ogni postazione urbana, extraurbana e fondo urbano, tenuto conto della variabilità associata al dato, le **concentrazioni dei metalli** risultano comunque poco soggette a variazioni significative legate alla stagione, al tempo e allo spazio indicando una ricaduta caratteristica del territorio.

Le concentrazioni di metalli a **Fossamastra**, al contrario dei ratei di deposizione, non sono particolarmente differenti da quelle delle altre postazioni urbane, ad indicare che la polvere della zona ha una composizione simile. Tale polvere differisce solo dal punto di vista quantitativo e limitatamente alla componente a granulometria maggiore; infatti le concentrazioni di PM<sub>10</sub> sono simili a quelle delle altre postazioni.

Relativamente ai ratei di deposizione di Idrocarburi policiclici aromatici (**IPA**), depurati dei dati anomali utilizzando i criteri riportati al cap.7, tenendo conto della variabilità dei

dati, si evidenzia che in un quadro di valori alla Spezia generalmente bassi, esiste all'interno di ciascuna classe di tipologia di postazione, una variazione stagionale degli IPA totali, con lieve aumento in inverno, meno evidente per gli IPA della norma UNI; complessivamente, si hanno ratei di IPA totali e norma UNI maggiori nelle postazioni urbane fortemente soggette a traffico veicolare (Saint Bon e Fossamastra), rispetto alle postazioni extraurbane, di fondo urbano e Melara che hanno ratei praticamente equivalenti a parità di stagione.

Relativamente ai **ratei di deposizione di benzo(a)pirene** depurati dei dati anomali utilizzando i criteri riportati al cap. 7, valgono le considerazioni sopra riportate per gli IPA della norma UNI, quindi si osserva una ridotta variabilità delle sue deposizioni tra postazioni extraurbane ed urbane con anche poche differenziazioni stagionali, salvo il caso di Fossamastra, avente ratei decisamente maggiori di tutte le altre postazioni. I valori delle deposizioni delle campagne di bianco e quelli delle campagne con Centrale in funzione risultano molto contenuti e praticamente equivalenti tra loro ad eccezione di quelli rilevati a Fossamastra.

Relativamente ai **ratei di deposizione di PCDD/F e PCB** si evince che nel complesso le loro deposizioni sono generalmente basse e, escludendo i dati anomali (vedi par 7.4), non superano mai il valore proposto come guida di 4 pg TEQ/m<sup>2</sup>/d come media annuale.

Facendo riferimento ai ratei di deposizione si evidenzia che esiste una ridotta differenziazione tra le postazioni urbane ed extraurbane a parità di stagione, ma si coglie una dipendenza dalla stagionalità per PCDD/F, con un aumento in inverno, generalizzato a tutte le postazioni.

Relativamente alle **specie ioniche nelle deposizioni** dall'analisi dei dati emerge che i valori dei ratei di deposizione sono sempre risultati estremamente modesti e non sono stati individuati, come per le altre specie chimiche, valori di deposizione anomala (esclusa la campagna P14 18/4).

Il rateo medio invernale, ad esclusione di poche eccezioni, risulta maggiore di almeno il doppio di quello estivo per tutte le postazioni, probabilmente legato a fattori meteorologici.

Per l'analisi dell'andamento dei **ratei di deposizione delle polveri a Melara** dal 2016 è stata effettuata una valutazione stagionale come per le altre postazioni. Nel complesso, emerge un quadro di deposizioni variabili in modo abbastanza indipendente dalla precipitazione raccolta e dal funzionamento della centrale CTE, con valori confrontabili con quelli delle postazioni extraurbane.

I **ratei di deposizione dei metalli** come quelli delle polveri sedimentabili, sono ampiamente entro i valori guida come medie annuali adottati in alcune nazioni europee e tipici di ambienti urbani e rurali europei, con valori confrontabili più con le postazioni extraurbane che quelli delle urbane.

Le **concentrazioni di metalli** evidenziano una variabilità confrontabile con quella rilevata nelle altre postazioni urbane non legata alla stagionalità.

Relativamente alle concentrazioni di **PM10** rilevate nel corso delle campagne della prescrizione 14 effettuate dal 2014 fino al 2018, non si sono mai avuti superamenti del valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  previsto dalla normativa.

Inoltre, emerge che le concentrazioni di PM10 presentano valori bassi in tutte le stagioni e risultano molto contenute le differenze fra i valori estivi e invernali soprattutto nelle postazioni urbane e di fondo urbano. Le differenze stagionali tra le tipologie di postazioni, all'interno dell'incertezza dei valori, sono molto contenute, ad ulteriore conferma che nella città della Spezia la differenza di impatti tra estate e inverno è legata quasi esclusivamente al riscaldamento che ha scarsa influenza sul PM10 e ai fattori meteorologici che vedono il prevalere in tutte le stagioni delle circolazioni di brezza con fasi di ristagno molto limitate. Nei cinque anni di monitoraggio, i valori medi di PM10 sono risultati lievemente maggiori nelle tre postazioni urbane della RQA rispetto alle tre aggiuntive, meno influenzate da pressioni antropiche.

Per quanto riguarda i **metalli nel PM10**, si evince che le concentrazioni medie previste dal Dlgs 155/10 nel PM10 (As, Cd, Ni, Pb) risultano sempre inferiori ai limiti normativi e abbastanza costanti negli anni in tutte le postazioni. Inoltre, i valori di As e Cd sono spesso risultati inferiori ai limiti di rilevabilità. Si osserva inoltre che le concentrazioni medie stagionali di Ni nelle differenti tipologie di postazione presentano valori più bassi durante le stagioni autunnale e invernale mentre quelle di Pb risultano leggermente più elevate nelle postazioni urbane e nelle postazioni extraurbane.

I valori medi di **BaP nel PM10** sono molto bassi e lontani dal valore limite riferito alla media annuale e normalmente maggiori in inverno rispetto all'estate e all'autunno; la maggiore concentrazione di BaP nel PM10 durante la stagione invernale è spiegata da condizioni meteo più favorevoli al ristagno degli inquinanti in atmosfera. I valori medi osservati risultano sempre confrontabili stagionalmente tra le postazioni, a meno della media autunnale di Amendola che è consistentemente più elevata rispetto alle altre. In tutte le postazioni i valori medi del bianco effettuato durante il corso della primavera sono compresi tra quelli delle campagne estive e quelli delle campagne autunnali e invernali.

Relativamente al contenuto di **levoglucosano nel PM10**, dall'analisi dei dati si evince che il valore medio stagionale è confrontabile con il valore di fondo urbano italiano. Inoltre la concentrazione in aria è complessivamente bassa in tutti i campioni delle tre postazioni, in tutte le stagioni ad eccezione di quella autunnale. Le concentrazioni maggiori in autunno e inverno sono probabilmente dovute ad un diffuso utilizzo del riscaldamento domestico con biomasse e abbruciamenti.

Relativamente al contenuto di **OC e EC nel PM10** si rileva che la concentrazione di **OC** nei campioni non ha evidenziato particolari differenze tra le postazioni in periodi stagionali analoghi e gli andamenti temporali sono più indicativi di una omogenea diffusione di OC in aria senza significative influenze locali. Le concentrazioni medie di **EC** sono risultate più elevate in autunno rispetto alle altre stagioni, con concentrazioni medie estive e invernali inferiori e compatibili fra di loro.

Annualmente la somma di OC e EC ha rappresentato in media circa un quinto della massa del PM10 della Spezia, in linea con quanto riscontrabile anche in altri siti.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

In generale, il rapporto OC/EC è superiore in estate e simile a quello delle campagne di bianco effettuate nella stagione primaverile

Dall'analisi dei dati del periodo 2014-18 si conferma quanto riportato nei precedenti rapporti e cioè che l'area della Spezia presenta uno stato ambientale senza una pressione antropica preponderante; infatti le postazioni, sia urbane che extraurbane, presentano deposizioni con caratteristiche simili sia come entità che come composizione. Si evidenziano solo contenute variazioni stagionali nelle postazioni urbane probabilmente a causa del ruolo che può assumere in inverno il riscaldamento domestico, in concorso con fattori meteorologici favorevoli all'accumulo di inquinanti al suolo.

Casi a parte sono le postazioni di **Baccano di Arcola** fino alla prima parte del 2017 e **Fossamastra**.

Nella postazione di **Baccano di Arcola** si sono avute deposizioni con caratteristiche anomale per Piombo e PCB dovute ad una fonte emissiva saltuaria, a carattere prettamente locale, che influenza solo questo sito (v. documento Prot. Arpal nr. 37531 del 20/12/2018), e pertanto è stata riposizionata la centralina a 50 m, in una zona non più influenzata dalla limitata sorgente puntuale.

Nella postazione di **Fossamastra** si hanno deposizioni con caratteristiche sostanzialmente analoghe a quelle delle altre postazioni urbane ma in quantità nettamente maggiore e sostanzialmente confrontabili in tutti i periodi monitorati. Le concentrazioni di PM10, invece, sono comparabili con quelle rilevate nelle altre postazioni urbane della RQA ad indicare la presenza di polvere a granulometria grossolana; questo argomento è già stato discusso, sia negli elaborati della **prescrizione 18**,<sup>31</sup> relativa al monitoraggio delle attività di movimentazione del carbone, che in studi pregressi sull'area di Fossamastra.<sup>32</sup> La maggiore polverosità è infatti ascrivibile al contributo di polveri più grossolane molto probabilmente attribuibile al risollevarimento operato dal traffico autoveicolare intenso con significativa componente di mezzi pesanti.

Considerando il basso rateo di deposizione delle diossine nel periodo esaminato e la loro diffusione ubiquitaria nell'area, anche per il 2019 verranno mantenute le stesse postazioni in cui effettuare il monitoraggio garantendo comunque la rappresentatività dei dati.

Contestualmente si manterrà il monitoraggio continuativo presso la postazione di Melara, area indicata dal modello diffusionale della Prescrizione 15 come soggetta alla massima deposizione delle emissioni CTE ENEL ed inoltre continueranno gli studi per definire i contributi delle varie sorgenti al PM10 in alcune postazioni della RQA opportunamente scelte (attività di Source Apportionment) ai fini del rispetto delle indicazioni contenute nella Prescrizione 18 AIA del parere della Commissione Istruttoria IPPC.

<sup>31</sup> gli studi hanno rilevato limitata presenza di carbone incombusto nelle deposizioni di Fossamastra.

<sup>32</sup> rif. note Arpal nr.31455 del 31/10/2012 "[Monitoraggio della qualità dell'aria nella zona di Fossamastra](#)" e nr. 2046 del 27/01/2014 "[Analisi qualitativa campioni di polveri depositate su superfici esposte nella zona est della Spezia](#)".

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Argiriadis, E., Rada, E. C., Vecchiato, M., Zambon, S., Ionescu, G., Schiavon, M., Gambaro, A. (2014). Assessing the influence of local sources on POPs in atmospheric depositions and sediments near Trento (Italy). *Atmospheric Environment*, 98, 32-40.

ARPA Piemonte Dip. Novara (2014). Relazione tecnica sulle deposizioni atmosferiche in comune di Cerano.

ARPA Val d'Aosta, 2010. "Monitoraggio delle deposizioni atmosferiche - periodo 2008/2009" reperibile al sito:  
[http://www.arpa.vda.it/images/stories/ARPA/aria/datiQA/deposimetri/relazione\\_deposimetri\\_2008\\_2009.pdf](http://www.arpa.vda.it/images/stories/ARPA/aria/datiQA/deposimetri/relazione_deposimetri_2008_2009.pdf).

Bodenan, F., Michel, P., Cary, L., Leynet, A., & Piantone, P. (2011). Environmental surveillance of incinerators: 2006-2009 data on dioxin/furan atmospheric deposition and associated thresholds. In *31st International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants DIOXIN 2011* (p. 4104).

Bond, T.C., Bergstrom, R.W. (2007). Light absorption by carbonaceous particles: an investigative review. *Aerosol Sci. Technol.* 40, 27-67.

Bove M.C., Brotto P., Cassola F., Cuccia E., Massabò D., Mazzino A., Piazzalunga A., Prati P. (2014). *Atmospheric Environment* 94, 274-286.

Bove M.C., Brotto P., Calzolari G., Cassola F., Cavalli F., Fermo P., Hjorth J., Massabò D., Nava S., Piazzalunga A., Schembari C., Prati. (2016). PM10 source apportionment applying PMF and chemical tracer analysis to ship-borne measurements in the Western Mediterranean. *Atmospheric Environment* 125, 140-151.

Castro, L.M., Pio, C.A., Harrison, R.M., Smith, D.J.T. (1999). Carbonaceous aerosol in urban and rural European atmospheres: estimation of secondary organic carbon concentrations. *Atmospheric Environment* 33, 2771-2781.

Cesari D., Donato A., Conte M., Contini D. (2016). Inter-comparison of source apportionment of PM10 using PMF and CMB in three sites nearby an industrial area in central Italy. *Atmospheric Research* 182, 282-293.

CESI (2014), Centrale Enel E. Montale della Spezia: Prescrizione n.15 del Parere istruttorio della Commissione IPPC relativo al rilascio dell'AIA. Realizzazione di un modello delle emissioni e delle ricadute. Prot. B4022745 del 19/09/2014 trasmesso con note Enel-PRO-25/09/2014-0038660, Enel-PRO-25/09/2014-0038661 e Enel-PRO-25/09/2014-0038662.

Chow, Judith C., et al. (2011). PM 2.5 source profiles for black and organic carbon emission inventories. *Atmospheric Environment* 45, 5407-5414.

Cornelis C., De Brouwere K., De Fré R., Goyvaerts M.P., Schoeters G., Swaans W., Van Holderbeke M. (2007). Proposal for environmental guideline values for atmospheric deposition

of dioxins and PCBs. Study accomplished under the authority of VMM 2007/IMS/R/277. Final report.

Cuccia E., Massabò D., Ariola V., Bove M.C., Fermo P., Piazzalunga A., Prati P. (2014). Size-resolved comprehensive characterization of airborne particulate matter. *Atmospheric Environment* 67, 14-26.

Duan F., Liu X., Yu T., and Cachier H. (2004). Identification and estimate of biomass burning contribution to the urban aerosol organic carbon concentrations in Beijing” *Atmos. Environ.* 38, 1275.

Esposito, V., Maffei, A., Ficocelli, S., Spartera, M., Giua, R., & Assennato, G. (2012). Dioxins from industrial emissions to the environment. The Taranto case study. *Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 3, 42-8.

Guerzoni, S., Rampazzo, G., Molinaroli, E., & Rossini, P. (2005). Atmospheric bulk deposition to the Lagoon of Venice: Part II. Source apportionment analysis near the industrial zone of Porto Marghera, Italy. *Environment international*, 31 (7), 975-982.

Handler, M., Puls, C., Zbiral, J., Marr, I., Puxbaum, H., Limbeck, A. (2008). Size and composition of particulate emissions from motor vehicles in the Kaisermuhlen Tunnel, Vienna. *Atmospheric Environment* 42, 2173-2186.

Jacobson, Mark Z. (2000). "Physically-based treatment of elemental carbon optics: Implications for global direct forcing of aerosols." *Geophysical Research Letters* 27.2 217-220.

Kanakidou, M., et al. (2005). "Organic aerosol and global climate modelling: a review", *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 1053–1123, <http://www.atmos-chem-phys.net/5/1053/2005/>.

Menichini, E., & Viviano, G. (2004). Trattamento dei dati inferiori al limite di rivelabilità nel calcolo dei risultati analitici. Rapporto ISTISAN 04/15.

Menichini, E., Iacovella, N., Monfredini, F., & Turrio-Baldassarri, L. (2007). Atmospheric pollution by PAHs, PCDD/Fs and PCBs simultaneously collected at a regional background site in central Italy and at an urban site in Rome. *Chemosphere*, 69 (3), 422-434.

Miguel, A. H., Kirchstetter, T. W., Harley, R. A., & Hering, S. V. (1998). On-road emissions of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons and black carbon from gasoline and diesel vehicles. *Environmental Science & Technology*, 32(4), 450-455.

Motelay-Massei, A., Ollivon, D., Garban, B., & Chevreuril, M. (2002). Atmospheric deposition of toxics onto the Seine Estuary, France: example of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 2 (5), 1351-1369.

Ollivon, D., Blanchoud, H., Motelay-Massei, A., & Garban, B. (2002). Atmospheric deposition of PAHs to an urban site, Paris, France. *Atmospheric Environment*, 36 (17), 2891-2900.

Perrone, M.G., Larsen, B.R., Ferrero, L., Sangiorgi, G., De Gennaro, G., Udisti, R., Zangrando, R., Gambaro, A., Bolzacchini, E. (2012). Sources of high PM2.5 concentrations in Milan, Northern Italy: molecular marker data and CMB modelling. *Science of Total Environment* 414, 343-355.

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: [arpal@pec.arpal.gov.it](mailto:arpal@pec.arpal.gov.it)  
C.F. e P.IVA 01305930107

Piazzalunga A., Belis C., Bernardoni V., Cazzulli O., Fermo P., Valli G., Vecchi R. (2011). *Atmospheric Environment* 45, 6642–6649.

Pio, C., Cerqueira, M., Harrison, R.M., Nunes, T., Mirante, F., Alves, C., Oliveira, C., Sanchez de la Campa, A., Artinano, B., Matos, M. (2011). OC/EC ratio observations in Europe: re-thinking the approach for apportionment between primary and secondary organic carbon. *Atmospheric Environment* 45, 6121-6132.

Plumb, R. H. (2004). Fingerprint Analysis of Contaminant Data: A Forensic Tool for Evaluating Environmental Contamination. *EPA/600/5-04/054*.

Rada, E. C., Ragazzi, M., & Schiavon, M. (2014). Assessment of the local role of a steel making plant by POPs deposition measurements. *Chemosphere*, 110, 53-61.

Rossini, P., De Lazzari, A., Guerzoni, S., Molinaroli, E., Rampazzo, G., & Zancanaro, A. (2001). Atmospheric input of organic pollutants to the Venice lagoon. *ANNALI DI CHIMICA*, 91(7/8), 491-502.

Sandrini, S., Fuzzi, S., Piazzalunga, A. Prati, P., Bonasoni, P., Cavalli, F., Bove, M. C., Calvello M., Cappelletti, D., Colombi, C. et al. (2014). Spatial and seasonal variability of carbonaceous aerosol across Italy. *Atmospheric Environment*, 99, 587-598.

Schmidl C., Marr I.L., Caseiro A., Kotianova P., Berner A., Bauer H., Kasper-Giebl A., and Puxbaum, H. (2008). *Atmos. Environ.* 42, 126.

Simoneit B.R.T. (1999). *Environment of Science Pollution Research* 6, 159.

Tsigaridis, et al. (2006). "Change in global aerosol composition since preindustrial times", *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 5143–5162.

Van Lieshout, L., Desmedt, M., Roekens, E., De Fré, R., Van Cleuvenbergen, R., & Wevers, M. (2001). Deposition of dioxins in Flanders (Belgium) and a proposition for guide values. *Atmospheric Environment*, 35, S83-S90.

Venturini, E., Vassura, I., Ferroni, L., Raffo, S., Passarini, F., Beddows, D. C., & Harrison, R. M. (2013). Bulk deposition close to a municipal solid waste incinerator: one source among many. *Science of the Total Environment*, 456, 392-403.

Wang, Zhendi, and Scott Stout. (2010) Oil spill environmental forensics: fingerprinting and source identification. *Academic Press*.

## APPENDICE 1

### FATTORI DI TOSSICITÀ DI PCDD, PCDF E PCB

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107



Policlorodibenzodiossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e PCB dioxin like (DL), determinati nelle deposizioni e i loro fattori di tossicità (TEF) secondo quanto sviluppato in ambito NATO e dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità (World Health Organization - WHO):

<b>Compound</b>	<b>NATO, 1998</b>	<b>WHO 1998 TEF</b>	<b>WHO 2005 TEF*</b>
<i>chlorinated dibenzo-p-dioxins</i>			
2,3,7,8-TCDD	1	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	0.5	1	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.01	0.01
OCDD	0.001	0.0001	0.0003
<i>chlorinated dibenzofurans</i>			
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.05	0.03
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	0.5	0.3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01	0.01
OCDF	0.001	0.0001	0.0003
<i>non-ortho substituted PCBs</i>			
PCB 77		0.0001	0.0001
PCB 81		0.0001	0.0003
PCB 126		0.1	0.1
PCB 169		0.01	0.03
<i>mono-ortho substituted PCBs</i>			
105		0.0001	0.00003
114		0.0005	0.00003
118		0.0001	0.00003
123		0.0001	0.00003
156		0.0005	0.00003
157		0.0005	0.00003
167		0.00001	0.00003
189		0.0001	0.00003

\* I numeri in grassetto Numbers in bold indicano un cambio del valore del TEF

Riferimento: *Van den Berg et al.* **The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds**

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

## APPENDICE 2

### PRECIPITAZIONI DURANTE I PERIODI DI MONITORAGGIO

**Valori in millimetri (mm) di precipitazione.**
**Campagna P14 18/1 - dal 18/01/2018 al 22/02/2018**

<b>Giorno Settimana</b>	<b>Data</b>	<b>Chiappa</b>	<b>Le Grazie</b>	<b>Bolano</b>	<b>Comune</b>
Gio	18/01/2018	0	0,6	1	0
Ven	19/01/2018	0	0	0,8	0
Sab	20/01/2018	0	0	0	0
Dom	21/01/2018	0	0	0	0
Lun	22/01/2018	0	0	0	0
Mar	23/01/2018	0	0	0	0
Mer	24/01/2018	0	0	0	0
Gio	25/01/2018	0	0	0	0,2
Ven	26/01/2018	0	0	0,8	0,8
Sab	27/01/2018	0	1,4	6,2	1,2
Dom	28/01/2018	0	0	0	0
Lun	29/01/2018	0	0	0	0
Mar	30/01/2018	15,6	0	0	0
Mer	31/01/2018	1,6	0,8	3,6	2,4
Gio	01/02/2018	25,8	17	54,4	19,8
Ven	02/02/2018	6,4	6,2	8,8	9,4
Sab	03/02/2018	4,6	4,6	4,8	2
Dom	04/02/2018	0	0,2	0	0
Lun	05/02/2018	5,2	3,8	2,2	4,2
Mar	06/02/2018	4,2	2,6	3,6	3,2
Mer	07/02/2018	0,4	0,4	0	0
Gio	08/02/2018	7,2	6,4	3,2	6,4
Ven	09/02/2018	1,6	3	1	2,4
Sab	10/02/2018	0	0	0	0
Dom	11/02/2018	0	0	0	0
Lun	12/02/2018	26	17,6	20,8	27,8
Mar	13/02/2018	0	0,2	0	0,2
Mer	14/02/2018	4,8	3,8	0,4	2,2
Gio	15/02/2018	0	0	0	0
Ven	16/02/2018	0,4	0,6	0,2	0,8
Sab	17/02/2018	24,6	17,6	25,4	19,8
Dom	18/02/2018	8,4	4,6	7,6	3,8
Lun	19/02/2018	0	0	0	0
Mar	20/02/2018	0	0	0	0
Mer	21/02/2018	0	0	0	0
Gio	22/02/2018	0	0	0	0
<b>Totale (mm)</b>		<b>136,8</b>	<b>91,4</b>	<b>144,8</b>	<b>106,6</b>

**Campagna P14 18/2 - dal 29/03/2018 al 26/04/2018**

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Bolano	Comune
Gio	29/03/2018	10,8	3,6	22,8	2,8
Ven	30/03/2018	0,4	0	1	0
Sab	31/03/2018	22,2	13,2	20,2	16,8
Dom	01/04/2018	0,2	0	0	0
Lun	02/04/2018	0	0	0	0
Mar	03/04/2018	9,2	0	10,4	15,8
Mer	04/04/2018	47,8	0	63	33
Gio	05/04/2018	3,4	0	2,6	0
Ven	06/04/2018	0	0	0	0
Sab	07/04/2018	0	0	0	0
Dom	08/04/2018	0,4	0	0,2	0,8
Lun	09/04/2018	10,6	0	9,4	11
Mar	10/04/2018	11	0	19,4	2,6
Mer	11/04/2018	18,6	0	20,4	17,6
Gio	12/04/2018	8,4	0	65,2	7
Ven	13/04/2018	1,2	0	3,6	1,8
Sab	14/04/2018	0	0	0	0
Dom	15/04/2018	0	0	0	0
Lun	16/04/2018	0	0	0	0
Mar	17/04/2018	0	0	0	0
Mer	18/04/2018	0	0	0	0
Gio	19/04/2018	0	0	0	0
Ven	20/04/2018	0	0	0	0
Sab	21/04/2018	0	0	0	0
Dom	22/04/2018	0	0	0	0
Lun	23/04/2018	0	0	0	0
Mar	24/04/2018	0	0	0	0
Mer	25/04/2018	0	0	0	0
Gio	26/04/2018	0	0	0	0
<b>Totale (mm)</b>		<b>144,2</b>	<b>16,8</b>	<b>238,2</b>	<b>109,2</b>

**Campagna P14 18/3 - dal 28/06/2018 al 02/08/2018**

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Bolano	Comune
Gio	28/06/2018	0,4	0	0,2	0,6
Ven	29/06/2018	0	0	0	0
Sab	30/06/2018	0	0	0	0
Dom	01/07/2018	0	0	0	0
Lun	02/07/2018	0	0	0	0
Mar	03/07/2018	0	0	0	0
Mer	04/07/2018	5,8	0	0,6	4
Gio	05/07/2018	0	0	0	0
Ven	06/07/2018	0	0	0	0
Sab	07/07/2018	0	0	0	0
Dom	08/07/2018	0	0	0	0
Lun	09/07/2018	0	0	0	0
Mar	10/07/2018	0	0	0	0
Mer	11/07/2018	2,2	0	3,6	0
Gio	12/07/2018	0	17,6	0,6	0
Ven	13/07/2018	0	0	0	0
Sab	14/07/2018	0	0	0	0
Dom	15/07/2018	0	0	0	0
Lun	16/07/2018	0	0,2	0,2	0,2
Mar	17/07/2018	0	0	0	0
Mer	18/07/2018	0	0	0	0
Gio	19/07/2018	0	0	0	0
Ven	20/07/2018	0	0	0	0
Sab	21/07/2018	1,6	0	2,4	0
Dom	22/07/2018	0,8	0	0	1,8
Lun	23/07/2018	0	0	0	0
Mar	24/07/2018	0	0	0	0
Mer	25/07/2018	0	0	0	0
Gio	26/07/2018	0	0	0	0,2
Ven	27/07/2018	0	0	0	0
Sab	28/07/2018	0	1,4	0	8,6
Dom	29/07/2018	0,4	2,2	0	0
Lun	30/07/2018	0	0	0	0
Mar	31/07/2018	0	0	0	0
Mer	01/08/2018	0	0	0	0
Gio	02/08/2018	0	0	0	0
<b>Totale (mm)</b>		<b>11,2</b>	<b>21,4</b>	<b>7,6</b>	<b>15,4</b>

**Campagna P14 18/4 - dal 11/10/2018 al 06/11/2018**

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Bolano	Comune
Gio	11/10/2018	2,4	2,8	0	2,6
Ven	12/10/2018	0	0	0	0
Sab	13/10/2018	0	0	0	0
Dom	14/10/2018	0	0	0	0
Lun	15/10/2018	0	0	0	0
Mar	16/10/2018	0	0	0	0
Mer	17/10/2018	0,4	0,4	0	0,4
Gio	18/10/2018	0	0	0	0
Ven	19/10/2018	0	0	0	0
Sab	20/10/2018	0	0	0	0
Dom	21/10/2018	0	0	0	0
Lun	22/10/2018	0	0	0	0
Mar	23/10/2018	0	0	0	0
Mer	24/10/2018	0	0	0	0
Gio	25/10/2018	0	0	0	0
Ven	26/10/2018	7,8	3,4	0,2	3,6
Sab	27/10/2018	16,6	12,2	0	11,4
Dom	28/10/2018	46,4	29,6	0	36,2
Lun	29/10/2018	125,2	63,8	0,2	70,6
Mar	30/10/2018	6,6	4,2	0	3,8
Mer	31/10/2018	4,4	2,2	0	4
Gio	01/11/2018	22,6	26,8	0	24
Ven	02/11/2018	24,4	23	0	27,4
Sab	03/11/2018	0,4	1	0	0,2
Dom	04/11/2018	0	0,4	0	0
Lun	05/11/2018	1,4	0,2	0	0,6
Mar	06/11/2018	23,6	19,6	0	23,6
<b>Totale (mm)</b>		<b>282,2</b>	<b>189,6</b>	<b>0,4</b>	<b>208,4</b>

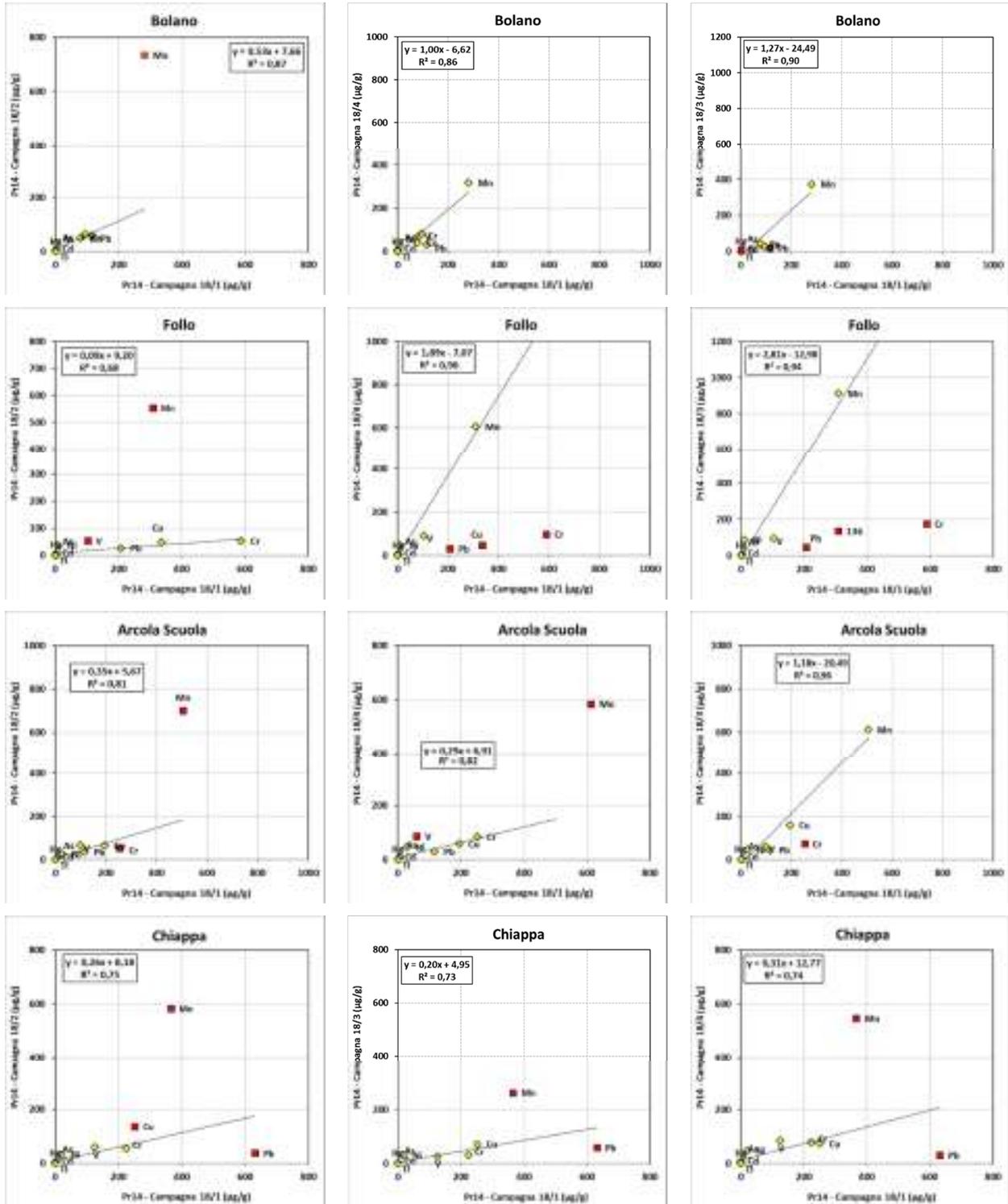
## APPENDICE 3

### CORRELAZIONE METALLI NELLE SINGOLE POSTAZIONI, DURANTE LE CAMPAGNE 2018

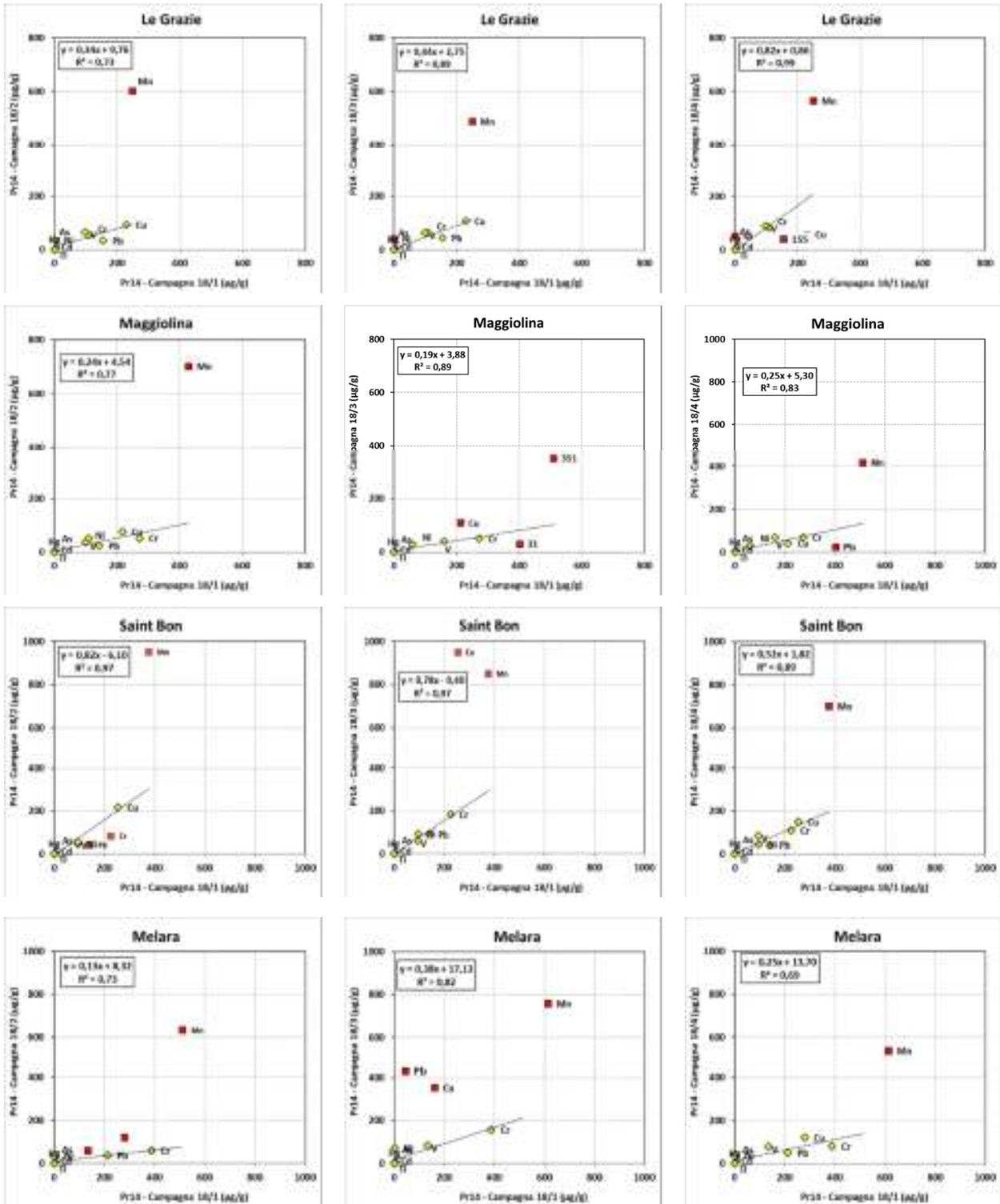
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107



Lo scopo dell'analisi è stato evidenziare possibili analogie nella composizione delle deposizioni tra un periodo di monitoraggio e l'altro, e valutare i metalli che si discostano sensibilmente da una correlazione lineare, evidenziandoli in rosso nelle figure.



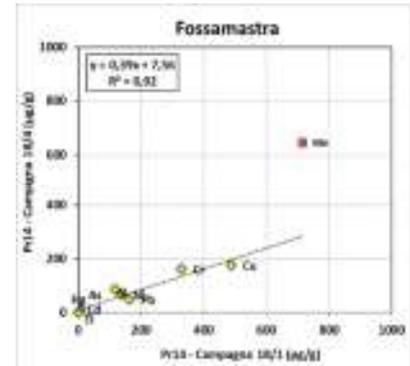
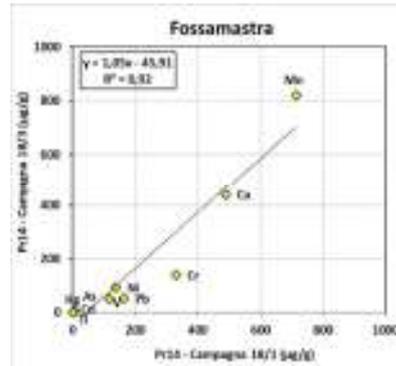
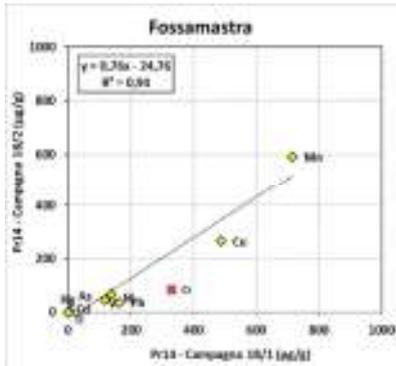
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107



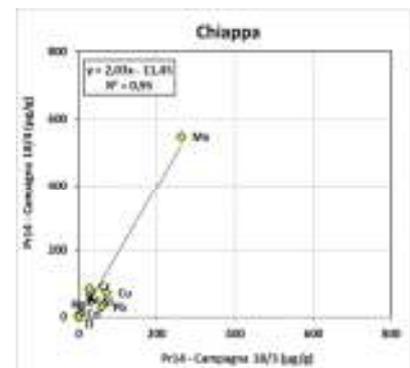
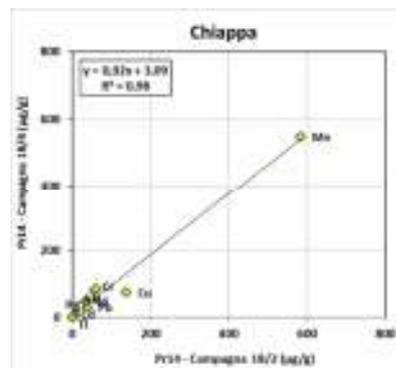
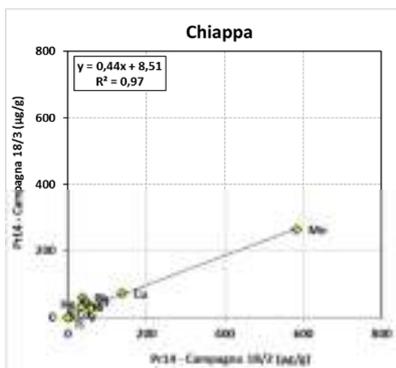
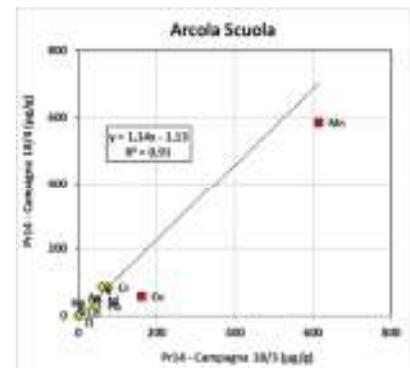
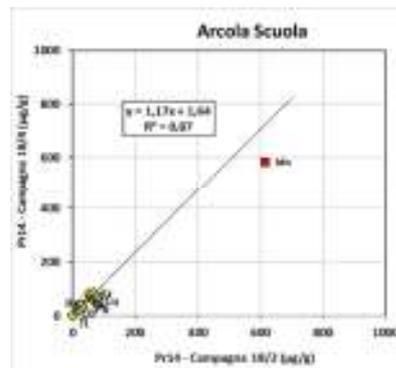
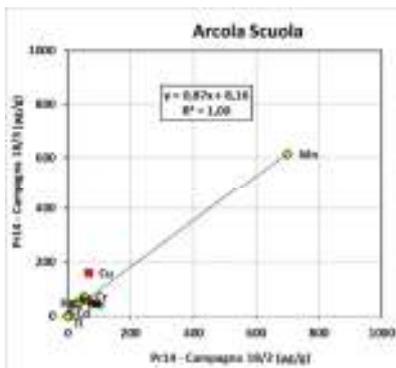
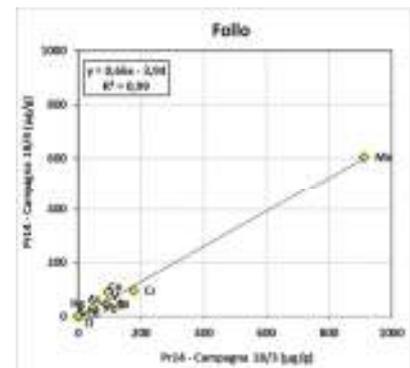
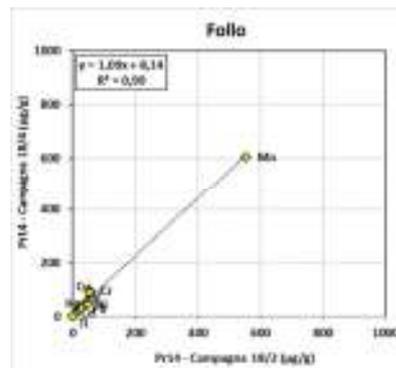
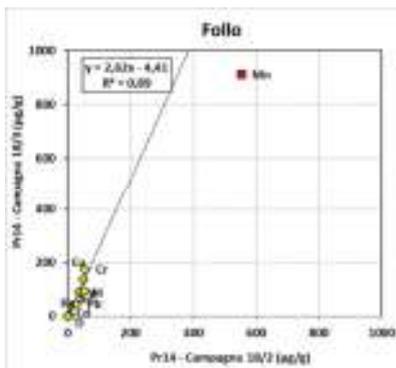
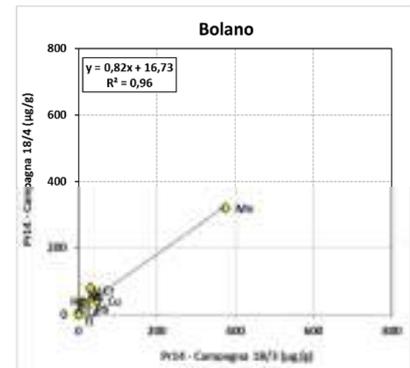
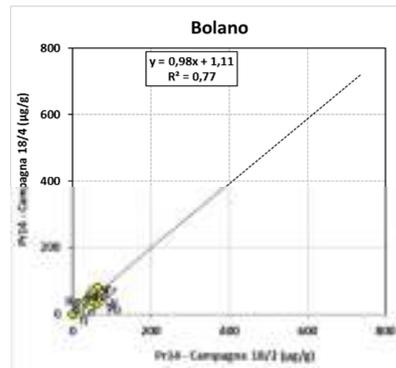
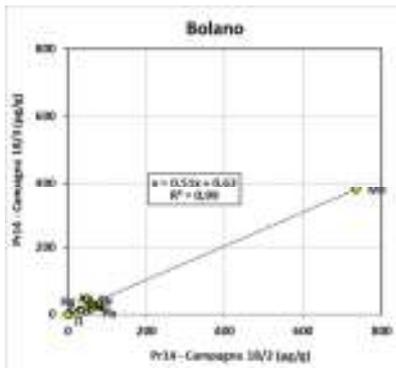
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali - U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

Member of ISO Federation

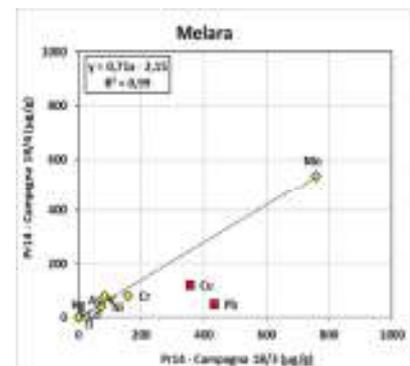
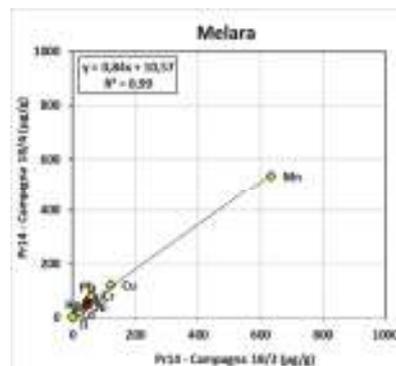
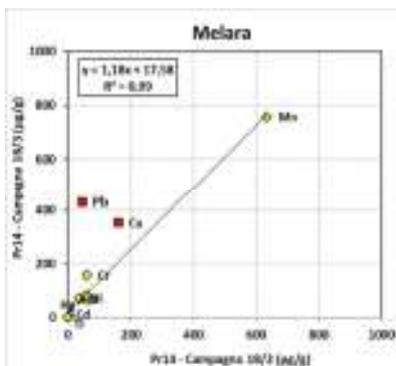
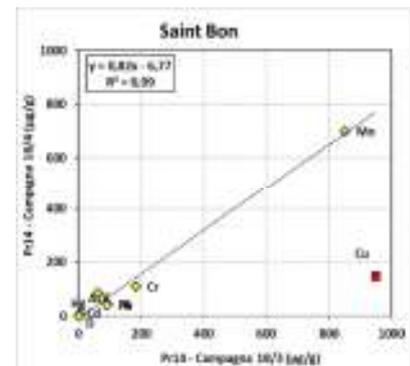
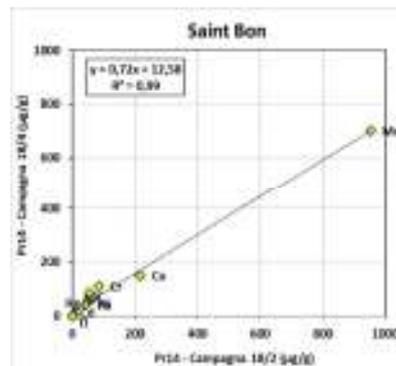
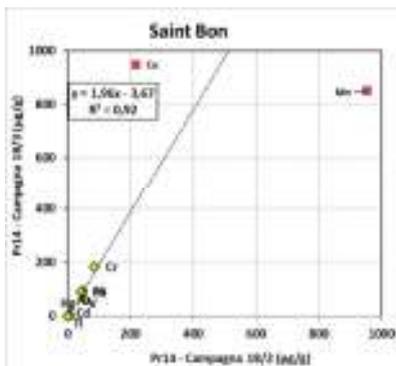
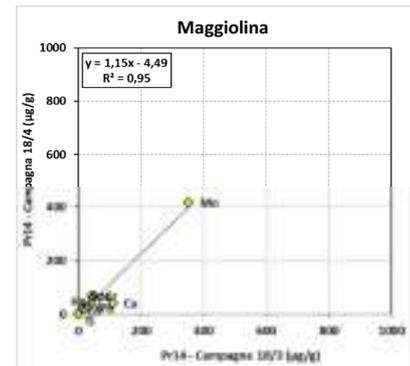
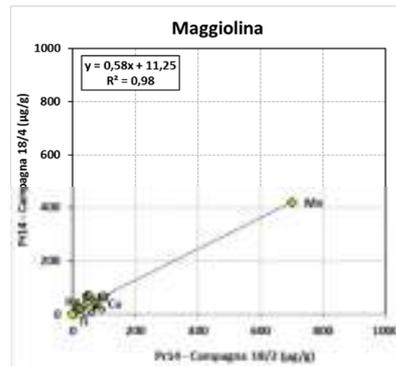
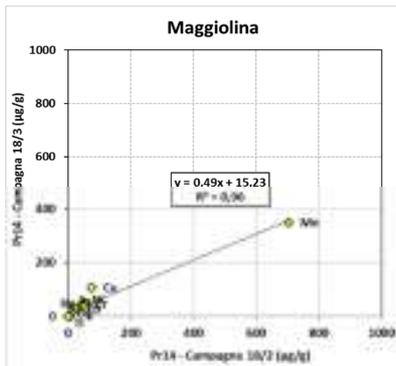
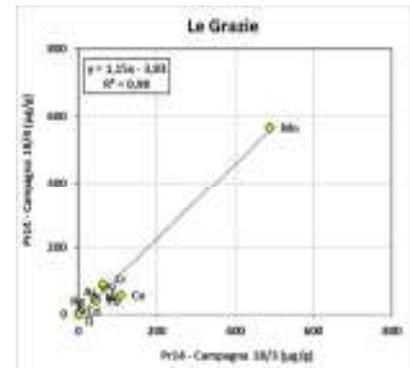
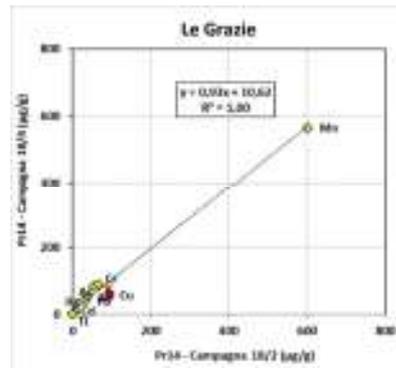
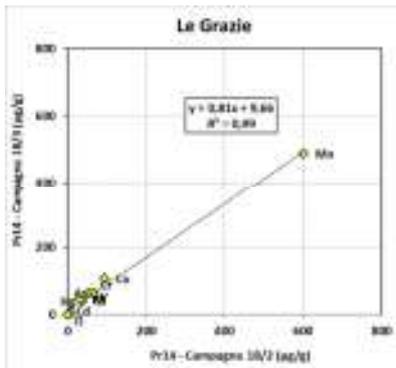




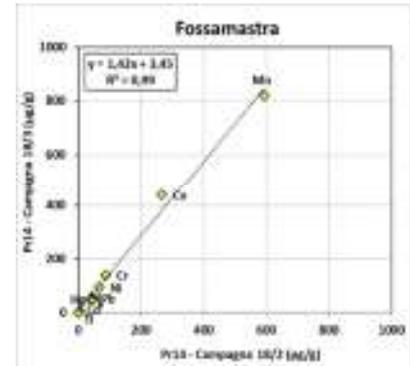
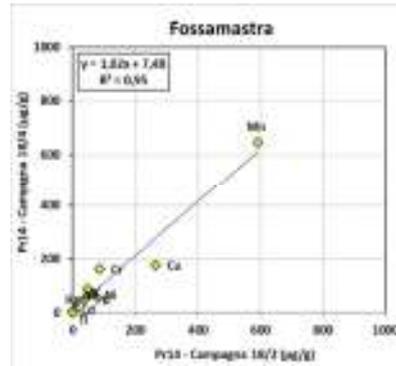
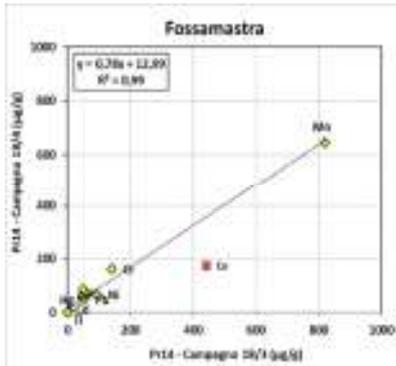
**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107



**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107



**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
 dai Rischi Naturali - U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107



**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Member of CISO Federation



## APPENDICE 5

### CONCENTRAZIONI DI PM10 NELLE POSTAZIONI DI CHIAPPA, LE GRAZIE E FOLLO

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107



I valori evidenziati in verde sono stati determinati gravimetricamente da ARPAL.  
 Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Campagna P14 18/1 - dal 18/01/2018 al 22/02/2018**

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Follo
Gio	18-gen-18	20	0	21
Ven	19-gen-18	23	27	30
Sab	20-gen-18	20	20	26
Dom	21-gen-18	16	18	14
Lun	22-gen-18	23	25	26
Mar	23-gen-18	21	20	25
Mer	24-gen-18	28	27	31
Gio	25-gen-18	27	28	30
Ven	26-gen-18	20	20	22
Sab	27-gen-18	18	23	23
Dom	28-gen-18	16	16	22
Lun	29-gen-18	18	17	22
Mar	30-gen-18	18	23	19
Mer	31-gen-18	16	16	21
Gio	01-feb-18	15	18	15
Ven	02-feb-18	10	8	7
Sab	03-feb-18	13	9	9
Dom	04-feb-18	10	9	12
Lun	05-feb-18	9	9	11
Mar	06-feb-18	9	8	6
Mer	07-feb-18	14	13	18
Gio	08-feb-18	18	21	23
Ven	09-feb-18	17	14	17
Sab	10-feb-18	18	18	19
Dom	11-feb-18	25	26	27
Lun	12-feb-18	16	13	13
Mar	13-feb-18	11	7	9
Mer	14-feb-18	11	11	13
Gio	15-feb-18	17	17	21
Ven	16-feb-18	28	11	28
Sab	17-feb-18	19	16	16
Dom	18-feb-18	9	8	8
Lun	19-feb-18	9	9	8
Mar	20-feb-18	13	12	13
Mer	21-feb-18	8	10	9
Gio	22-feb-18	5	5	5

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

**Campagna P14 18/2 - dal 29/03/2018 al 26/04/2018**

<b>Giorno Settimana</b>	<b>Data</b>	<b>Chiappa</b>	<b>Le Grazie</b>	<b>Follo</b>
<b>Gio</b>	29-mar-18	23	26	21
<b>Ven</b>	30-mar-18	27	31	28
<b>Sab</b>	31-mar-18	14	18	17
<b>Dom</b>	01-apr-18	11	14	15
<b>Lun</b>	02-apr-18	21	23	23
<b>Mar</b>	03-apr-18	23	23	24
<b>Mer</b>	04-apr-18	-	16	8
<b>Gio</b>	05-apr-18	26	31	28
<b>Ven</b>	06-apr-18	22	-	19
<b>Sab</b>	07-apr-18	17	14	15
<b>Dom</b>	08-apr-18	14	14	14
<b>Lun</b>	09-apr-18	13	11	12
<b>Mar</b>	10-apr-18	20	14	13
<b>Mer</b>	11-apr-18	13	15	14
<b>Gio</b>	12-apr-18	16	19	15
<b>Ven</b>	13-apr-18	10	11	11
<b>Sab</b>	14-apr-18	13	15	15
<b>Dom</b>	15-apr-18	29	28	28
<b>Lun</b>	16-apr-18	36	30	30
<b>Mar</b>	17-apr-18	33	32	32
<b>Mer</b>	18-apr-18	19	20	20
<b>Gio</b>	19-apr-18	20	19	19
<b>Ven</b>	20-apr-18	23	22	21
<b>Sab</b>	21-apr-18	19	19	24
<b>Dom</b>	22-apr-18	19	24	23
<b>Lun</b>	23-apr-18	27	29	31
<b>Mar</b>	24-apr-18	30	34	34
<b>Mer</b>	25-apr-18	29	31	32
<b>Gio</b>	26-apr-18	30	27	37

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

**Campagna P14 18/3 - dal 28/06/2018 al 01/08/2018**

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Follo
Gio	28-giu-18	15	10	14
Apr	29-giu-18	15	12	19
Mag	30-giu-18	16	15	19
Giu	01-lug-18	15	15	20
Lug	02-lug-18	13	16	21
Ago	03-lug-18	22	32	31
Set	04-lug-18	22	24	27
Ott	05-lug-18	25	25	29
Nov	06-lug-18	20	19	24
Dic	07-lug-18	15	19	4
Gen	08-lug-18	15	16	19
Feb	09-lug-18	17	18	22
Mar	10-lug-18	18	19	24
Apr	11-lug-18	31	31	30
Mag	12-lug-18	20	24	23
Giu	13-lug-18	17	24	21
Lug	14-lug-18	17	21	24
Ago	15-lug-18	20	21	23
Set	16-lug-18	21	23	27
Ott	17-lug-18	14	13	17
Nov	18-lug-18	17	20	24
Dic	19-lug-18	-	26	32
Gen	20-lug-18	23	24	25
Feb	21-lug-18	20	24	16
Mar	22-lug-18	21	24	26
Apr	23-lug-18	19	21	23
Mag	24-lug-18	17	18	22
Giu	25-lug-18	22	24	24
Lug	26-lug-18	21	25	26
Ago	27-lug-18	23	26	32
Set	28-lug-18	23	25	28
Ott	29-lug-18	28	30	32
Nov	30-lug-18	29	29	34
Dic	31-lug-18	20	23	28
Gen	01-ago-18	22	22	28

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

**Campagna P14 18/4 - dal 11/10/2018 al 14/11/2018**

Giorno Settimana	Data	Chiappa	Le Grazie	Follo
Gio	11-ott-18	19	13	19
Ven	12-ott-18	17	16	20
Sab	13-ott-18	19	19	22
Dom	14-ott-18	23	24	28
Lun	15-ott-18	30	28	35
Mar	16-ott-18	21	21	21
Mer	17-ott-18	14	13	13
Gio	18-ott-18	11	14	21
Ven	19-ott-18	29	25	30
Sab	20-ott-18	32	34	35
Dom	21-ott-18	25	26	29
Lun	22-ott-18	11	11	10
Mar	23-ott-18	17	13	19
Mer	24-ott-18	23	20	23
Gio	25-ott-18	22	24	30
Ven	26-ott-18	21	20	26
Sab	27-ott-18	29	26	23
Dom	28-ott-18	27	31	-
Lun	29-ott-18	-	48	-
Mar	30-ott-18	17	18	-
Mer	31-ott-18	11	13	15
Gio	01-nov-18	23	23	27
Ven	02-nov-18	18	21	22
Sab	03-nov-18	11	13	10
Dom	04-nov-18	18	19	15
Lun	05-nov-18	17	17	11
Mar	06-nov-18	15	17	14
Mer	07-nov-18	14	12	8
Gio	08-nov-18	17	14	17
Ven	09-nov-18	21	22	18
Sab	10-nov-18	20	19	17
Dom	11-nov-18	17	20	15
Lun	12-nov-18	23	23	20
Mar	13-nov-18	24	26	23

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**

 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

## APPENDICE 5

### DESCRIZIONE DELLE POSTAZIONI

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

<b>Postazione</b>	<b>BOLANO - BL</b>
<b>Tipologia</b>	<b>fondo suburbano</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44°11'19.87"N - 9°53'52.21"E - 340 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (*)</b>	<b>metalli – IPA – PCB d/ – Diossine – specie ioniche - meteo</b>



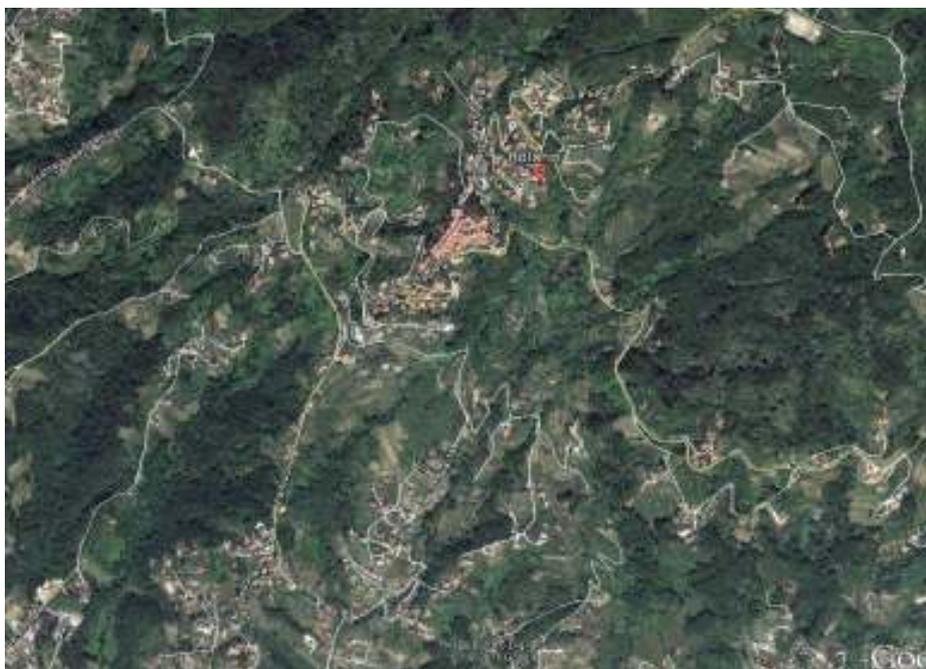
#### Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è ai margini del piazzale del cimitero.

Il sito dal punto di vista orografico è aperto per le direzioni dei venti che vanno da W a E passando per S, mentre a N la collina si alza per circa ulteriori 100 m fino allo spartiacque tra bacino del Vara e del Magra

A S si segnala la presenza di un filare di alberi ad alto fusto perenni; a meno di 20 m hanno inizio i primi terreni prevalentemente coltivati ad ulivo.

A circa 600 m, in direzione S-SE e ad una quota di 275 m, è posta la postazione della RQA di Bolano presso la quale non è stato possibile posizionare la strumentazione integrativa a causa del ridotto spazio disponibile in prossimità della cabina e della folta vegetazione circostante.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro organici (*)</b>	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in Pirex
<b>Deposimetro inorganici (*)</b>	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in plastica
<b>Temperatura aria</b>	LASTEM	-	-	
<b>Umidità relativa</b>	LASTEM	-	-	
<b>Radiazione solare globale</b>	LASTEM	-	-	
<b>Precipitazione</b>	LASTEM	-	-	
<b>Pressione atmosferica</b>	LASTEM	-	-	
<b>Velocità e direzione vento</b>	LASTEM	-	-	su palo a 10 m

(\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

<b>Postazione</b>	<b>CHIAPPA - CH</b>
<b>Tipologia</b>	<b>fondo suburbano</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 7'23.11"N - 9°48'5.06"E - 65 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (*)</b>	<b>metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche – PM10 – EC/OC - levoglucosano - meteo</b>



#### Note caratteristiche del sito

La strumentazione integrativa è stata collocata in adiacenza alla postazione della RQA e circondata da apposita recinzione.

Il sito di misura è all'interno del giardino della scuola materna, posta quasi al centro della valle che dalla zona W della città si eleva fino al valico della Foce della Spezia. La postazione è circondata da terreni prevalentemente coltivati ad ulivo con presenza di cespugli nelle immediate vicinanze che comunque non disturbano in modo significativo la misura.

La zona è caratterizzata prevalentemente da insediamenti di tipo residenziale con la principale attività costituita da una fonderia, posta a S, ad una distanza di circa 300 m.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro organici (*)</b>	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in Pyrex
<b>Deposimetro inorganici (*)</b>	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in plastica
<b>Temperatura aria</b>	LASTEM	-	-	
<b>PM10 (*)</b>	TECORA	-	-	
<b>Umidità relativa</b>	LASTEM	-	-	
<b>Umidità relativa</b>	LASTEM	-	-	
<b>Radiazione solare</b>	LASTEM	-	-	
<b>Precipitazione</b>	LASTEM	-	-	
<b>Pressione atmosferica</b>	LASTEM	-	-	
<b>Velocità e direzione vento</b>	GILL	-	-	sonico, su palo a 10 m

(\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

<b>Postazione</b>	<b>FOLLO - FL</b>
<b>Tipologia</b>	<b>fondo suburbano</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 9'53.39"N - 9°51'1.83"E - 220 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (*)</b>	<b>metalli – IPA – PCB d/ – Diossine – specie ioniche – PM10 – EC/OC - levoglucosano - meteo</b>



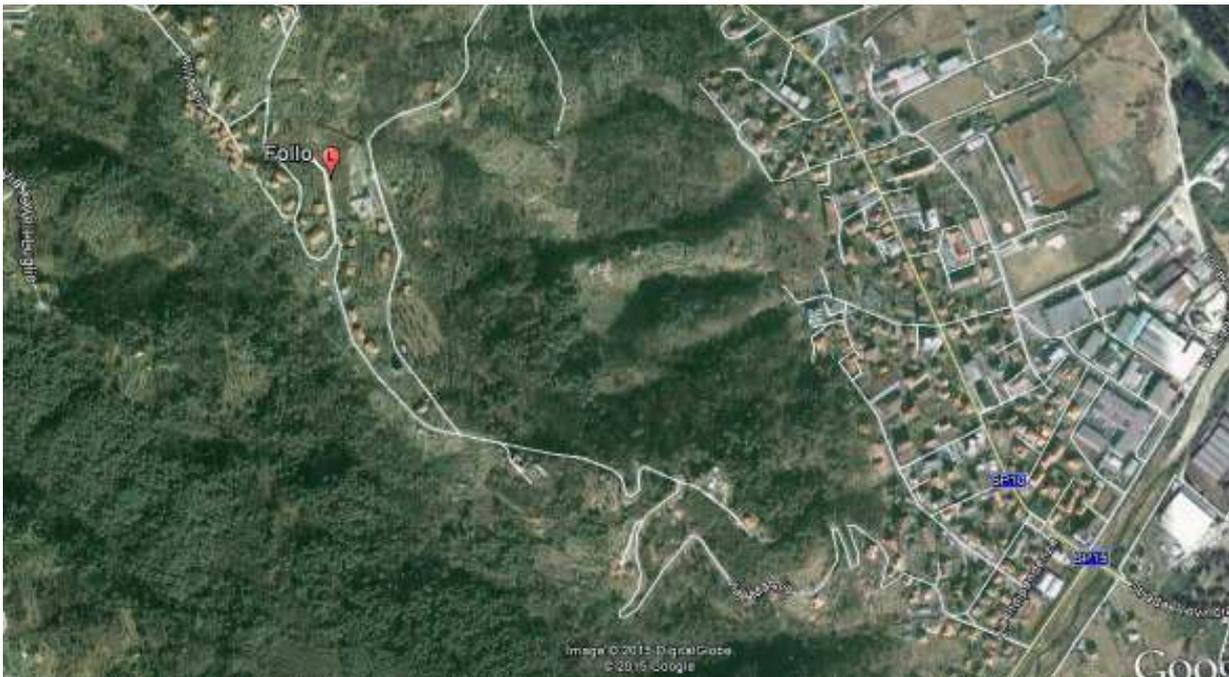
#### Note caratteristiche del sito

La strumentazione integrativa è stata collocata sul tetto di una cabina di ENEL Distribuzione, resa opportunamente accessibile allo scopo del monitoraggio.

Il sito di misura è posto nella valle del Fiume Vara in prossimità del crinale, senza alcuna criticità significativa dal punto di vista di eventuali ostacoli limitrofi; è circondato da terreni parzialmente coltivati.

La zona è caratterizzata dalla presenza di un recente insediamento abitativo e sovrasta la vallata dove vi sono numerose attività produttive, site comunque ad una distanza di circa 1 km e ad una quota inferiore di circa 200 m.

Il sito è circa 50 m a monte del punto dove era operativa fino a giugno 2013 la postazione della RQA, postazione che è stata temporaneamente dimessa per motivi di sicurezza.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro organici (*)</b>	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in Pirex
<b>Deposimetro inorganici (*)</b>	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in plastica
<b>Temperatura aria</b>	LASTEM	-	-	
<b>Velocità e direzione vento</b>	LASTEM	-	-	su palo a 4 m
<b>PM10 (*)</b>	TECORA	-	-	

(\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

<b>Postazione</b>	<b>MELARA – ME</b>
<b>Tipologia</b>	<b>fondo urbano</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 7'1.75"N - 9°52'38.03"E – 20 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (*)</b>	<b>metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche</b>



#### Note caratteristiche del sito

Il sito di misura si trova nel parcheggio della scuola comunale dell'infanzia Acchiappasogni, lungo le pendici della collina di Melara; presenta in direzione Sud (dunque lungo la direzione dei venti prevalenti) a circa 50 m l'Aurelia, a 150 m il raccordo autostradale e a poco più di 500 il camino della centrale, nonché il resto della zona industriale.

In direzione Nord a circa 150 m è presente la ferrovia Torino-Roma. Gli edifici circostanti sono al più di due piani e non rappresentano dunque un ostacolo significativo, rendendo pertanto il sito adeguatamente rappresentativo dell'intera zona.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro organici (*)</b>	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in Pirex
<b>Deposimetro inorganici (*)</b>	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in plastica

(\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

<b>Postazione</b>	<b>FOSSAMAISTRA BYPASS - FS</b>
<b>Tipologia</b>	<b>industriale urbana</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 6'18.11"N - 9°51'26.07"E - 2 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (*)</b>	<b>metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche</b>
<b>Parametri monitorati (**)</b>	<b>metalli – EC/OC – Presenza Carbone con SEM-PTS</b>



#### Note caratteristiche del sito

Il sito di misura è posto in corrispondenza del sistema di bypass di Viale San Bartolomeo della linea di movimentazione del carbone, a circa 15 m dal centro dell'incrocio tra via Privata Enel e Viale S. Bartolomeo in una zona caratterizzata da intenso traffico veicolare, soprattutto di mezzi pesanti.

In direzione N – NE, a circa 10 m, è presente un edificio alto poco meno di 10 m ed alcuni alberi ad alto fusto, questi ultimi comunque fuori dal cono di possibile influenza.

Nel raggio di circa 200 m si segnalano varie attività, le principali: movimentazione container e carbone (con attracco di navi mercantili) darsena con attività di cantieristica; la maggior parte dei terreni in questo raggio risultano asfaltati.

A circa 25 m direzione N è presente la postazione RQA di Fossamastra.

Si segnala che nelle campagne 2014-2015 il deposimetro di Fossamastra era posizionato a circa 6 metri di altezza sul tetto del fabbricato in cemento (a partire dal 2016 denominato **Fossamastra-ALTO**)

A partire dalle campagne del 2016 si è deciso, per uniformità con i deposimetri delle altre postazioni, di posizionare un ulteriore deposimetro a circa 2 m di altezza (denominato **Fossamastra-BASSO**) e di utilizzare, a partire dall'anno sopracitato, questo deposimetro per le valutazioni nell'ambito delle attività relative alle Prescrizioni 14 e 18.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro organici (*)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in Pirex
<b>Deposimetro in-organici (*)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
<b>Deposimetro in-organici (**)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica
<b>Campionatore PTS (**)</b>	TECORA			
<b>Conta-traffico (**)</b>	-	-	-	su v.le S. Bartolomeo e su via Privata ENEL

(\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

(\*\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 18

<b>Postazione</b>	<b>SAINT BON – SB</b>
<b>Tipologia</b>	<b>traffico urbana</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 6'36.64"N - 9°48'57.21"E - 15 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (*)</b>	<b>metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche</b>



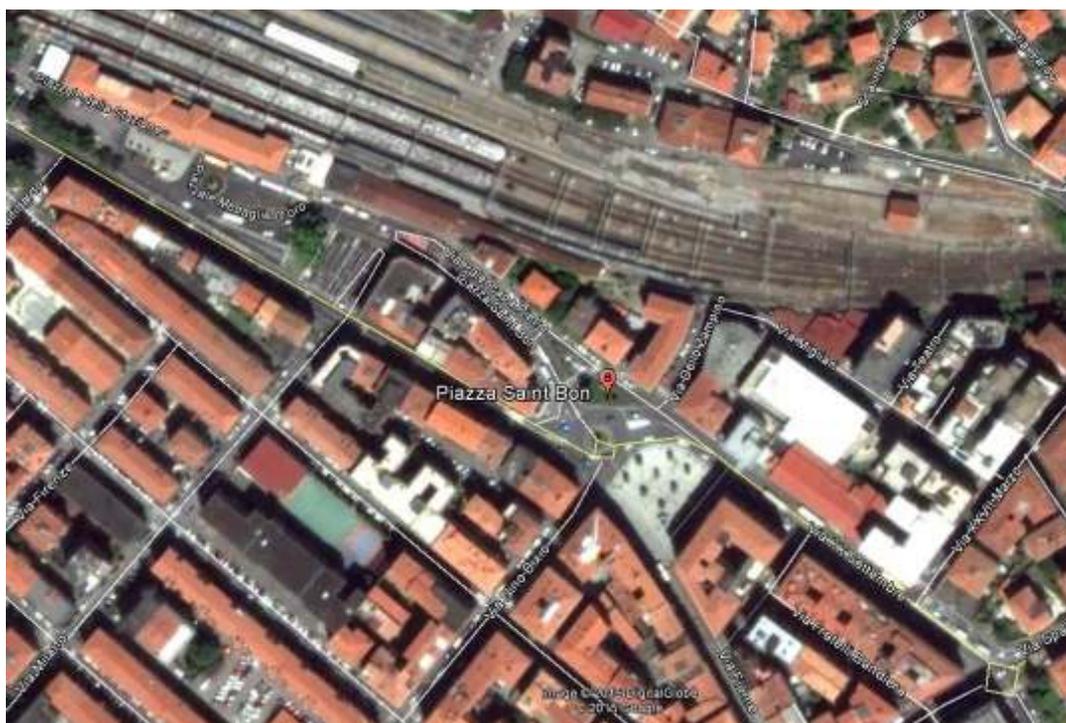
#### Note caratteristiche del sito

La strumentazione integrativa è stata collocata in adiacenza alla postazione della RQA, all'interno di una recinzione realizzata ad hoc.

La postazione è a circa 20 m dal centro della rotonda di piazza Saint Bon (caratterizzata da intenso traffico veicolare), in posizione lievemente rialzata rispetto alla rotonda stessa; lungo l'adiacente via Paleocapa ha luogo il transito di numerosi mezzi pubblici con motori spesso a piena potenza.

Si segnala la presenza a pochi metri di un albero ad alto fusto che potrebbe agire da lieve elemento perturbante nel campionamento con deposimetri.

A circa 100 m di distanza si trova la stazione FFSS della Spezia Centrale.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro organici (*)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in Pirex
<b>Deposimetro inorganici (*)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica

(\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

<b>Postazione</b>	<b>PARCO DELLA MAGGIOLINA – MG</b>
<b>Tipologia</b>	<b>fondo urbano</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 6'57.32"N - 9°50'37.70"E - 6 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (*)</b>	<b>metalli – IPA – PCB dl – Diossine – specie ioniche - meteo</b>



#### Note caratteristiche del sito

La strumentazione integrativa è stata collocata in adiacenza alla postazione della RQA, all'interno dell'esistente recinzione.

La postazione è circondata da terreni erbosi adibiti nella zona W ad area attrezzata per sgambatura cani. Un filare di alberi ad alto fusto ad Est, comunque parzialmente interrotto proprio in corrispondenza della cabina, può agire da parziale elemento perturbante.

Si segnala già a meno di 50 m la presenza di una via abbastanza trafficata (via Prosperi), e a S, lungo la direzione dei venti prevalenti, a meno di 300 m, via Carducci (strada ad intenso flusso veicolare) e a poco più di 500 m l'area del porto commerciale.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro organici (*)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in Pirex
<b>Deposimetro inorganici (*)</b>	Analitica srl		-	imbuto e bottiglia in plastica

(\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

<b>Postazione</b>	<b>LE GRAZIE – LG</b>
<b>Tipologia</b>	<b>fondo suburbano</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44° 3'52.45"N - 9°50'25.54"E - 15 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (*)</b>	<b>metalli – IPA – PCB d/ – Diossine – specie ioniche – PM10 – EC/OC - levoglucosano - meteo</b>



#### Note caratteristiche del sito

La strumentazione integrativa è stata collocata in adiacenza alla postazione della RQA.

Il punto di misura è all'interno di un sito gestito da ACAM Acque e dal punto di vista orografico è posto sul crinale che divide il seno di Le Grazie da quello del Varignano, in corrispondenza di un piccola sella.

La zona è caratterizzata ai bassi livelli da un regime anemologico prevalente da SW dovuto alle termiche che si instaurano nella valle tra Monte Castellana e Muzzerone.

La postazione è circondata da terreni prevalentemente coltivati ad ulivo ed è caratterizzata da scarsa presenza abitativa, con una modesta attività di cantieristica a N (a circa 300 m), e a SE (a circa 200 m), la presenza della base militare del Varignano.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro organici (*)</b>	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in Pirex
<b>Deposimetro inorganici (*)</b>	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in plastica
<b>Temperatura aria</b>	LASTEM	-	-	
<b>PM10 (*)</b>	TECORA	-	-	
<b>Umidità relativa</b>	LASTEM	-	-	
<b>Umidità relativa</b>	LASTEM	-	-	
<b>Radiazione solare globale/netta</b>	LASTEM	-	-	
<b>Precipitazione</b>	LASTEM	-	-	
<b>Pressione atmosferica</b>	LASTEM	-	-	
<b>Velocità e direzione vento</b>	LASTEM	-	-	su palo a 10 m

(\*) Monitoraggio nell'ambito della Prescrizione 14

<b>Postazione</b>	<b>Scuola di Baccano di ARCOLA – AR</b>
<b>Tipologia</b>	<b>fondo suburbano</b>
<b>Coordinate-quota</b>	<b>44.111165°- 9.897212°- 135 m slm</b>
<b>Parametri monitorati (*)</b>	<b>metalli – IPA – PCB <i>d/l</i> – Diossine</b>



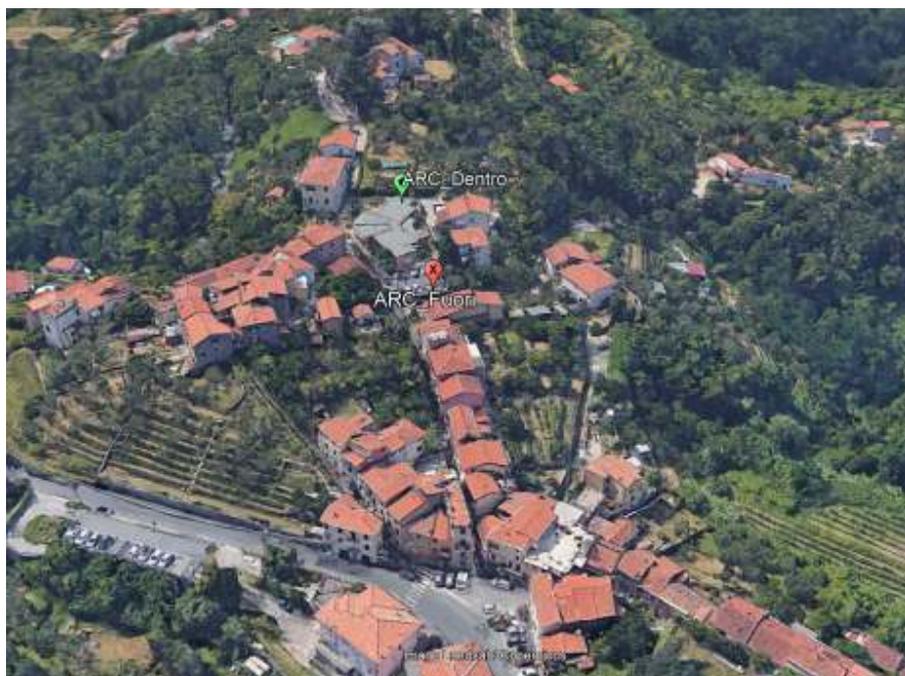
#### **Note caratteristiche del sito**

Il sito di misura è posto all'interno del giardino della scuola primaria di Baccano, in prossimità dello spartiacque tra Golfo e Valle del Magra, ad una distanza inferiore a 50 m dal punto di misura posto nel piazzale, in direzione N.

Il sito è sufficientemente aperto specie per le direzioni di vento da W; si segnala in direzione N la presenza di un parziale ostacolo costituito dall'edificio scolastico.

Nell'intorno si segnala la presenza di terreni coltivati.

Nella mappa sottostante è evidenziato in rosso il sito utilizzato fino al 2018 ed in verde quello attuale.



	marca	modello	S/N	note
<b>Deposimetro organici (*)</b>	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in Pirex
<b>Deposimetro inorganici (*)</b>	Analitica srl	-	-	imbuto e bottiglia in plastica

(\*) Monitoraggio integrativo realizzato nell'ambito della Prescrizione 14

## APPENDICE 6

### TABELLE DI SINTESI DEPOSIZIONE E COMPOSIZIONE 2014÷2018

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107



## A.6.1. APPENDICE - Rateo delle polveri nelle deposizioni e precipitazione cumulata (2014 – 2018)

Postazione	Anno	Campagna	Rateo delle polveri [mg/m2/d]	Precipitazione cumulata [mm]
Bolano	2014	P14 14/0	19	41
		P14 14/1	34	126
		P14 14/2	13	44
	2015	P14 15/1	26	207
		P14 15/2	24	80
		P14 15/3	23	1
		P14 15/4	40	244
	2016	P14 16/1	41	179
		P14 16/2	48	46
		P14 16/3	70	30
	2017	P14 16/4	28	37
		P14 17/1	12	312
		P14 17/2	29	80
		P14 17/3	29	13
	2018	P14 17/4	16	2
		P14 18/1	8	133
P14 18/2		84	233	
P14 18/3		145	76	
Follo	2014	P14 14/0	32	49
		P14 14/1	27	84
		P14 14/2	7	70
	2015	P14 15/1	5	162
		P14 15/2	26	63
		P14 15/3	10	0
		P14 15/4	47	258
	2016	P14 16/1	21	142
		P14 16/2	62	63
		P14 16/3	31	2
	2017	P14 16/4	14	21
		P14 17/1	12	357
		P14 17/2	30	90
		P14 17/3	27	3
	2018	P14 17/4	9	3
		P14 18/1	9	170
P14 18/2		109	202	
P14 18/3		30	6	
Arcola	2014	P14 14/0	22	40
		P14 14/1	66	142
		P14 14/2	13	19
	2015	P14 15/1	12	155
		P14 15/2	29	78
		P14 15/3	19	0
		P14 15/4	38	291
	2016	P14 16/1	38	141
		P14 16/2	51	83
		P14 16/3	27	0
	2017	P14 16/4	24	43
		P14 17/1	12	280
		P14 17/2	32	66
		P14 17/3	24	0
	2018	P14 17/4	12	2
		P14 18/1	10	91
P14 18/2		58	162	
P14 18/3		36	6	
Le Grazie	2014	P14 14/0	31	21
		P14 14/1	7	182
		P14 14/2	18	8
	2015	P14 15/1	12	154
		P14 15/2	22	80
		P14 15/3	15	0
		P14 15/4	32	136
	2016	P14 16/1	24	123
		P14 16/2	38	91

Postazione	Anno	Campagna	Rateo delle polveri (µg/m <sup>2</sup> /d)	Precipitazione cumulata (mm)
Chiappa	2017	P14 16/3	33	0
		P14 16/4	22	2
		P14 17/1	11	198
		P14 17/2	43	64
	2018	P14 17/3	24	0
		P14 17/4	16	3
		P14 18/1	10	116
		P14 18/2	73	110
	2014	P14 18/3	35	5
		P14 18/4	322	227
		P14 14/0	22	28
		P14 14/1	29	125
2015	P14 14/2	15	30	
	P14 15/1	11	170	
	P14 15/2	17	98	
	P14 15/3	17	0	
2016	P14 15/4	29	283	
	P14 16/1	35	169	
	P14 16/2	50	76	
	P14 16/3	28	1	
2017	P14 16/4	44	68	
	P14 17/1	12	357	
	P14 17/2	30	89	
	P14 17/3	14	0	
2018	P14 17/4	33	2	
	P14 18/1	11	148	
	P14 18/2	87	140	
	P14 18/3	76	6	
2014	P14 18/4	464	306	
	P14 14/0	24	22	
	P14 14/1	77	148	
	P14 14/2	27	16	
2015	P14 15/1	22	188	
	P14 15/2	156	75	
	P14 15/3	28	0	
	P14 15/4	59	222	
2016	P14 16/1	40	144	
	P14 16/2	58	87	
	P14 16/3	35	0	
	P14 16/4	31	71	
2017	P14 17/1	19	315	
	P14 17/2	39	70	
	P14 17/3	37	0	
	P14 17/4	20	2	
2018	P14 18/1	14	140	
	P14 18/2	104	149	
	P14 18/3	71	6	
	P14 18/4	430	227	
2014	P14 14/0	39	25	
	P14 14/1	15	146	
	P14 14/2	29	20	
	P14 15/1	62	203	
2015	P14 15/2	67	106	
	P14 15/3	62	0	
	P14 15/4	59	241	
	P14 16/1	54	156	
2016	P14 16/2	70	83	
	P14 16/3	46	0	
	P14 16/4	48	48	
	P14 17/1	34	347	
2017	P14 17/2	49	64	
	P14 17/3	45	0	
	P14 17/4	34	2	
	P14 18/1	26	128	
2018	P14 18/2	104	118	
	P14 18/3	64	10	
	P14 18/4	441	263	
	2014	P14 14/0	137	23
P14 14/1		195	140	
P14 14/2		54	9	
P14 15/1		171	155	
2015	P14 15/2	174	78	
	P14 15/3	135	0	

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

Postazione	Anno	Campagna	Rateo delle polveri (µg/m <sup>2</sup> /d)	Precipitazione cumulata (mm)	
	2016	P14 15/4	137	211	
		P14 16/1	200	136	
		P14 16/2	151	77	
		P14 16/3	143	0	
	2017	P14 16/4	122	45	
		P14 17/1	132	263	
		P14 17/2	119	70	
		P14 17/3	137	0	
	2018	P14 17/4	96	2	
		P14 18/1	109	133	
		P14 18/2	158	117	
		P14 18/3	139	7	
	Melara	2015	P14 18/4	498	253
			P14 15/3	18	0
		2016	P14 15/4	32	263
			P14 16/1	33	127
P14 16/2			52	74	
P14 16/3			28	0	
2017		P14 16/4	57	112	
		P14 17/1	16	257	
		P14 17/2	33	68	
		P14 17/3	23	0	
2018		P14 17/4	11	2	
		P14 18/1	10	109	
		P14 18/2	97	131	
		P14 18/3	22	6	
			P14 18/4	349	264

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

## A.6.2. APPENDICE - Rateo dei metalli nelle deposizioni (2014 – 2018)

Rateo dei metalli nelle deposizioni – [µg/m <sup>2</sup> /d]													
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V	
Bolano	2014	P14 14/0	0,15	0,024	0,008	0,012	1,91	1,11	2,56	2,34	14,80	1,33	
		P14 14/1	0,13	0,033	0,019	0,010	7,77	1,61	2,15	3,14	9,46	1,47	
		P14 14/2	0,08	0,005	0,014	0,004	2,43	0,70	0,78	1,86	3,43	0,83	
	2015	P14 15/1	0,13	0,009	0,008	0,005	3,88	2,25	2,44	3,84	11,55	1,85	
		P14 15/2	0,10	0,012	0,012	0,004	0,73	1,32	1,18	2,30	7,44	1,33	
		P14 15/3	0,09	0,010	0,041	0,005	6,73	1,14	0,82	2,58	11,44	1,19	
	2016	P14 15/4	0,22	0,054	0,029	0,004	0,07	0,01	2,86	3,65	13,50	1,97	
		P14 16/1	0,23	0,127	0,004	0,004	8,14	7,43	3,07	3,19	27,43	3,22	
		P14 16/2	0,16	0,022	0,008	0,005	3,19	1,82	1,63	3,25	21,97	2,37	
	2017	P14 16/3	0,14	0,021	0,113	0,005	11,09	8,68	1,77	4,57	46,28	3,56	
		P14 16/4	0,09	0,012	0,004	0,004	2,82	1,16	1,53	3,34	17,53	1,59	
		P14 17/1	0,04	0,004	0,009	0,004	1,78	1,52	2,15	1,62	11,04	1,25	
	2018	P14 17/2	0,12	0,016	0,003	0,005	3,45	0,79	1,80	2,88	16,32	1,79	
		P14 17/3	0,12	0,012	0,002	0,004	2,87	0,01	1,41	2,74	29,63	2,09	
		P14 17/4	0,11	0,005	0,002	0,005	2,67	0,36	1,25	3,24	11,40	1,43	
	2018	P14 18/1	<0,01	<0,008	0,010	<0,01	0,71	<0,01	0,98	0,66	2,38	0,80	
		P14 18/2	0,51	0,029	<0,010	<0,01	4,45	2,65	5,17	4,18	61,92	5,41	
		P14 18/3	0,32	0,020	<0,008	<0,01	4,90	1,65	2,58	6,58	54,34	4,41	
		P14 18/4	2,08	0,041	<0,011	<0,01	20,53	10,96	8,59	11,38	90,21	23,07	
	Follo	2014	P14 14/0	0,15	0,024	0,006	0,012	10,41	3,80	2,38	3,79	16,82	2,31
			P14 14/1	0,17	0,025	0,008	0,008	12,52	1,62	2,50	2,44	11,16	1,87
			P14 14/2	0,06	0,017	0,006	0,004	4,04	0,58	0,60	0,94	2,69	0,77
		2015	P14 15/1	0,02	0,005	0,005	0,005	1,00	0,41	0,78	0,02	2,03	0,46
			P14 15/2	0,12	0,012	0,017	0,008	4,49	2,62	1,82	3,45	11,50	2,14
P14 15/3			0,05	0,004	0,012	0,004	2,94	0,73	2,23	0,97	4,97	0,85	
2016		P14 15/4	0,28	0,058	0,004	0,010	0,69	0,01	3,94	5,18	23,23	3,31	
		P14 16/1	0,17	0,008	0,017	0,004	4,17	4,82	2,18	2,43	15,13	2,09	
		P14 16/2	0,26	0,030	0,010	0,005	5,69	3,02	3,40	11,95	31,73	3,78	
2017		P14 16/3	0,16	0,013	0,028	0,008	9,81	3,51	1,16	3,39	32,22	2,92	
		P14 16/4	0,06	0,008	0,004	0,004	3,73	1,44	0,68	1,61	10,95	1,23	
		P14 17/1	0,02	0,004	0,004	0,004	3,27	1,60	1,77	1,29	7,11	1,41	
2018		P14 17/2	0,19	0,025	0,005	0,005	3,22	1,11	2,67	3,30	18,58	2,18	
		P14 17/3	0,16	0,012	0,002	0,004	3,45	1,11	1,23	3,54	23,65	2,28	
		P14 17/4	0,07	0,005	0,002	0,005	1,73	0,33	0,76	1,94	8,86	1,09	
2018		P14 18/1	0,02	<0,008	0,015	<0,01	5,58	0,08	1,97	3,18	2,93	0,98	
		P14 18/2	0,64	0,024	<0,010	<0,01	5,76	4,01	2,85	5,31	59,97	5,78	
		P14 18/3	0,20	0,013	<0,008	<0,01	5,36	2,73	1,42	4,15	27,91	2,90	
		P14 18/4	3,32	0,129	0,018	<0,01	36,28	17,02	11,62	17,41	226,07	34,11	
Arcola		2014	P14 14/0	0,23	0,024	0,006	0,012	2,93	1,35	31,70	3,60	7,56	0,69
			P14 14/1	0,30	0,081	0,028	0,108	11,73	2,93	64,72	5,61	19,61	3,29
			P14 14/2	0,09	0,017	0,009	0,018	3,25	0,96	31,04	2,64	3,29	0,82
		2015	P14 15/1	0,08	0,008	0,008	0,007	2,36	0,80	10,66	1,77	5,98	0,95
			P14 15/2	0,21	0,023	0,034	0,040	8,17	1,72	17,14	4,65	9,42	1,27
	P14 15/3		0,11	0,019	0,038	0,015	4,08	1,43	24,50	3,69	8,05	1,11	
	2016	P14 15/4	0,30	0,040	0,020	0,031	0,07	0,01	65,18	7,10	16,18	2,92	
		P14 16/1	0,25	0,024	0,010	0,020	5,52	2,97	17,06	5,24	22,92	2,67	
		P14 16/2	0,23	0,026	0,007	0,071	4,27	2,35	43,28	6,26	23,11	2,90	
	2017	P14 16/3	0,13	0,018	0,039	0,006	4,21	2,12	2,12	4,71	16,03	1,73	
		P14 16/4	0,18	0,015	0,056	0,036	6,57	2,45	17,89	5,04	13,52	1,63	
		P14 17/1	0,05	0,004	0,009	0,004	2,66	1,61	11,20	4,19	5,89	1,25	
	2018	P14 17/2	0,10	0,005	0,003	0,005	1,82	0,49	5,01	2,97	10,88	1,64	
		P14 17/3	0,11	0,009	0,002	0,004	3,20	1,68	1,70	4,41	13,98	1,52	
		P14 17/4	0,09	0,005	0,002	0,005	1,65	0,01	7,25	4,15	5,25	0,82	
	2018	P14 18/1	0,05	<0,008	<0,008	<0,01	2,58	0,28	1,18	1,98	5,14	1,00	
		P14 18/2	0,39	0,023	<0,010	<0,01	3,06	1,48	2,09	3,85	40,82	3,92	
		P14 18/3	0,13	0,017	<0,008	<0,01	2,20	1,41	1,35	4,84	18,43	1,80	
		P14 18/4	2,60	0,084	<0,011	<0,01	26,53	14,46	9,29	18,44	184,69	27,33	
	Le Grazie	2014	P14 14/0	0,11	0,024	0,011	0,012	6,70	2,09	3,77	6,03	12,22	1,74
			P14 14/1	0,05	0,011	0,014	0,005	3,09	0,67	0,78	1,02	2,93	0,48

		Rateo dei metalli nelle deposizioni – [µg/m <sup>2</sup> /d]										
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Chiappa	2015	P14 14/2	0,12	0,016	0,009	0,004	6,70	1,34	1,87	2,81	8,63	1,23
		P14 15/1	0,08	0,007	0,008	0,005	0,53	1,74	2,64	3,26	3,08	0,90
		P14 15/2	0,09	0,013	0,014	0,004	0,86	1,29	1,72	3,20	4,21	0,83
		P14 15/3	0,07	0,009	0,036	0,005	2,62	0,64	1,02	2,16	4,44	0,81
	P14 15/4	0,13	0,037	0,005	0,004	0,07	0,01	3,19	4,00	12,82	1,48	
	2016	P14 16/1	0,20	0,012	0,013	0,004	3,07	1,59	2,76	4,88	12,13	2,00
		P14 16/2	0,20	0,028	0,011	0,008	3,39	2,52	2,83	5,59	16,48	2,37
		P14 16/3	0,20	0,012	0,035	0,007	5,99	2,27	2,87	4,33	21,64	1,89
		P14 16/4	0,15	0,020	0,037	0,010	7,47	2,22	3,97	4,96	17,46	1,65
	2017	P14 17/1	0,02	0,004	0,004	0,004	1,41	0,95	1,80	1,62	3,02	0,82
		P14 17/2	0,18	0,016	0,003	0,005	2,03	0,27	2,23	3,15	13,81	2,10
		P14 17/3	0,16	0,009	0,002	0,004	1,73	0,01	1,90	2,81	14,76	1,50
		P14 17/4	0,14	0,014	0,002	0,005	1,99	0,35	2,45	5,84	10,16	1,30
	2018	P14 18/1	0,05	0,011	<0,008	<0,01	1,10	<0,01	1,57	2,33	2,53	1,00
		P14 18/2	0,48	0,016	<0,010	<0,01	4,02	2,69	2,44	6,88	44,10	4,84
		P14 18/3	0,17	0,013	<0,008	<0,01	2,27	1,42	1,56	3,75	17,06	2,20
P14 18/4		2,75	0,087	<0,011	<0,01	26,77	16,35	13,05	18,74	182,41	28,97	
Maggiolina	2014	P14 14/0	0,13	0,029	0,005	0,015	1,41	0,77	1,79	2,29	7,85	0,89
		P14 14/1	0,16	0,012	0,012	0,023	11,15	1,59	2,55	4,05	10,90	1,80
		P14 14/2	0,11	0,012	0,015	0,008	3,88	1,18	1,42	2,68	4,32	0,91
	2015	P14 15/1	0,08	0,005	0,008	0,005	2,14	0,92	2,04	1,81	3,86	1,08
		P14 15/2	0,09	0,006	0,019	0,004	0,14	0,84	1,47	2,73	3,69	0,99
		P14 15/3	0,09	0,007	0,024	0,005	3,15	0,64	0,86	2,21	4,85	1,03
		P14 15/4	0,21	0,025	0,004	0,005	0,07	3,86	3,61	4,93	9,62	1,73
	2016	P14 16/1	0,22	0,035	0,037	0,004	3,72	10,84	3,01	3,52	18,11	2,57
		P14 16/2	0,25	0,022	0,011	0,005	3,30	2,52	2,76	6,65	26,32	2,94
		P14 16/3	0,15	0,015	0,044	0,010	5,50	3,30	1,37	4,60	19,40	2,05
		P14 16/4	0,06	0,187	0,004	0,004	3,88	0,46	1,51	4,01	14,75	1,41
	2017	P14 17/1	0,03	0,016	0,015	0,004	1,86	1,65	4,23	2,62	4,46	1,56
		P14 17/2	0,16	0,024	0,005	0,005	1,39	1,36	2,59	4,63	10,78	1,71
		P14 17/3	0,06	0,004	0,002	0,004	0,79	0,01	1,61	1,70	9,74	0,83
		P14 17/4	0,27	0,015	0,002	0,005	3,09	4,08	4,31	8,14	25,37	2,84
	2018	P14 18/1	<0,01	<0,008	<0,008	<0,01	2,37	0,20	6,68	2,66	3,87	1,32
P14 18/2		0,55	0,026	<0,010	<0,01	4,84	2,88	3,29	11,97	50,83	5,18	
P14 18/3		0,17	0,025	<0,008	<0,01	2,41	2,38	4,51	5,48	19,99	2,07	
P14 18/4		3,85	0,109	<0,011	<0,01	36,63	21,80	14,20	34,26	254,10	39,30	
Saint Bon	2014	P14 14/0	0,11	0,060	0,012	0,030	11,02	2,79	6,85	8,11	23,36	2,87
		P14 14/1	0,32	0,043	0,026	0,045	25,88	3,24	3,74	6,18	21,90	3,17
		P14 14/2	0,11	0,022	0,008	0,014	13,31	1,53	1,70	3,48	7,20	1,58
	2015	P14 15/1	0,13	0,012	0,014	0,005	9,77	2,11	3,04	4,61	9,08	2,33
		P14 15/2	0,64	0,048	0,037	0,031	7,21	5,89	4,68	13,82	45,12	6,19
		P14 15/3	0,16	0,012	0,004	0,005	5,26	1,75	2,52	8,79	10,68	2,11
		P14 15/4	0,35	0,056	0,040	0,008	0,29	0,01	4,65	11,26	25,22	4,49
	2016	P14 16/1	0,28	0,015	0,012	0,011	4,77	3,71	5,65	8,43	24,32	3,54
		P14 16/2	0,35	0,024	0,010	0,005	19,54	3,44	6,10	10,78	33,81	4,30
		P14 16/3	0,16	0,022	0,036	0,006	13,86	3,46	1,84	7,08	20,68	3,36
		P14 16/4	0,17	0,012	0,027	0,014	10,11	2,45	8,21	7,77	12,85	2,65
	2017	P14 17/1	0,06	0,004	0,004	0,004	5,70	2,21	3,95	3,98	12,91	2,67
		P14 17/2	0,17	0,023	0,003	0,005	3,22	0,28	1,84	4,36	14,91	2,45
		P14 17/3	0,22	0,016	0,002	0,004	4,63	1,48	2,53	7,10	30,48	3,14
		P14 17/4	0,17	0,010	0,002	0,005	4,48	0,87	2,11	8,12	16,97	2,22
	2018	P14 18/1	0,04	<0,008	<0,008	<0,01	3,81	0,83	5,60	2,97	7,11	2,23
P14 18/2		0,53	0,023	<0,010	<0,01	5,48	3,76	2,46	7,91	73,29	5,43	
P14 18/3		0,20	0,021	<0,008	<0,01	3,57	2,05	2,24	7,77	25,06	2,96	
P14 18/4		2,95	0,091	<0,011	<0,01	29,79	13,24	10,20	17,94	179,81	30,31	
Saint Bon	2014	P14 14/0	0,18	0,029	0,009	0,015	20,03	7,36	5,99	21,32	23,03	2,40
		P14 14/1	0,10	0,021	0,012	0,005	8,25	1,73	2,34	8,39	9,05	1,44
		P14 14/2	0,14	0,050	0,008	0,004	8,50	2,45	3,09	12,49	14,09	1,68
	2015	P14 15/1	0,28	0,049	0,024	0,005	14,87	6,03	6,72	20,21	33,05	4,12
		P14 15/2	0,32	0,033	0,033	0,004	9,00	7,14	4,72	18,64	32,57	4,34
		P14 15/3	0,18	0,020	0,082	0,005	8,17	2,97	3,53	14,17	14,81	2,10
	2016	P14 15/4	0,21	0,106	0,071	0,004	1,32	0,01	8,22	22,67	28,03	3,00
		P14 16/1	0,35	0,023	0,007	0,015	12,67	8,03	7,00	22,83	43,21	4,41
P14 16/2	0,35	0,029	0,015	0,005	12,43	4,79	5,86	32,98	42,65	4,29		

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107



		Rateo dei metalli nelle deposizioni – [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ]										
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Fossamastra	2017	P14 16/3	0,22	0,037	0,029	0,012	14,58	4,35	4,36	20,55	29,39	2,85
		P14 16/4	0,24	0,025	0,076	0,014	17,61	5,22	8,40	25,89	36,64	2,82
		P14 17/1	0,11	0,014	0,004	0,004	9,37	4,44	10,98	15,14	22,84	3,33
		P14 17/2	0,24	0,154	0,005	0,005	8,40	3,43	5,47	17,13	35,82	3,34
		P14 17/3	0,25	0,021	0,002	0,010	9,01	2,53	6,28	23,68	31,60	2,70
		P14 17/4	0,19	0,020	0,002	0,005	8,75	2,22	4,41	25,16	32,64	2,27
	2018	P14 18/1	0,12	0,018	<0,008	<0,01	5,97	2,52	3,72	6,71	9,96	2,50
		P14 18/2	0,62	0,023	<0,010	<0,01	8,81	4,85	4,46	22,50	98,62	5,73
		P14 18/3	0,31	0,032	<0,008	<0,01	11,71	5,93	5,77	60,68	54,38	3,93
		P14 18/4	3,60	0,096	<0,011	<0,01	48,68	19,88	18,56	66,18	308,79	37,79
	2014	P14 14/0	0,97	0,060	0,020	0,005	52,30	26,87	38,89	73,26	83,39	14,30
		P14 14/1	0,83	0,050	0,040	0,040	45,62	15,20	21,57	49,72	82,56	13,13
		P14 14/2	0,31	0,050	0,010	0,005	16,08	5,29	7,19	19,43	23,37	4,00
		P14 15/1	0,87	0,050	0,060	0,020	41,63	21,76	20,53	49,08	78,24	15,29
		P14 15/2	0,89	0,100	0,160	0,010	27,37	18,67	21,40	41,09	78,22	12,10
		P14 15/3	0,80	0,110	0,020	0,005	28,71	15,32	23,24	97,66	55,56	9,54
	2015	P14 15/4	1,07	0,180	0,050	0,040	16,76	8,82	20,48	77,84	106,62	13,89
		P14 16/1	1,15	0,070	0,030	0,040	25,77	22,20	12,81	50,74	163,04	10,07
		P14 16/2	0,82	0,100	0,030	0,030	18,36	13,54	13,28	56,01	105,59	7,91
		P14 16/3	0,56	0,080	0,060	0,020	31,75	13,04	8,52	47,49	87,96	6,25
	2016	P14 16/4	0,56	0,050	0,160	0,020	45,00	14,33	7,71	42,06	89,56	6,51
		P14 17/1	0,54	0,066	0,009	0,004	28,06	15,57	12,23	41,00	109,21	10,68
		P14 17/2	0,57	0,055	0,012	0,020	13,78	8,49	8,65	48,20	81,65	7,11
		P14 17/3	0,80	0,051	0,002	0,021	18,83	11,40	8,31	51,41	105,78	7,17
P14 17/4		0,53	0,041	0,002	0,005	18,95	9,22	8,68	50,44	86,02	5,87	
P14 18/1		0,66	0,080	0,009	0,03	36,06	15,14	17,88	53,43	78,14	12,77	
2018	P14 18/2	0,76	0,038	<0,010	<0,01	13,64	10,47	5,88	42,02	93,66	7,52	
	P14 18/3	0,62	0,050	<0,008	<0,01	19,43	12,93	7,19	61,36	114,04	6,91	
	P14 18/4	3,86	0,142	<0,011	<0,01	81,19	33,19	24,41	88,02	322,03	44,14	
	P14 15/3	0,18	0,014	0,015	0,005	5,25	1,58	1,45	6,08	9,30	1,47	
Melara	2015	P14 15/4	0,42	0,022	0,015	0,019	17,67	1,71	3,92	10,81	27,05	3,97
		P14 16/1	0,35	0,061	0,010	0,009	4,24	3,63	6,70	10,10	33,21	2,97
	2016	P14 16/2	0,30	0,059	0,016	0,008	15,28	3,37	5,48	16,72	27,23	2,98
		P14 16/3	0,23	0,020	0,036	0,007	14,29	2,30	2,35	10,68	18,50	1,98
		P14 16/4	0,32	0,037	0,004	0,037	22,53	3,53	24,81	23,65	28,21	4,02
		P14 17/1	0,14	0,004	0,004	0,004	4,34	1,42	3,22	5,29	7,46	2,03
	2017	P14 17/2	0,23	0,019	0,005	0,012	4,79	2,11	7,32	10,42	20,57	2,76
		P14 17/3	0,25	0,012	0,002	0,004	4,03	0,64	2,37	7,72	16,81	1,98
		P14 17/4	0,16	0,005	0,002	0,005	3,10	0,23	4,76	9,80	9,58	1,27
		P14 18/1	0,04	<0,008	<0,008	<0,01	3,87	0,02	2,12	2,78	5,10	1,35
	2018	P14 18/2	0,60	0,025	<0,010	<0,01	5,82	3,50	3,65	11,86	61,76	5,73
		P14 18/3	0,15	0,012	<0,008	<0,01	3,53	1,59	9,68	7,92	16,96	1,86
P14 18/4		2,67	0,092	<0,011	<0,01	28,08	13,45	17,26	42,05	187,42	27,61	

### A.6.3. APPENDICE – Concentrazione dei metalli nelle polveri depositate (2014 – 2018)

Postazione	Anno	Campagna	Concentrazione dei metalli nelle deposizioni – [µg/g]									
			As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Bolano	2014	P14 14/0	7,7	1,28	0,41	0,64	101	59	136	124	785	70
		P14 14/1	3,9	0,95	0,56	0,28	226	47	62	91	275	43
		P14 14/2	6,2	0,37	1,03	0,32	184	53	59	141	259	63
	2015	P14 15/1	5,2	0,35	0,33	0,19	154	90	97	153	460	74
		P14 15/2	4,2	0,50	0,52	0,19	31	56	50	98	316	57
		P14 15/3	3,7	0,45	1,75	0,21	290	49	35	111	493	51
	2016	P14 15/4	5,4	1,35	0,72	0,09	1,8	0,3	71	91	337	49
		P14 16/1	5,7	3,12	0,11	0,11	201	183	76	79	676	79
		P14 16/2	3,4	0,46	0,17	0,11	67	38	34	68	461	50
	2017	P14 16/3	2,0	0,30	1,61	0,07	157	123	25	65	657	50
		P14 16/4	3,1	0,43	0,14	0,14	99	41	54	117	615	56
		P14 17/1	3,6	0,36	0,76	0,36	149	127	179	135	921	104
	2018	P14 17/2	4,0	0,55	0,09	0,18	119	27	62	100	564	62
		P14 17/3	4,2	0,40	0,07	0,15	98	0,4	48	94	1.016	72
		P14 17/4	6,4	0,29	0,15	0,29	162	22	76	197	692	87
	2018	P14 18/1	0,49	0,49	1,21	0,49	84	0,49*	115	77	281	94
		P14 18/2	6,10	0,34	0,06	0,06	53	31	61	50	735	64
		P14 18/3	2,18	0,14	0,03	0,03	34	11	18	45	374	30
		P14 18/4	7,33	0,15	0,02	0,02	72	39	30	40	318	81
	Follo	2014	P14 14/0	4,7	0,76	0,20	0,38	326	119	75	119	527
P14 14/1			6,3	0,91	0,28	0,29	458	59	91	89	408	68
P14 14/2			8,5	2,58	0,90	0,64	613	88	91	142	407	117
2015		P14 15/1	5,0	1,00	1,00	1,00	215	89	168	5,0	436	98
		P14 15/2	4,8	0,48	0,65	0,30	175	102	71	135	450	84
		P14 15/3	4,6	0,41	1,16	0,41	285	71	217	94	483	83
2016		P14 15/4	5,8	1,22	0,08	0,21	15	0,2	83	109	489	70
		P14 16/1	8,0	0,37	0,78	0,21	196	226	102	114	709	98
		P14 16/2	4,1	0,48	0,17	0,08	92	49	55	193	513	61
2017		P14 16/3	5,2	0,40	0,88	0,24	314	112	37	108	1.031	94
		P14 16/4	4,2	0,56	0,29	0,29	262	101	48	113	768	86
		P14 17/1	1,4	0,35	0,35	0,35	270	132	146	107	586	116
2018		P14 17/2	6,4	0,83	0,17	0,17	108	38	90	111	626	73
		P14 17/3	5,8	0,45	0,08	0,15	126	40	45	129	864	83
		P14 17/4	7,9	0,53	0,27	0,53	191	37	84	215	980	121
2018		P14 18/1	2,00	0,43	1,58	0,43	588	9	207	335	309	103
		P14 18/2	5,91	0,23	0,05	0,05	53	37	26	49	552	53
		P14 18/3	6,39	0,42	0,13	0,13	175	89	46	136	912	95
		P14 18/4	8,91	0,35	0,05	0,01	97	46	31	47	606	91
Arcola		2014	P14 14/0	10,4	1,11	0,29	0,56	135	62	1465	166	349
	P14 14/1		4,5	1,24	0,43	1,65	179	45	986	85	299	50
	P14 14/2		6,9	1,31	0,64	1,33	246	73	2342	199	248	62
	2015	P14 15/1	7,0	0,65	0,69	0,56	197	67	889	147	499	79
		P14 15/2	7,1	0,79	1,16	1,36	277	58	581	158	320	43
		P14 15/3	5,5	0,97	1,99	0,78	214	75	1.287	194	422	58
	2016	P14 15/4	7,7	1,04	0,53	0,82	1,9	0,3	1.709	186	424	76
		P14 16/1	6,5	0,62	0,25	0,54	145	78	450	138	604	70
		P14 16/2	4,6	0,51	0,14	1,39	83	46	845	122	451	57
	2017	P14 16/3	4,8	0,66	1,42	0,21	154	78	78	173	588	63
		P14 16/4	7,5	0,64	2,33	1,51	272	102	742	209	561	68
		P14 17/1	3,8	0,36	0,73	0,36	222	134	933	349	490	104
	2018	P14 17/2	3,3	0,16	0,08	0,16	58	16	158	94	345	52
		P14 17/3	4,8	0,37	0,09	0,18	133	70	71	184	583	64
		P14 17/4	7,3	0,40	0,20	0,40	138	70	605	347	438	68
	2018	P14 18/1	5,04	0,40	0,40	0,40	253	28	116	194	505	98

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Concentrazione dei metalli nelle deposizioni – [µg/g]													
Postazione	Anno	Campagna	As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V	
Le Grazie	2014	P14 18/2	6,75	0,40	0,09	0,09	52	25	36	66	700	67	
		P14 18/3	4,19	0,57	0,14	0,14	73	47	45	161	613	60	
		P14 18/4	8,22	0,27	0,02	0,02	84	46	29	58	585	87	
	2014	P14 14/0	3,5	0,79	0,34	0,39	217	68	122	195	395	56	
		P14 14/1	7,1	1,61	2,12	0,71	452	98	114	150	429	70	
		P14 14/2	6,8	0,90	0,48	0,24	380	76	106	159	490	70	
	2015	P14 15/1	6,9	0,65	0,75	0,42	48	156	237	292	276	80	
		P14 15/2	4,0	0,57	0,64	0,20	39	59	79	146	192	38	
		P14 15/3	4,5	0,57	2,42	0,32	174	43	68	144	295	54	
	2015	P14 15/4	4,1	1,16	0,14	0,11	2,2	0,3	98	123	395	46	
		P14 16/1	8,1	0,49	0,54	0,18	127	66	114	202	501	83	
		P14 16/2	5,4	0,74	0,31	0,20	90	67	75	149	439	63	
	2016	P14 16/3	6,0	0,37	1,06	0,23	183	69	88	132	661	58	
		P14 16/4	6,7	0,92	1,68	0,45	340	101	181	226	794	75	
		P14 17/1	1,6	0,40	0,40	0,40	130	87	166	149	279	76	
	2017	P14 17/2	4,1	0,36	0,06	0,12	48	6,3	52	74	324	49	
		P14 17/3	7,0	0,40	0,09	0,18	74	0,5	81	120	627	64	
		P14 17/4	8,6	0,91	0,15	0,30	126	22	155	368	641	82	
	2018	P14 18/1	5,39	1,11	0,41	0,41	109	0,41*	155	230	250	99	
		P14 18/2	6,48	0,21	0,07	0,07	55	37	33	94	601	66	
		P14 18/3	4,80	0,38	0,12	0,12	65	41	45	107	489	63	
		P14 18/4	8,55	0,27	0,02	0,02	83	51	40	58	566	90	
	Chiappa	2014	P14 14/0	6,2	1,35	0,24	0,68	65	35	83	106	363	41
			P14 14/1	5,6	0,42	0,44	0,82	391	56	90	142	382	63
P14 14/2			6,8	0,79	0,99	0,54	251	76	92	173	280	59	
2015		P14 15/1	7,1	0,46	0,75	0,42	192	82	183	162	346	97	
		P14 15/2	5,5	0,36	1,11	0,25	8,1	48	85	157	213	57	
		P14 15/3	5,4	0,44	1,46	0,29	190	38	52	133	293	62	
2015		P14 15/4	7,2	0,86	0,12	0,18	2,5	133	124	169	330	59	
		P14 16/1	6,2	1,00	1,07	0,12	106	310	86	101	517	73	
		P14 16/2	5,0	0,44	0,23	0,11	65	50	55	132	522	58	
2016		P14 16/3	5,4	0,55	1,59	0,35	199	119	50	167	702	74	
		P14 16/4	1,3	4,28	0,09	0,09	89	10	35	92	338	32	
		P14 17/1	2,9	1,36	1,28	0,37	160	142	364	225	384	134	
2017	P14 17/2	5,4	0,79	0,17	0,17	46	45	86	153	356	57		
	P14 17/3	4,2	0,30	0,15	0,30	55	0,9	113	119	683	58		
	P14 17/4	8,2	0,46	0,07	0,15	94	125	132	249	775	87		
2018	P14 18/1	0,39	0,39	0,39	0,39	224	18	631	251	366	125		
	P14 18/2	6,31	0,30	0,06	0,06	55	33	38	137	583	59		
	P14 18/3	2,25	0,33	0,05	0,05	32	31	59	72	263	27		
	P14 18/4	8,30	0,23	0,01	0,01	79	47	31	74	547	85		
Maggiolina	2014	P14 14/0	4,9	2,53	0,50	1,27	468	118	291	344	993	122	
		P14 14/1	4,2	0,56	0,34	0,58	337	42	49	80	285	41	
		P14 14/2	4,1	0,82	0,28	0,52	493	57	63	129	266	59	
	2015	P14 15/1	6,1	0,58	0,65	0,22	461	100	143	217	428	110	
		P14 15/2	4,1	0,31	0,24	0,20	46	38	30	88	288	40	
		P14 15/3	5,8	0,45	0,14	0,17	190	63	91	319	387	76	
	2015	P14 15/4	6,0	0,96	0,68	0,14	4,9	0,2	79	192	431	77	
		P14 16/1	7,0	0,38	0,30	0,28	119	92	141	210	604	88	
		P14 16/2	6,0	0,41	0,18	0,09	336	59	105	186	582	74	
	2016	P14 16/3	4,5	0,62	1,01	0,17	392	98	52	200	585	95	
		P14 16/4	5,5	0,38	0,87	0,44	327	79	265	251	416	86	
		P14 17/1	3,1	0,23	0,23	0,23	300	116	208	210	679	140	
	2017	P14 17/2	4,3	0,59	0,07	0,13	82	7,0	47	112	382	63	
		P14 17/3	6,0	0,44	0,06	0,11	125	40	68	191	820	84	
		P14 17/4	8,6	0,53	0,12	0,25	230	45	108	416	870	114	
	2018	P14 18/1	2,96	0,30	0,30	0,30	273	60	401	213	510	160	
P14 18/2		5,07	0,22	0,05	0,05	53	36	24	76	702	52		
P14 18/3		2,76	0,29	0,06	0,06	50	29	31	109	351	41		

Postazione	Anno	Campagna	Concentrazione dei metalli nelle deposizioni – [µg/g]									
			As	Cd	Hg	Tl	Cr	Ni	Pb	Cu	Mn	V
Saint Bon	2014	P14 18/4	6,86	0,21	0,01	0,01	69	31	24	42	418	70
		P14 14/0	4,7	0,75	0,22	0,37	510	188	153	543	587	61
		P14 14/1	6,9	1,37	0,77	0,32	551	116	156	560	604	96
		P14 14/2	4,8	1,74	0,27	0,15	297	86	108	436	491	58
	2015	P14 15/1	4,5	0,78	0,39	0,07	239	97	108	325	531	66
		P14 15/2	4,8	0,49	0,49	0,07	133	106	70	276	483	64
		P14 15/3	2,9	0,32	1,32	0,08	131	48	57	228	238	34
		P14 15/4	3,5	1,79	1,20	0,06	22	0,2	139	383	474	51
	2016	P14 16/1	6,5	0,43	0,13	0,27	234	148	129	422	798	82
		P14 16/2	5,0	0,42	0,21	0,07	178	69	84	472	611	61
		P14 16/3	4,8	0,80	0,62	0,25	316	94	94	445	637	62
		P14 16/4	5,1	0,51	1,59	0,29	368	109	175	540	765	59
	2017	P14 17/1	3,3	0,42	0,13	0,13	276	131	324	447	674	98
		P14 17/2	5,0	3,16	0,11	0,11	173	71	113	353	738	69
		P14 17/3	5,6	0,46	0,05	0,22	199	56	139	523	698	60
		P14 17/4	5,6	0,59	0,07	0,14	259	66	131	746	967	67
	2018	P14 18/1	4,69	0,67	0,16	0,16	225	95	141	253	376	94
		P14 18/2	5,99	0,22	0,05	0,05	85	47	43	217	952	55
		P14 18/3	4,81	0,51	0,06	0,06	183	93	90	950	851	62
		P14 18/4	8,16	0,22	0,01	0,01	110	45	42	150	700	86
Fossamastra	2014	P14 14/0	7,1	0,36	0,13	0,18	382	196	284	535	609	104
		P14 14/1	4,3	0,56	0,20	0,39	234	78	111	255	424	67
		P14 14/2	5,8	2,25	0,16	0,16	300	99	134	362	436	74
		P14 15/1	5,1	0,36	0,35	0,14	243	127	120	287	457	89
	2015	P14 15/2	5,1	0,59	0,91	0,06	157	107	123	236	450	70
		P14 15/3	5,9	0,78	0,16	0,07	212	113	172	722	411	71
		P14 15/4	7,2	1,23	0,35	0,30	113	60	138	526	720	94
		P14 16/1	5,7	0,33	0,14	0,18	129	111	64	253	813	50
	2016	P14 16/2	5,4	0,63	0,19	0,19	121	89	88	370	697	52
		P14 16/3	3,9	0,55	0,42	0,14	223	91	60	333	617	44
		P14 16/4	4,5	0,43	1,30	0,15	368	117	63	344	731	53
		P14 17/1	4,1	0,50	0,07	0,03	212	118	93	310	827	81
	2017	P14 17/2	4,8	0,46	0,10	0,17	116	71	73	405	687	60
		P14 17/3	5,8	0,37	0,02	0,15	137	83	61	375	771	52
		P14 17/4	5,5	0,42	0,03	0,05	198	96	91	526	897	61
		P14 18/1	6,02	0,73	0,09	0,32	330	138	163	488	714	117
	2018	P14 18/2	4,80	0,24	0,03	0,03	86	66	37	266	592	48
		P14 18/3	4,43	0,36	0,03	0,03	140	93	52	441	820	50
		P14 18/4	7,75	0,29	0,01	0,01	163	67	49	177	646	89
		P14 15/3	9,9	0,75	0,84	0,26	286	86	79	331	505	80
Melara	2015	P14 15/4	13,2	0,69	0,46	0,59	557	54	124	341	853	125
		P14 16/1	10,5	1,85	0,29	0,28	129	110	204	307	1.008	90
		P14 16/2	5,8	1,14	0,32	0,16	296	65	106	324	528	58
		P14 16/3	8,2	0,71	1,29	0,26	508	82	83	379	657	71
	2016	P14 16/4	5,6	0,65	0,07	0,64	397	62	437	416	497	71
		P14 17/1	8,4	0,27	0,27	0,27	266	87	198	324	458	125
		P14 17/2	7,2	0,58	0,16	0,35	146	64	223	318	628	84
		P14 17/3	11,0	0,54	0,09	0,19	178	28	105	341	743	88
	2017	P14 17/4	14,3	0,44	0,22	0,44	286	21	439	903	883	117
		P14 18/1	4,42	0,41	0,41	0,41	388	2	212	279	511	135
		P14 18/2	6,13	0,25	0,05	0,05	60	36	37	122	634	59
		P14 18/3	6,55	0,56	0,18	0,18	158	71	433	354	758	83
	2018	P14 18/4	7,65	0,26	0,02	0,02	80	39	49	121	537	79

#### A.6.4. Ratei di deposizione degli IPA totali, della Norma UNI e del B(a)P (2014 – 2018)

Postazione	Anno	Campagna	Rateo degli IPA TOT [ng/m <sup>2</sup> /d]	Rateo degli IPA Norma UNI [ng/m <sup>2</sup> /d]	Rateo del B(a)P [ng/m <sup>2</sup> /d]
Bolano	2014	P14 14/0	61	35	9
		P14 14/1	86	45	17
		P14 14/2	43	29	9
	2015	P14 15/1	2163	768	122
		P14 15/2	31	6	1
		P14 15/3	69	26	5
		P14 15/4	99	28	3
	2016	P14 16/1	281	91	15
		P14 16/2	253	49	15
		P14 16/3	49	12	1
		P14 16/4	58	15	5
	2017	P14 17/1	586	270	23
		P14 17/2	97	28	2
		P14 17/3	50	8	1
		P14 17/4	94	21	5
	2018	P14 18/1	42	33	1
P14 18/2		107	42	4	
P14 18/3		333	159	71	
P14 18/4		315	112	18	
Follo	2014	P14 14/0	63	34	9
		P14 14/1	57	31	8
		P14 14/2	49	33	8
	2015	P14 15/1	236	97	11
		P14 15/2	36	10	1
		P14 15/3	96	22	2
		P14 16/4	147	49	8
	2016	P14 16/1	580	164	39
		P14 16/2	319	27	1
		P14 16/3	19	6	1
		P14 16/4	78	22	4
	2017	P14 17/1	99	30	2
		P14 17/2	103	29	10
		P14 17/3	48	17	3
		P14 17/4	233	67	8
	2018	P14 18/1	14	5	1
P14 18/2		48	11	1	
P14 18/3		235	95	13	
P14 18/4		278	103	16	
Arcola	2014	P14 14/0	73	38	10
		P14 14/1	86	42	10
		P14 14/2	45	29	9
	2015	P14 15/1	196	10	1
		P14 15/2	31	6	1
		P14 15/3	147	54	10
		P14 15/4	143	38	7
	2016	P14 16/1	221	70	25
		P14 16/2	781	175	44
		P14 16/3	43	8	1
		P14 16/4	279	129	22
	2017	P14 17/1	114	33	5
		P14 17/2	114	38	7
		P14 17/3	71	24	15
		P14 17/4	158	8	1
	2018	P14 18/1	14	5	1
P14 18/2		48	21	6	
P14 18/3		126	26	1	
P14 18/4		743	358	58	
Le Grazie	2014	P14 14/0	140	42	13
		P14 14/1	65	36	10
		P14 14/2	37	25	7
	2015	P14 15/1	132	12	1
		P14 15/2	37	6	1
		P14 15/3	93	25	3
	2016	P14 15/4	187	34	10
		P14 16/1	282	98	22
P14 16/2	356	64	9		

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Postazione	Anno	Campagna	Rateo degli IPA TOT [ng/m2/d]	Rateo degli IPA Norma UNI [ng/m2/d]	Rateo del B(a)P [ng/m2/d]	
Chiappa	2017	P14 16/3	28	8	1	
		P14 16/4	49	11	1	
		P14 17/1	250	79	12	
		P14 17/2	121	45	9	
	2018	P14 17/3	78	22	12	
		P14 17/4	350	135	26	
		P14 18/1	132	90	1	
		P14 18/2	214	53	13	
	Maggiolina	2014	P14 18/3	108	50	5
			P14 18/4	333	109	20
			P14 14/0	258	57	13
			P14 14/1	88	40	12
		2015	P14 14/2	142	59	14
			P14 15/1	203	39	1
			P14 15/2	31	6	1
			P14 15/3	101	34	14
2016		P14 15/4	138	43	10	
		P14 16/1	248	85	24	
		P14 16/2	315	69	19	
		P14 16/3	91	41	4	
2017		P14 16/4	90	29	5	
		P14 17/1	277	113	7	
		P14 17/2	100	34	13	
		P14 17/3	40	8	1	
2018	P14 17/4	249	71	8		
	P14 18/1	73	64	1		
	P14 18/2	438	193	29		
	P14 18/3	226	105	12		
Saint Bon	2014	P14 18/4	431	143	27	
		P14 14/0	57	33	9	
		P14 14/1	153	67	14	
		P14 14/2	94	32	10	
	2015	P14 15/1	n.d.	n.d.	n.d.	
		P14 15/2	48	8	1	
		P14 15/3	482	204	42	
		P14 15/4	265	82	15	
	2016	P14 16/1	298	85	11	
		P14 16/2	446	58	16	
		P14 16/3	66	14	1	
		P14 16/4	91	20	5	
	2017	P14 17/1	172	25	1	
		P14 17/2	176	38	15	
		P14 17/3	139	25	5	
		P14 17/4	232	30	5	
2018	P14 18/1	53	34	1		
	P14 18/2	96	28	8		
	P14 18/3	515	221	28		
	P14 18/4	338	113	21		
Fossamastra	2014	P14 14/0	188	48	13	
		P14 14/1	149	58	14	
		P14 14/2	84	36	14	
		P14 15/1	562	105	1	
	2015	P14 15/2	137	24	1	
		P14 15/3	264	72	13	
		P14 15/4	123	32	5	
		P14 16/1	621	229	33	
	2016	P14 16/2	350	75	31	
		P14 16/3	78	12	1	
		P14 16/4	271	92	20	
		P14 17/1	346	83	13	
	2017	P14 17/2	201	64	15	
		P14 17/3	191	54	12	
		P14 17/4	404	103	15	
		P14 18/1	408	164	14	
2018	P14 18/2	299	94	14		
	P14 18/3	866	337	56		
	P14 18/4	489	157	24		
	2015	P14 14/0	263	57	13	
2015	P14 14/1	88	36	14		
	P14 14/2	270	62	20		
	P14 15/1	1336	213	39		

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
 dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
 Via Bombrini 8, 16149 Genova  
 Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
 C.F. e P.IVA 01305930107

Postazione	Anno	Campagna	Rateo degli IPA TOT [ng/m <sup>2</sup> /d]	Rateo degli IPA Norma UNI [ng/m <sup>2</sup> /d]	Rateo del B(a)P [ng/m <sup>2</sup> /d]
		P14 15/2	940	186	36
		P14 15/3	439	87	19
		P14 15/4	602	143	29
		P14 16/1	4021	724	141
	2016	P14 16/2	3074	460	125
		P14 16/3	309	44	9
		P14 16/4	1313	251	65
		P14 17/1	959	119	21
	2017	P14 17/2	1202	316	54
		P14 17/3	1013	212	41
		P14 17/4	770	204	36
		P14 18/1	284	48	10
	2018	P14 18/2	1122	245	37
		P14 18/3	1073	206	35
		P14 18/4	1021	215	36
		Melara	2015	P14 15/3	188
P14 15/4	104			32	5
P14 16/1	254			72	7
P14 16/2	479			89	24
2016	P14 16/3		68	14	2
	P14 16/4		166	47	12
	P14 17/1		130	35	4
	P14 17/2		134	31	5
2017	P14 17/3		95	17	2
	P14 17/4		164	12	1
	P14 18/1		36	20	1
	P14 18/2		55	19	6
2018	P14 18/3		364	115	18
	P14 18/4		306	111	16

### A.6.5. APPENDICE – Ratei di deposizione di PCDD/F (2014 – 2018). Valori in pg/m<sup>2</sup>/d

Postazione	Anno	Campagna	Rateo di PCDD/F nelle deposizioni – [pg/m <sup>2</sup> /d]																
			2,3,7,8-TCDD	1,2,3,7,8-PeCDD	1,2,3,4,7,8-HxCDD	1,2,3,6,7,8-HxCDD	1,2,3,7,8,9-HxCDD	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	OCDD	2,3,7,8-TCDF	1,2,3,7,8-PeCDF	2,3,4,7,8-PeCDF	1,2,3,4,7,8-HxCDF	1,2,3,6,7,8-HxCDF	2,3,4,6,7,8-HxCDF	1,2,3,7,8,9-HxCDF	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	OCDF	
Bolano	2014	P14 14/0	<0,26	<0,35	<0,34	<0,39	<0,33	<0,78	4,96	<0,28	<0,27	<0,29	<0,30	<0,29	<0,34	<0,29	<0,43	<0,42	<0,77
		P14 14/1	<0,07	<0,11	<0,12	<0,15	<0,13	<0,14	1,62	<0,14	<0,08	<0,09	<0,11	<0,11	<0,12	<0,12	<0,17	<0,14	<0,45
		P14 14/2	<0,14	<0,18	<0,15	<0,18	<0,15	<0,32	2,23	<0,14	<0,09	<0,09	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,18	<0,18	<0,47
	2015	P14 15/1	<0,19	0,35	<0,25	<0,29	<0,24	2,44	1,39	<0,17	<0,16	<0,17	<0,23	<0,24	<0,23	<0,23	1,57	0,52	0,87
		P14 15/2	<0,17	<0,25	<0,28	<0,34	<0,28	<0,44	<0,73	<0,23	<0,15	<0,16	<0,22	<0,23	<0,22	<0,29	<0,28	<0,30	<0,62
		P14 15/3	<0,03	<0,12	<0,13	<0,14	<0,12	<0,25	<0,61	<0,06	<0,06	<0,06	<0,07	<0,06	<0,07	<0,06	<0,15	<0,14	<0,56
	2016	P14 15/4	<0,13	<0,14	<0,16	<0,18	<0,15	<0,22	<0,26	<0,11	<0,10	<0,09	<0,11	<0,12	<0,12	<0,11	<0,14	<0,14	<0,26
		P14 16/1	0,10	<0,13	<0,15	3,83	0,8	12,86	7,65	<0,10	<0,09	0,36	<0,11	<0,11	<0,12	<0,11	1,44	<0,17	<0,40
		P14 16/2	<0,12	<0,22	<0,27	<0,29	0,47	3,5	0,19	<0,15	<0,13	<0,12	<0,22	<0,20	<0,20	<0,20	<0,52	<0,29	<0,68
	2018	P14 16/3	<0,10	<0,19	<0,23	0,32	<0,21	7,26	9,52	0,46	<0,02	0,15	0,34	<0,17	<0,17	<0,17	0,55	<0,20	<0,59
		P14 16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,18	2,95	1,08	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,34	<0,19	<0,44
		P14 18/3	<0,05	<0,06	<0,09	<0,09	<0,08	2,78	60,39	<0,11	<0,05	<0,05	<0,08	<0,08	<0,09	<0,08	0,46	<0,14	<0,25
Follo	2014	P14 14/0	<0,31	<0,53	<0,63	<0,84	<0,70	<1,06	<1,23	<0,28	<0,28	<0,30	<0,48	<0,49	<0,51	<0,45	<0,74	<0,73	<1,28
		P14 14/1	<0,08	<0,18	<0,18	<0,21	<0,18	<0,33	1,24	<0,08	<0,08	<0,09	<0,17	<0,16	<0,15	<0,15	<0,27	<0,22	<0,63
		P14 14/2	<0,07	<0,13	<0,18	<0,22	<0,18	1,43	3,98	<0,15	<0,10	<0,10	<0,15	<0,16	<0,18	<0,17	1,75	0,64	2,39
	2015	P14 15/1	<0,19	<0,23	<0,27	<0,31	0,7	2,26	<0,81	0,52	0,35	0,35	<0,24	0,52	<0,23	<0,24	1,74	<0,35	2,09
		P14 15/2	<0,29	<0,34	<0,43	<0,48	<0,41	<0,63	<1,07	<0,27	<0,23	<0,23	<0,37	<0,36	<0,34	<0,34	1,71	<0,44	<0,90
		P14 15/3	<0,10	<0,17	<0,19	<0,21	<0,18	0,8	<0,66	<0,10	0,32	<0,08	<0,14	<0,12	<0,12	<0,11	<0,18	<0,16	1,59
	2016	P14 15/4	<0,14	<0,16	<0,17	<0,19	<0,16	<0,15	0,95	<0,13	<0,11	<0,13	<0,12	<0,11	<0,14	<0,11	<0,15	<0,15	<0,28
		P14 16/1	<0,10	<0,13	<0,15	1,02	<0,14	6,71	7,41	<0,10	<0,09	<0,09	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	1,31	<0,17	<0,40
		P14 16/2	<0,12	<0,21	<0,27	<0,29	<0,24	3,3	1,68	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,20	<0,52	<0,29	<0,68
	2017	P14 16/3	<0,10	<0,19	<0,23	3,08	2,1	24,12	32,21	3,21	0,96	1,45	2,12	<0,17	<0,17	<0,17	1,68	<0,25	<0,59
		P14 16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	<0,20	0,9	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,33	<0,19	<0,44
		P14 17/1	<0,23	<0,31	<0,31	<0,35	<0,30	3,53	7,15	<0,20	<0,19	<0,18	<0,19	<0,18	<0,21	<0,19	1,56	<0,27	2,12
2018	P14 17/2	<0,42	<0,57	<0,60	<0,67	<0,55	1,32	6,76	0,39	<0,42	0,39	1,74	1,54	1,54	<0,49	10,23	1,93	7,14	
	P14 17/3	<0,56	<0,56	<0,72	<0,75	<0,63	<1,06	0,93	<0,25	<0,59	<0,49	<0,48	<0,45	<0,48	<0,48	<0,64	<0,68	<1,52	
	P14 17/4	<0,08	<0,14	<0,12	<0,15	<0,13	2,88	3,06	<0,14	<0,07	<0,08	<0,11	<0,11	<0,12	<0,09	1,62	<0,14	0,90	
2018	P14 18/1	<0,18	<0,13	<0,13	0,62	<0,09	4,63	15,91	0,93	0,62	0,62	0,46	0,46	0,62	<0,10	1,24	0,31	2,47	
	P14 18/2	<0,25	<0,29	<0,32	<0,32	<0,25	3,67	4,25	<0,21	1,16	<0,27	<0,27	<0,27	<0,27	<0,32	2,12	<0,29	<0,79	
	P14 18/3	<0,05	<0,10	<0,14	<0,15	<0,12	0,62	0,46	<0,12	<0,06	<0,06	<0,08	<0,08	<0,09	<0,08	0,62	<0,12	<0,24	
Arcozia	2014	P14 14/0	<0,27	<0,31	<0,33	<0,34	0,83	3,32	7,88	<0,44	<0,50	1,45	0,62	0,83	0,83	<0,55	3,73	0,62	2,28
		P14 14/1	<0,28	<0,34	<0,43	<0,54	<0,45	<0,88	<0,93	<0,30	<0,26	<0,28	<0,38	<0,38	<0,42	<0,38	<0,54	<0,52	<0,97
		P14 14/2	<0,06	<0,14	<0,16	<0,18	<0,15	<0,33	0,8	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,12	<0,12	<0,15	<0,15	<0,41
	2015	P14 15/1	<0,22	<0,27	<0,28	<0,31	<0,26	2,24	<0,69	0,52	0,52	0,35	<0,23	<0,22	<0,22	<0,22	1,04	0,52	1,21
		P14 15/2	<0,14	0,49	<0,20	<0,22	<0,19	1,64	2,62	0,65	0,82	0,82	0,49	0,49	0,65	<0,14	1,15	<0,19	1,47
		P14 15/3	<0,06	<0,13	<0,13	<0,14	<0,11	<0,27	0,18	<0,09	<0,06	<0,06	<0,11	<0,11	<0,11	<0,09	<0,15	<0,15	<0,52
	2016	P14 15/4	<0,11	<0,14	<0,15	<0,18	<0,15	<0,22	<0,28	<0,26	<0,13	<0,13	<0,12	<0,11	<0,11	<0,11	<0,13	<0,13	<0,28
		P14 16/1	<0,10	<0,13	<0,15	0,62	<0,14	5,38	8,79	<0,10	<0,09	<0,09	<0,11	0,32	<0,11	<0,11	0,37	<0,17	<0,40
		P14 16/2	<0,12	<0,21	<0,26	<0,29	<0,24	<0,31	0,37	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,19	<0,52	<0,29	<0,67
	2017	P14 16/3	0,02	0,05	<0,06	1,41	0,27	8,3	10,97	0,58	0,31	0,15	0,47	<0,04	<0,04	<0,04	0,25	0,04	<0,14
		P14 16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	3,19	13,16	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	0,04	<0,19	0,44
		P14 17/1	<0,27	<0,28	<0,39	<0,43	<0,37	7,31	16,06	<0,23	<0,20	<0,19	<0,25	<0,23	<0,25	<0,24	3,18	<0,34	2,65
2018	P14 17/2	<0,53	<0,61	<0,75	<0,80	<0,67	<1,02	2,70	<0,58	<0,50	<0,49	0,77	1,16	0,97	<0,55	4,05	<0,81	<1,38	
	P14 17/3	<0,53	<0,72	<0,79	<0,72	<0,60	<1,11	1,18	<0,25	<0,57	<0,51	0,47	<0,46	<0,44	<0,47	<0,64	<0,70	<1,79	
	P14 17/4	<0,11	<0,18	<0,16	<0,19	<0,15	2,52	4,68	<0,12	<0,10	<0,10	<0,13	<0,12	<0,12	<0,11	0,72	<0,14	<0,26	
Le Grazie	2014	P14 14/0	0,15	<0,08	<0,10	0,46	<0,06	3,24	4,32	0,31	0,31	0,15	0,31	0,31	0,46	<0,06	1,24	<0,09	0,62
		P14 14/1	<0,23	<0,42	<0,27	<0,31	<0,25	<0,89	2,90	5,41	<0,22	<0,25	<0,39	<0,38	<0,39	<0,42	<0,56	<0,48	<1,43
		P14 14/2	<0,06	<0,08	<0,11	<0,12	<0,09	1,24	1,24	<0,09	<0,05	<0,05	<0,10	<0,09	<0,10	<0,09	0,46	<0,11	<0,25
	2015	P14 14/3	<0,21	<0,23	<0,28	0,62	0,41	2,70	6,64	<0,38	<0,34	1,24	0,41	0,41	0,62	<0,36	2,07	<0,25	1,24
		P14 14/0	<0,23	<0,39	<0,39	<0,52	<0,43	<0,86	7,53	<0,23	<0,25	<0,24	<0,34	<0,33	<0,37	<0,34	<0,50	<0,48	<0,86
		P14 14/1	<0,06	<0,13	<0,17	<0,20	<0,16	<0,28	1,08	<0,06	<0,17	<0,06	<0,10	<0,10	<0,11	<0,11	<0,20	<0,18	<0,49
	2016	P14 14/2	<0,06	<0,13	<0,13	<0,16	<0,14	<0,33	<0,53	<0,10	<0,72	<0,08	<0,08	<0,08	<0,09	<0,09	<0,18	<0,16	<0,49
		P14 15/1	<0,17	0,33	<0,24	0,49	<0,24	1,31	<0,63	<0,22	<0,12	0,33	0,49	<0,20	<0,20	<0,20	1,64	<0,26	1,31
		P14 15/2	<0,05	<0,13	<0,13	<0,16	<0,13	<0,27	0,26	<0,05	<0,07	<0,07	<0,12	<0,11	<0,11	<0,10	0,9	0,36	1,75
	2017	P14 15/3	<0,20	<0,21	<0,21	<0,24	<0,20	<0,26	0,68	<0,16	<0,13	<0,13	<0,18	<0,17	<0,17	<0,16	<0,21	<0,22	0,95
		P14 15/4	<0,14	<0,20	<0,24	<0,27	0,35	3,31	6,44	<0,20	0,52	0,52	0,7	0,52	<0,23	<0,19	1,57	<0,26	1,22
		P14 16/1	<0,10	<0,13	<0,15	<0,09	<0,07	2,22	1,06	<0,10	<0,09	<0,01	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	1,28	<0,09	<0,18
2018																			

Postazione	Anno	Campagna	Rateo di PCDD/F nelle deposizioni – [pg/m <sup>2</sup> /d]																
			2,3,7,8-TCDD	1,2,3,7,8-PeCDD	1,2,3,4,7,8-HxCDD	1,2,3,6,7,8-HxCDD	1,2,3,7,8,9-HxCDD	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	OCDD	2,3,7,8-TCDF	1,2,3,7,8-PeCDF	2,3,4,7,8-PeCDF	1,2,3,4,7,8-HxCDF	1,2,3,6,7,8-HxCDF	2,3,4,6,7,8-HxCDF	1,2,3,7,8,9-HxCDF	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	OCDF
Maggiolina	2014	P14 16/4	<0,08	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	<0,20	1,08	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,34	<0,19	<0,44
		P14 14/0	<0,19	<0,41	<0,49	<0,59	<0,49	<0,83	<1,06	<0,30	<0,29	<0,29	<0,37	<0,35	<0,39	<0,35	<0,53	<0,47	<1,00
		P14 14/1	<0,15	<0,22	<0,16	<0,22	<0,18	1,44	1,08	<0,20	<0,11	<0,12	<0,15	<0,12	<0,17	0,9	<0,25	<0,65	
	2015	P14 14/2	<0,09	<0,37	<0,20	<0,25	<0,21	<0,27	1,59	<0,14	<0,10	<0,10	<0,13	<0,13	<0,14	<0,13	<0,14	<0,13	<0,31
		P14 15/1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
		P14 15/2	<0,21	<0,27	<0,31	<0,36	<0,30	2,63	11,17	<0,20	<0,17	<0,17	<0,28	<0,27	<0,29	<0,29	1,31	<0,42	<0,74
	2016	P14 15/3	<0,05	<0,12	<0,12	<0,13	<0,10	1,26	1,63	<0,10	<0,05	<0,05	<0,12	<0,11	<0,11	<0,10	0,9	0,36	1,26
		P14 15/4	<0,12	<0,13	<0,14	<0,16	<0,13	<0,24	0,4	<0,13	<0,09	<0,09	<0,12	<0,11	<0,11	<0,10	0,8	<0,17	<0,28
		P14 16/1	<0,10	<0,13	<0,15	4,02	1,84	29,45	41,98	<0,10	<0,09	1,14	<0,16	<0,14	<0,11	<0,11	2,33	0,59	2,51
	2017	P14 16/2	<0,12	<0,22	<0,27	<0,29	<0,24	2,38	1,4	<0,15	<0,13	<0,12	<0,22	<0,20	<0,20	0,97	<0,29	<0,68	
		P14 16/3	<0,10	<0,19	<0,23	<0,33	<0,47	4,12	0,66	<0,13	<0,12	<0,11	<0,19	<0,29	<0,18	<0,17	<0,46	<0,26	<0,60
		P14 16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,15	0,94	0,08	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,12	<0,12	<0,33	<0,19	0,58
2018	P14 17/1	<0,23	<0,25	<0,30	<0,35	<0,29	3,37	8,11	<0,21	0,57	<0,19	<0,23	<0,21	<0,23	<0,21	2,19	<0,27	1,47	
	P14 17/2	<0,40	<0,49	<0,56	1,35	0,97	1,32	5,02	0,97	<0,40	0,77	1,35	0,77	2,12	<0,44	10,23	1,35	5,21	
	P14 18/1	<0,11	<0,14	<0,16	0,31	<0,10	4,17	11,27	0,62	0,62	0,46	0,31	0,46	<0,15	<0,11	2,01	0,46	1,85	
Saint Bon	P14 18/2	<0,13	<0,20	<0,19	<0,22	<0,17	2,90	2,16	<0,09	<0,23	<0,14	<0,16	<0,26	<0,23	<0,22	<0,26	<0,40	<0,25	<0,80
	P14 18/3	0,04	<0,09	<0,12	<0,12	<0,10	0,77	2,16	<0,09	<0,06	<0,06	<0,11	<0,09	<0,11	<0,10	<0,13	<0,14	<0,31	
	P14 18/4	<0,25	<0,23	<0,23	<0,23	<0,22	1,66	6,83	<0,47	0,41	1,24	<0,40	<0,43	0,62	<0,40	2,07	<0,26	1,24	
Fossamastra	2014	P14 14/0	<0,36	<0,55	<0,44	<0,56	<0,47	<1,02	5,5	<0,44	<0,36	<0,36	<0,45	<0,48	<0,52	<0,49	<0,59	<0,56	<1,15
		P14 14/1	<0,07	<0,12	<0,14	<0,17	<0,14	<0,26	1,62	<0,09	<0,06	<0,06	<0,08	<0,08	<0,09	<0,09	<0,18	<0,17	<0,49
		P14 14/2	<0,07	<0,18	<0,15	<0,19	<0,15	<0,31	<0,56	<0,15	<0,10	<0,10	<0,12	<0,11	<0,14	<0,14	<0,17	<0,17	<0,44
	2015	P14 15/1	<0,17	0,87	<0,27	1,22	<0,26	3,82	4	0,52	0,87	0,52	0,69	1,04	0,69	<0,21	1,74	<0,30	2,61
		P14 15/2	<0,19	<0,29	<0,30	<0,34	<0,28	2,47	<0,72	0,33	0,33	0,16	<0,23	<0,23	0,33	<0,21	0,99	<0,30	1,97
		P14 15/3	<0,08	<0,52	<0,28	<0,31	<0,25	<0,33	3,07	<0,15	<0,09	<0,10	<0,19	<0,17	<0,19	<0,19	<0,23	<0,23	<0,54
	2016	P14 15/4	<0,14	<0,14	<0,16	<0,18	<0,15	<0,24	<0,35	<0,14	<0,11	<0,11	<0,12	<0,12	<0,12	<0,11	0,54	<0,16	<0,27
		P14 16/1	<0,10	<0,13	<0,15	9,35	5,56	46,76	67,46	<0,10	0,49	1,15	2,43	<0,11	<0,11	<0,11	3,27	<0,17	2,39
		P14 16/2	<0,12	<0,22	<0,27	<0,30	<0,10	4,78	14,92	<0,15	<0,13	<0,12	<0,22	<0,20	<0,20	<0,20	3,58	<0,30	<0,69
	2017	P14 16/3	<0,10	<0,19	<0,23	<0,37	<0,21	<0,27	0,16	<0,11	<0,11	<0,07	<0,24	<0,17	<0,17	<0,17	<0,41	<0,26	<0,59
		P14 16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	0,79	9,79	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	0,33	<0,19	0,12
		P14 17/1	<0,19	<0,23	<0,28	<0,32	<0,27	7,37	15,74	<0,20	<0,16	0,73	<0,20	<0,18	<0,20	<0,19	2,53	0,47	2,17
2018	P14 17/2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
	P14 17/3	<0,50	<0,65	<0,95	<0,91	<0,76	<1,44	11,13	<0,42	<0,64	<0,58	<0,58	<0,56	<0,56	<0,58	<0,76	<0,79	<1,76	
	P14 17/4	<0,11	<0,11	0,36	2,52	1,80	5,68	22,88	1,44	0,72	1,08	1,26	0,58	0,54	<0,12	1,80	0,54	1,44	
Melara	2014	P14 14/0	<0,17	<0,35	<0,39	<0,49	<0,40	<0,74	9,59	<0,34	<0,22	<0,22	<0,31	<0,31	<0,33	<0,30	<0,42	<0,38	<0,92
		P14 14/1	<0,08	<0,23	<0,17	<0,21	<0,17	<0,32	3,43	<0,20	<0,09	<0,10	<0,14	<0,14	<0,16	<0,17	1,44	<0,21	<0,44
		P14 14/2	<0,08	<0,21	<0,14	<0,17	<0,14	1,11	3,66	<0,16	<0,11	<0,11	<0,14	<0,14	<0,16	<0,14	1,59	0,48	1,59
	2015	P14 15/1	<0,21	<0,22	<0,23	<0,29	<0,23	2,26	<0,57	<0,44	<0,15	0,7	0,87	0,52	0,87	<0,21	2,26	<0,24	1,74
		P14 15/2	<0,15	<0,19	<0,20	0,7	0,52	2,97	3,67	0,52	0,52	0,7	0,7	0,7	0,52	<0,16	2,27	0,7	2,62
		P14 15/3	<0,06	<0,11	<0,10	<0,11	<0,09	<0,19	3,28	<0,11	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,06	<0,12	<0,12	<0,46
	2016	P14 15/4	<0,11	<0,14	<0,11	<0,14	<0,11	1,35	4,59	0,41	<0,10	0,54	0,27	0,41	0,27	<0,09	1,22	<0,11	0,81
		P14 16/1	<0,10	<0,13	<0,17	2,34	1,46	12,13	16,84	<0,10	0,36	1,03	1,51	0,71	<0,11	<0,11	3,83	<0,17	4,68
		P14 16/2	<0,12	<0,21	<0,27	<0,29	<0,24	6,85	26,69	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,20	3,58	<0,29	<0,69
	2017	P14 16/3	<0,10	<0,19	<0,23	0,32	0,21	2,92	10,88	<0,13	<0,11	<0,11	<0,36	0,4	<0,17	<0,17	<0,45	<0,26	<0,59
		P14 16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	3,54	11,33	0,41	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,33	<0,19	2,15
		P14 17/1	<0,26	<0,27	<0,33	<0,38	<0,32	4,17	17,11	<0,25	<0,20	<0,19	<0,23	<0,21	<0,25	<0,22	3,32	0,93	3,90
2018	P14 17/2	<0,43	<0,51	<0,62	<0,61	<0,51	4,63	11,39	0,77	<0,43	0,97	2,32	1,93	1,74	<0,51	13,13	2,51	6,76	
	P14 17/3	<0,62	<0,87	<1,07	<1,02	<0,85	<1,31	7,31	<0,45	<0,64	<0,64	<0,64	<0,57	<0,64	<0,57	<0,95	<0,94	<1,95	
	P14 17/4	<0,08	<0,19	<0,20	1,80	0,72	7,57	12,79	0,90	0,54	0,90	0,90	0,54	0,54	<0,14	1,98	<0,18	1,62	
2015	P14 18/1	<0,14	<0,15	<0,21	<0,19	<0,15	4,94	8,34	<0,20	<0,11	0,93	<0,15	<0,14	<0,14	<0,15	2,16	<0,19	<0,39	
	P14 18/2	<0,22	<0,21	<0,24	0,77	<0,18	8,11	15,44	1,35	0,77	0,58	1,16	<0,23	<0,24	<0,19	1,74	<0,28	2,32	
	P14 18/3	<0,10	<0,11	<0,12	<0,13	0,31	1,39	4,94	<0,16	<0,08	<0,08	<0,10	<0,09	<0,10	<0,09	1,08	<0,14	<0,22	
2016	P14 18/4	<0,29	<0,58	1,03	5,58	2,90	24,20	35,99	2,07	1,03	3,52	1,24	<0,85	3,10	0,83	4,14	0,62	2,69	
	P14 15/3	<0,06	<0,13	<0,12	<0,14	<0,12	<0,17	<0,48	<0,07	<0,05	<0,05	<0,08	<0,07	<0,07	<0,10	<0,10	<0,10	<0,41	
	P14 15/4	<0,13	<0,13	<0,13	<0,15	<0,13	<0,19	8,47	<0,12	<0,09	<0,09	<0,11	<0,11	<0,11	<0,10	<0,15	<0,14	<0,25	
2017	P14 16/1	<0,10	0,14	<0,15	7,94	3,25	32,91	27,79	<0,11	0,5	1,31	2,34	<0,11	<0,12	<0,12	1,99	0,06	1,36	
	P14 16/2	<0,12	<0,21	<0,26	<0,29	<0,24	4,92	1,38	<0,15	<0,13	<0,12	<0,21	<0,20	<0,20	<0,19	<0,52	<0,29	<0,67	
	P14 16/3	<0,10	<0,19	<0,23	2,27	0,49	10,07	8,12	0,46	<0,06	<0,05	0,83	0,24	<0,17	<0,17	1,04	0,41	<0,59	
2018	P14 16/4	<0,07	<0,14	<0,17	<0,19	<0,16	3,89	13,48	<0,10	<0,08	<0,08	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	1	<0,19	<0,44	
	P14 17/1	<0,24	<0,22	<0,31	<0,38	<0,31	2,72	7,31	<0,18	<0,17	<0,17	<0,20	<0,18	<0,21	<0,				

### A.6.6. Ratei di deposizione di PCB (2014 – 2018). Valori in pg/m<sup>2</sup>/d

		Rateo di PCB nelle deposizioni – [pg/m <sup>2</sup> /d]													
Postazione	Anno	Campagna	PCB 81	PCB 77	PCB 126	PCB 169	PCB 105	PCB 114	PCB 118	PCB 123	PCB 156	PCB 157	PCB 167	PCB 189	
Bolano	2014	P14 14/0	<2	<2	<4	<1	<3	<3	<3	<3	<2	<2	<2	<2	
		P14 14/1	<1	<1	<4	<1	<4	<3	<3	<4	5	<1	2	<1	
		P14 14/2	<1	5	<2	<2	55	4	137	3	52	12	27	7	
		P14 15/1	<1	1	4	2	2	2	2	1	<2	1	1	3	
	2015	P14 15/2	1	2	3	2	1	2	1	1	<1	1	1	1	
		P14 15/3	<1	1	<1	<1	<1	<1	4	<1	1	1	1	1	
		P14 15/4	<1	1	1	<0,5	1	<1	4	<1	1	0,5	1	1	
		P14 16/1	<0,4	1,5	1	<0,2	3,2	<0,9	6,2	<0,9	3,2	0,2	0,2	0,2	
	2016	P14 16/2	<0,0	3,8	0,9	<0,4	0,9	0,8	4,5	<1,3	3,3	0,1	0,3	1,3	
		P14 16/3	<0,5	0,7	0,8	<0,3	1	<0,7	0,9	<1,1	1,3	0,4	0,3	0,4	
		P14 16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	0,8	<0,5	0,7	<0,8	2,5	0,3	0,3	0,3	
		P14 18/3	4,3	<1,2	19,8	<2,5	44,5	<2,5	2,4	9,7	1,7	2,8	<1,7	2,6	
	Follo	2014	P14 14/0	<1	<1	<3	<1	<2	<2	<2	<3	<1	<1	<1	<1
			P14 14/1	<1	4	<1	<1	<4	<1	<4	3	<1	<1	<1	<1
P14 14/2			<1	3	<1	<1	<2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
P14 15/1			<1	1	2	<1	1	<1	1	<1	1	1	1	1	
2015		P14 15/2	3	2	3	5	2	5	2	<2	1	1	1	5	
		P14 15/3	<1	1	3	1	4	4	22	<1	4	1	1	1	
		P14 15/4	<1	1	1	<1	1	<1	7	<1	1	1	1	1	
		P14 16/1	<0,4	3,3	0,8	<0,2	2,7	<0,0	8,1	1,7	4	1,5	2,7	1,2	
2016		P14 16/2	<0,6	2,9	0,9	0,3	3,9	<0,1	11,6	0,4	8,9	1,3	3,6	0,5	
		P14 16/3	<0,5	0,7	0,8	<0,3	1	0,9	<1,1	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4	
		P14 16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,7	<0,8	0,3	0,3	0,3	0,3	
		P14 17/1	<2,7	3,1	4,4	<1,9	3,7	<3,3	3	<3,2	2,1	2,4	1,3	1,5	
2017		P14 17/2	<2,7	2,7	3,8	<1,1	14,1	<4,4	22	<4,0	1,5	1,4	1,5	1,6	
		P14 17/3	<1,5	1,5	3,6	<0,9	13,7	<3,2	18,8	<2,9	1,1	1,1	0,7	0,5	
	P14 17/4	<0,6	2,7	0,9	<0,4	5,4	<0,9	8,1	<1,0	1,1	1,1	0,7	0,5		
	P14 18/1	84,9	<1,6	1592,3	<3,4	3991,5	139,0	10,2	2465,6	237,8	1153,7	36,6	703,5		
2018	P14 18/2	421,2	<4,6	1464,1	<7,3	2537,3	48,5	113,5	585,3	193,8	300,8	<6,6	35,9		
	P14 18/3	3,4	<1,0	19,5	<2,6	45,7	<2,8	2,4	9,9	1,1	1,5	<0,9	0,9		
	P14 18/4	2,3	<1,3	16,8	<1,8	32,1	<1,8	1,7	5,2	1,9	2,7	<0,8	1,5		
	P14 14/0	<2	<2	<3	<1	<2	<3	<3	<3	<1	<1	<1	<1		
Arcola	2014	P14 14/1	<1	27	12	<2	11	<4	25	<5	31	8	12	4	
		P14 14/2	<1	14	5	<2	45	<2	78	<2	29	9	3	3	
		P14 15/1	3	84	22	<4	199	9	451	8	114	36	51	9	
		P14 15/2	<1	12	4	2	42	2	70	2	23	7	9	4	
	2015	P14 15/3	3	4	3	2	14	2	40	<2	6	3	5	1	
		P14 15/4	<1	122	26	<2	277	10	542	7	128	39	56	7	
		P14 16/1	<0,4	50,3	10,8	<0,2	139,6	<0,9	239,1	<0,9	62,9	19,5	26,3	3,7	
		P14 16/2	5,1	184,2	49,7	<0,3	568,1	13,1	1008,8	18,9	85,5	87,6	104,1	7,5	
	2016	P14 16/3	<0,1	0,2	0,2	<0,1	0,2	<0,2	0,2	<0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	
		P14 16/4	<0,4	46,9	18,1	<0,2	127,6	2,5	174	3,2	105	25,8	30,1	7,7	
		P14 17/1	<3,5	107,5	29,8	<4,7	335,5	<5,7	564,7	<5,5	187,3	56,6	64,1	11,1	
		P14 17/2	<2,5	77,2	21,4	<2,6	279	<4,8	400,6	<4,9	168	55	55,6	12,2	
	2017	P14 17/3	<1,8	1,9	4,5	<1,1	24,6	<3,4	59,9	<3,7	6	4,5	1,7	2,1	
		P14 17/4	2	93,7	22,3	<1,7	239,6	6,8	419,8	8,6	109,9	33,7	53,7	6,5	
P14 18/1		2,5	<0,7	37,1	<1,5	81,9	<1,6	2,5	48,3	6,5	24,7	<1,2	11,3		
P14 18/2		31,7	<3,2	396,1	<3,1	613,5	29,5	7,9	127,6	46,7	89,5	<7,4	12,4		
2018	P14 18/3	2,8	<1,1	8,8	<1,9	23,2	2,5	2,0	4,6	1,5	2,8	<0,8	1,5		
	P14 18/4	4,4	<1,5	40,0	<2,4	75,3	<2,5	2,2	15,6	3,9	8,9	<1,2	3,3		
	P14 14/0	<1	<1	<3	<1	<3	<3	<3	<3	<1	<1	<1	<1		
	P14 14/1	<1	<1	<4	<1	<3	<4	<3	<4	6	<2	4	<2		
Le Grazie	2014	P14 14/2	<1	3	<1	<1	5	<1	4	<1	4	4	2	<2	
		P14 15/1	3	5	3	2	26	3	50	2	10	2	5	5	
		P14 15/2	2	2	2	2	9	2	8	1	8	1	2	4	
		P14 15/3	1	2	1	1	4	<1	18	<1	3	1	1	1	
	2015	P14 15/4	<1	1	1	<1	9	<1	26	<1	5	1	2	1	
		P14 16/1	<0,4	2,8	1	<0,2	11,9	1,5	31,7	<0,3	10	2	3,7	1,1	
		P14 16/2	<0,6	3,3	1,5	<0,7	1,2	2	7	<1,4	9,4	0,5	1,6	1,6	
		P14 16/3	<0,5	1,5	0,8	<0,3	3,9	<0,1	3,4	<1,1	10,4	1,1	9,1	0,4	
	2016	P14 16/4	<0,4	0	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,7	<0,8	0,1	0,8	5,2	3,1	
		P14 17/2	<2,1	2,3	3,9	<1,5	6,9	<3,7	34,2	<3,6	2,9	1,7	3,7	2	
		P14 14/0	<1	<1	<3	<1	<3	<3	<3	<3	<1	<1	<1	<1	
		P14 14/1	<1	<1	<3	<1	<2	<3	<3	<3	<1	<1	2	<1	
	Chiappa	2015	P14 14/2	<1	<1	<2	<1	5	<1	5	<2	2	<1	<1	<1
			P14 15/1	2	1	2	2	1	2	1	<1	2	1	1	4
P14 15/2			2	2	1	2	1	1	1	<1	1	1	1	3	
P14 15/3			<1	3	2	2	6	<1	31	2	4	2	2	2	
2016		P14 15/4	<1	1	1	<1	2	<1	5	<1	1	1	1	1	
		P14 16/1	<0,4	3,2	0,9	<0,2	6,8	<0,9	17,8	<0,9	6,9	2	3,3	0,8	
		P14 16/2	<0,6	2,7	1	0,4	2,8	<0,1	7,3	1,3	4,1	0,2	2,3	0,9	
		P14 16/3	<0,5	2,1	0,8	<0,3	1	<0,1	0,9	<1,1	0,4	0,3	0,4	0,4	
2017	P14 16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	0,8	<0,2	0,7	<0,8	3,6	0,4	0,3	0,3		
	P14 14/0	<2	<2	<4	<2	<3	<3	<3	<3	13	<2	<2	<2		

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107



Postazione	Anno	Campagna	Rateo di PCB nelle deposizioni – [pg/m <sup>2</sup> /d]														
			PCB 81	PCB 77	PCB 126	PCB 169	PCB 105	PCB 114	PCB 118	PCB 123	PCB 156	PCB 157	PCB 167	PCB 189			
Saint Bon	2015	P14 14/1	<1	<1	<3	<2	<2	<2	<2	<2	<3	10	<2	4	3		
		P14 14/2	<1	7	<2	<1	23	<2	40	<2	4	2	2	2	2		
		P14 15/1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
		P14 15/2	<1	7	3	2	33	4	87	<2	13	3	7	3	3	3	
	2016	P14 15/3	<1	4	1	1	35	3	90	<1	10	3	7	3	3	3	
		P14 15/4	<1	1	<1	<1	18	<1	44	<1	5	1	2	1	1	1	
		P14 16/1	<0,3	11,8	1	<0,2	57,8	<0,3	117,4	6	24,6	7,4	15	3,8	3,8	3,8	
		P14 16/2	<0,6	6	2,6	0,4	55,6	1,4	103,3	2,3	10,6	0,7	6,8	2,2	2,2	2,2	
	2017	P14 16/3	<0,5	6,1	0,9	<0,3	21,6	3,4	34,9	<0,3	4,1	0,8	4,3	0,4	0,4	0,4	
		P14 16/4	<0,4	2,6	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,6	<0,8	2,9	1	0	0,3	0,3	0,3	
		P14 17/1	<2,2	2,3	3,3	<1,1	16,2	<3,1	41,5	<3,0	8,7	1,5	1,3	1,4	1,4	1,4	
		P14 17/2	<1,4	1,6	2,9	<1,2	47,1	<2,9	91,5	<2,8	13,5	4,2	6	1,5	1,5	1,5	
	2018	P14 18/1	4,0	<0,9	55,9	<1,7	142,9	2,3	1,6	70,6	7,3	39,1	<1,3	18,5	18,5	18,5	
		P14 18/2	18,1	<1,6	64,7	<3,3	127,8	<3,4	3,4	34,7	13,3	7,7	7,7	1,4	1,4	1,4	
		P14 18/3	6,6	<1,4	69,5	<3,4	144,4	<3,9	3,4	25,2	4,3	9,9	<2,4	3,9	3,9	3,9	
		P14 18/4	13,7	<2,2	157,3	6,0	296,0	5,6	3,0	39,3	8,3	18,0	<1,9	4,3	4,3	4,3	
	Fossasmastra	2014	P14 14/0	<3	<3	<6	<5	<5	<5	<5	<5	<6	<6	<6	<6	<6	
			P14 14/1	<1	<1	<1	<1	<3	<3	<3	<3	4	<1	<1	<1	<1	
			P14 14/2	<1	4	<2	<1	6	<2	3	<2	2	1	<1	1	1	1
			P14 15/1	2	6	3	2	18	2	40	1	7	2	3	4	4	4
		2015	P14 15/2	2	5	3	1	18	3	34	1	7	1	5	3	3	3
			P14 15/3	<1	5	1	<1	19	3	57	2	13	4	6	2	2	2
			P14 15/4	<1	1	1	<1	25	<1	58	<1	6	1	1	1	1	1
			P14 16/1	<0,4	0,5	1	<0,2	34,2	<0,9	59,6	<0,9	18,4	3,3	7,3	0,2	0,2	0,2
2016		P14 16/2	<0,6	8,4	1	<0,4	55,9	1,3	93,8	<1,3	4,9	5,1	11	3,5	3,5	3,5	
		P14 16/3	<0,5	1,8	0,8	<0,3	8,3	1,7	5	<1,1	4,1	2,4	2	0,4	0,4	0,4	
		P14 16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	5,6	1,6	11,2	<0,8	12,2	1,9	4,2	0,3	0,3	0,3	
		P14 17/1	<2,5	1,8	3,1	<1,4	6,1	<3,3	21	<2,8	5,8	2,2	3,4	1,7	1,7	1,7	
2017		P14 17/2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
		P14 17/3	<1,8	2,1	5,2	<2,3	97	<4,2	249,6	<4,4	35,6	6,4	12,7	2,6	2,6	2,6	
		P14 17/4	<0,8	5,9	1,4	<1,1	42,9	<1,4	81,8	2,9	14,1	5,2	7	2,7	2,7	2,7	
		P14 18/1	<4	75	19	<16	671	32	1668	21	298	79	161	11	11	11	
2018		P14 14/0	<3	5	<5	<4	70	10	334	<6	46	12	36	7	7	7	
		P14 14/2	<1	10	3	<2	39	3	93	2	26	6	12	7	7	7	
		P14 15/1	2	11	4	<2	104	8	269	6	41	7	16	6	6	6	
		P14 15/2	2	10	2	4	96	7	217	5	39	8	21	7	7	7	
Melara		2015	P14 15/3	1	11	1	<1	43	3	117	2	22	5	9	2	2	2
			P14 15/4	<1	4	2	<2	40	<1	109	<1	24	4	9	2	2	2
			P14 16/1	<0,4	13,3	4,6	<0,2	101,8	5,3	249,5	<0,9	69,7	11,4	31,7	6,9	6,9	6,9
			P14 16/2	<0,6	18,7	0,9	<1,7	95,4	5	200,1	<3,8	60,8	13,6	26,8	9,1	9,1	9,1
	2016	P14 16/3	<0,5	14,3	6,2	<0,3	108,3	6,2	217,4	5,8	54,7	14,1	35,1	9,3	9,3	9,3	
		P14 16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	45,7	<0,5	87,3	<0,8	31,9	0,3	15,2	0,3	0,3	0,3	
		P14 17/1	<3,5	4,2	7,8	<4,9	120,3	<5,4	267,9	<5,7	41,5	9,4	20,8	4,3	4,3	4,3	
		P14 17/2	<1,8	21,8	3,9	<1,9	158,3	11,2	315,6	8,7	67,6	13,3	32,4	6,9	6,9	6,9	
	2017	P14 17/3	<1,8	10,5	4,4	<2,7	91,4	<4,0	182	<4,5	56,4	11,1	23,8	7,2	7,2	7,2	
		P14 17/4	1,4	15,9	2,9	<1,6	118,9	6,5	241,4	6,1	46,8	10,3	24,3	5,9	5,9	5,9	
		P14 18/1	1,8	<1,8	99,8	<5,0	207,9	<5,2	5,0	54,7	15,1	38,6	<4,4	4,6	4,6	4,6	
		P14 18/2	8,9	<1,1	85,9	7,1	220,1	3,5	1,9	45,8	7,9	24,7	<1,7	8,9	8,9	8,9	
	2018	P14 18/3	13,3	<1,5	61,3	4,0	147,5	4,3	4,3	36,1	7,4	18,8	<3,2	5,1	5,1	5,1	
		P14 18/4	18,0	<2,0	164,4	6,4	340,2	7,2	5,0	72,6	17,2	35,0	<2,7	13,9	13,9	13,9	
		P14 15/3	<1	1	1	<1	15	1	47	2	6	1	4	1	1	1	
		P14 15/4	<1	1	1	<1	1	<1	1	<1	1	1	1	1	1	1	
	2016	P14 16/1	<0,4	1,6	0,4	<0,2	17,9	<0,9	36,3	<0,4	10,7	2,3	4	0,6	0,6	0,6	
		P14 16/2	<0,6	6,7	0,9	<0,8	22,8	<0,8	53,2	<2,2	17,3	3,9	10,8	0,5	0,5	0,5	
		P14 16/3	<0,5	6,2	0,8	<0,3	20,6	1,2	41,7	3,8	7,6	1,4	3,3	0,4	0,4	0,4	
		P14 16/4	<0,4	0,5	0,6	<0,2	0,7	<0,5	0,7	<0,8	5,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
	2017	P14 17/1	<1,9	2,3	3,1	<1,4	2,7	<2,5	9,2	<2,3	3,9	1,5	1,4	1,6	1,6	1,6	
		P14 17/2	<2,2	2,5	3,8	<1,4	26,1	<3,6	51,7	<3,6	9,1	2,5	5,6	1,9	1,9	1,9	
		P14 17/3	<1,6	1,6	4,1	<1,4	22,4	<4,2	56,1	<3,2	6	3,5	2,5	2,1	2,1	2,1	
		P14 17/4	<0,7	4,1	1	<0,7	12,3	<1,0	25,4	<1,1	5,2	1,6	2	0,7	0,7	0,7	
2018	P14 18/1	2,5	<0,6	11,7	<1,0	32,9	1,1	1,0	6,2	1,5	3,2	<0,6	0,9	0,9	0,9		
	P14 18/2	5,2	<1,3	32,6	<2,7	56,9	<2,8	2,7	12,7	4,1	7,1	<1,3	3,5	3,5	3,5		
	P14 18/3	4,3	<1,1	25,5	<2,4	49,4	<2,7	2,3	15,9	1,8	5,6	<1,6	1,7	1,7	1,7		
	P14 18/4	5,4	<1,7	36,1	2,9	83,3	<2,2	2,1	13,1	3,3	7,7	<1,3	2,7	2,7	2,7		

## A.6.7. APPENDICE – Ratei di deposizione di specie ioniche (2014 – 2018)

Postazione	Anno	Campagna	Rateo di deposizione delle specie ioniche nelle deposizioni - [mg/m <sup>2</sup> /d]									
			Ca <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nsSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
Bolano	2014	P14 14/0	1,9	3,1	0,5	0,4	0,85	4,6	3,6	2,2	1,6	
		P14 14/1	3,5	9,0	1,2	0,8	0,61	14,4	2,7	7,1	5,1	
		P14 14/2	1,7	3,1	0,5	0,4	1,11	4,3	4,7	4,0	3,4	
	2015	P14 15/1	4,1	10,0	1,3	0,5	0,17	15,0	6,4	4,9	2,8	
		P14 15/2	3,0	2,8	0,5	0,4	0,39	4,0	4,4	3,1	2,6	
		P14 15/3	1,6	0,8	0,2	0,9	0,28	0,9	1,8	1,3	1,2	
		P14 15/4	3,5	4,2	0,7	0,8	0,15	6,2	5,4	5,8	4,9	
	2016	P14 16/1	5,7	13,0	1,3	2,6	2,12	20,3	8,3	6,3	3,5	
		P14 16/2	4,7	4,5	0,7	1,1	1,19	5,3	3,1	2,4	1,7	
		P14 16/3	5,4	1,3	0,8	4,8	1,36	2,8	1,8	1,8	1,4	
	P14 16/4	3,9	1,4	0,3	0,5	0,67	3,2	2,5	1,9	1,5		
	2017	P14 17/1	3,0	12,0	1,3	0,9	2,28	17,6	11,7	9,9	7,5	
		P14 17/2	3,7	4,9	0,8	0,7	0,29	7,3	5,0	3,3	2,3	
		P14 17/3	2,3	1,8	0,3	0,8	0,72	3,3	1,5	1,2	0,8	
	P14 17/4	1,8	3,4	0,4	0,7	0,23	4,9	4,4	2,5	1,8		
	2018	P14 18/1	1,5	9,2	1,2	0,8	1,3	17,2	8,8	5,9	3,5	
		P14 18/2	10,3	6,0	1,2	0,8	2,8	13,2	10,7	9,8	8,0	
		P14 18/3	6,8	3,6	0,6	1,3	0,8	4,9	3,4	2,9	2,2	
		P14 18/4	54,7	31,5	7,7	12,8	2,5	60,6	6,3	27,2	18,7	
	Follo	2014	P14 14/0	2,7	3,4	0,6	0,3	0,44	5,2	3,8	2,4	1,7
			P14 14/1	2,7	3,8	0,5	0,5	2,04	5,6	6,2	5,1	4,4
			P14 14/2	2,4	4,6	0,7	0,4	1,61	6,4	7,5	7,0	6,1
		2015	P14 15/1	2,0	11,1	1,1	0,5	0,31	16,6	5,9	5,2	2,9
			P14 15/2	3,9	4,6	0,7	0,5	1,07	6,5	7,4	4,7	3,8
P14 15/3			1,0	0,7	0,1	0,2	0,09	0,9	1,9	0,7	0,6	
P14 15/4			5,5	5,8	0,8	0,4	0,54	9,7	4,9	5,9	4,6	
2016		P14 16/1	2,5	8,6	0,7	0,5	1,54	13,7	6,6	5,5	3,6	
		P14 16/2	4,7	4,1	0,6	1,2	1,95	7,2	3,5	2,9	1,9	
		P14 16/3	2,5	1,4	0,2	0,2	0,15	2,5	2,3	1,3	0,9	
P14 16/4		2,3	1,8	0,3	0,3	0,01	3,0	3,2	1,7	1,3		
2017		P14 17/1	9,0	12,9	1,2	1,2	3,39	19,0	12,5	10,9	8,2	
		P14 17/2	3,0	6,2	0,8	0,4	0,77	9,0	6,4	4,0	2,8	
		P14 17/3	2,5	1,6	0,2	0,2	0,01	2,6	2,2	1,3	1,0	
P14 17/4		3,3	4,9	0,5	0,3	0,21	7,2	5,3	3,2	2,1		
2018		P14 18/1	1,5	11,9	1,5	0,9	2,6	22,9	11,2	8,3	5,1	
		P14 18/2	8,5	6,5	1,2	0,9	3,4	14,4	9,5	9,4	7,4	
		P14 18/3	2,9	3,2	0,3	0,2	0,3	2,0	3,2	2,2	1,9	
		P14 18/4	46,4	47,2	7,7	2,9	4,7	83,5	14,1	34,5	22,9	
Arcola		2014	P14 14/0	3,0	3,3	0,5	0,5	0,44	5,8	3,0	2,3	1,4
			P14 14/1	4,3	6,7	0,9	0,7	0,12	11,6	0,4	5,8	4,2
			P14 14/2	1,9	3,4	0,5	0,4	0,80	6,3	3,8	2,8	1,9
		2015	P14 15/1	4,9	13,4	1,6	0,5	0,30	21,0	5,8	5,5	2,6
			P14 15/2	4,3	4,0	0,6	0,7	0,21	6,4	5,2	3,8	2,9
	P14 15/3		1,7	0,7	0,1	0,3	0,00	1,8	1,6	0,8	0,6	
	P14 15/4		7,7	6,4	1,6	0,2	0,71	12,8	9,4	8,5	6,7	
	2016	P14 16/1	4,5	11,4	1,2	2,2	2,00	19,0	8,4	6,4	3,7	
		P14 16/2	5,7	5,4	0,8	1,4	1,97	10,2	5,0	4,5	3,1	
		P14 16/3	1,1	0,7	0,1	0,2	0,07	1,2	1,3	0,7	0,6	
	P14 16/4	2,9	2,4	0,4	0,2	1,01	3,4	5,3	3,0	2,6		
	2017	P14 17/1	2,4	10,6	0,9	0,8	2,75	16,3	10,6	8,7	6,4	
		P14 17/2	3,2	4,3	0,6	0,8	0,41	6,1	4,9	3,9	3,0	
		P14 17/3	0,9	1,4	0,1	0,3	0,06	2,2	0,9	0,6	0,3	
	P14 17/4	2,7	3,8	0,4	0,4	0,27	6,6	4,9	2,6	1,7		
	2018	P14 18/1	2,1	9,5	1,2	0,7	1,6	18,7	9,6	6,0	3,4	
		P14 18/2	9,1	7,0	1,2	0,9	2,2	15,5	7,7	8,8	6,6	
		P14 18/3	1,3	0,9	0,1	0,1	0,01	2,2	0,01	0,1	0,0	
		P14 18/4	38,1	34,3	5,9	3,1	1,8	64,5	8,3	25,7	16,7	
	Le Grazie	2014	P14 14/0	5,7	3,8	0,7	0,6	0,27	6,0	2,4	3,9	3,0
			P14 14/1	3,7	8,3	1,2	0,6	0,51	13,2	7,1	7,4	5,6
			P14 14/2	1,5	2,2	0,3	0,6	1,09	3,7	2,0	2,4	1,9
		2015	P14 15/1	3,1	20,5	2,5	0,9	0,79	31,8	5,8	7,2	2,8
			P14 15/2	4,4	4,8	0,8	0,7	0,06	7,3	4,8	4,3	3,3
P14 15/3			1,0	1,2	0,1	0,2	0,00	1,6	0,8	0,5	0,3	
P14 15/4			3,3	7,2	1,0	0,5	0,09	11,8	1,5	5,1	3,4	
2016		P14 16/1	3,4	11,3	1,1	0,7	1,80	17,8	6,0	5,8	3,3	
		P14 16/2	5,2	7,3	1,0	0,9	1,03	14,6	6,4	4,9	2,9	
		P14 16/4	0,5	0,3	0,0	0,0	0,00	0,5	0,5	0,2	0,2	
2017		P14 17/1	1,6	13,5	1,4	0,7	2,05	21,0	7,8	7,7	4,8	
		P14 17/2	2,7	4,9	0,6	0,4	0,52	7,1	4,2	3,4	2,4	

Postazione	Anno	Campagna	Ratio di deposizione delle specie ioniche nelle deposizioni - [mg/m <sup>2</sup> /d]									
			Ca <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nsSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
Chiappa	2018	P14 17/3	1,3	1,2	0,2	0,2	0,49	2,0	0,8	0,6	0,3	
		P14 17/4	2,7	5,9	0,6	0,4	0,07	8,7	4,1	3,3	2,1	
		P14 18/1	1,1	9,6	1,2	9,7	1,6	17,9	9,6	5,9	3,4	
		P14 18/2	7,1	7,5	1,3	9,7	0,6	14,4	5,3	6,3	4,3	
	2014	P14 18/3	1,6	0,9	0,2	0,1	0,1	1,7	0,2	0,8	0,6	
		P14 18/4	42,3	57,0	8,7	3,1	2,4	106,0	8,8	32,7	17,9	
		P14 14/0	2,4	5,8	0,7	0,7	0,04	8,8	4,1	2,7	1,5	
		P14 14/1	2,9	5,2	0,8	0,8	0,39	7,9	6,6	4,6	3,5	
	2015	P14 14/2	1,6	3,6	0,5	0,6	1,59	5,1	4,8	3,7	3,0	
		P14 15/1	2,7	11,8	1,3	0,5	0,14	18,1	5,8	5,9	3,4	
		P14 15/2	2,1	3,8	0,5	0,4	0,77	5,5	5,0	4,2	3,4	
		P14 15/3	0,6	0,7	0,1	0,4	0,09	0,8	0,9	0,6	0,5	
	2016	P14 15/4	3,0	5,5	0,6	0,5	1,21	8,6	7,3	7,2	6,0	
		P14 16/1	3,6	8,8	0,8	0,8	4,02	13,9	12,5	6,7	4,7	
		P14 16/2	4,7	4,0	0,6	1,2	1,54	9,9	7,7	4,5	3,1	
		P14 16/3	1,0	0,8	0,1	0,3	0,20	1,1	1,0	0,7	0,5	
	2017	P14 16/4	2,0	2,6	0,4	2,2	12,26	3,9	3,4	5,0	4,5	
		P14 17/1	2,4	16,6	1,6	0,9	2,60	25,5	13,4	12,3	8,8	
		P14 17/2	2,6	5,3	0,7	0,6	0,29	7,7	5,2	4,0	2,9	
		P14 17/3	0,6	1,0	0,3	2,9	0,004	1,5	0,5	0,6	0,4	
2018	P14 17/4	1,5	3,6	0,3	0,5	0,39	5,0	4,5	2,6	1,9		
	P14 18/1	1,6	11,0	1,3	0,8	1,1	20,7	10,5	7,0	4,1		
	P14 18/2	5,9	5,2	0,8	0,6	2,5	11,0	6,5	6,8	5,2		
	P14 18/3	1,8	1,0	0,2	0,5	0,004	2,5	0,01	1,1	0,8		
Maggiolina	2014	P14 18/4	56,2	54,0	8,7	3,4	4,7	99,8	12,8	40,0	26,0	
		P14 14/0	3,6	4,5	0,7	0,9	0,02	7,0	2,0	2,4	1,4	
		P14 14/1	4,6	7,0	1,0	0,7	1,48	11,1	7,3	6,4	4,8	
		P14 14/2	2,0	2,6	0,4	0,2	0,43	4,0	0,4	2,6	2,0	
	2015	P14 15/1	4,5	16,5	2,0	0,8	0,48	24,5	6,9	7,7	4,3	
		P14 15/2	4,0	2,7	0,6	0,2	0,06	4,0	5,7	3,5	3,0	
		P14 15/3	1,1	1,0	0,1	0,6	0,10	1,3	1,5	0,9	0,7	
		P14 15/4	4,0	3,9	0,8	0,4	0,14	6,7	3,0	5,6	4,6	
	2016	P14 16/1	5,1	9,8	1,1	0,5	1,46	15,0	6,8	5,8	3,7	
		P14 16/2	7,0	5,8	0,9	1,0	0,99	15,0	5,1	4,9	2,8	
		P14 16/3	0,3	0,4	0,1	0,6	0,00	0,5	0,4	0,3	0,2	
		P14 16/4	3,6	3,1	0,5	0,5	1,56	4,4	7,1	4,8	4,2	
	2017	P14 17/1	3,4	14,3	1,4	0,9	3,14	21,6	12,2	10,6	7,6	
		P14 17/2	3,4	5,0	0,8	0,6	0,06	7,3	4,8	3,4	2,4	
		P14 17/3	1,4	1,6	0,2	0,6	0,02	2,9	1,1	0,8	0,4	
		P14 17/4	2,2	4,8	0,6	0,7	0,32	6,3	4,5	3,2	2,3	
	2018	P14 18/1	2,1	10,3	1,4	0,6	1,6	19,8	9,7	6,7	3,9	
		P14 18/2	8,7	6,9	1,1	0,7	1,8	13,3	6,4	7,1	5,2	
		P14 18/3	1,6	0,8	0,2	0,3	0,1	1,8	0,004	1,2	0,9	
		P14 18/4	41,9	44,0	7,2	2,7	3,2	78,9	9,0	30,7	19,7	
Saint Bon	2014	P14 14/0	4,1	3,1	0,5	0,5	0,57	4,6	3,6	2,0	1,4	
		P14 14/1	5,5	6,3	1,2	1,0	0,82	10,1	7,2	6,3	4,9	
		P14 14/2	3,9	4,2	0,8	0,7	0,18	6,8	2,9	3,8	2,9	
		P14 15/1	13,1	17,5	3,0	1,5	2,41	26,4	7,4	8,9	5,2	
	2015	P14 15/2	13,0	4,7	1,2	0,5	0,74	7,2	5,9	5,3	4,3	
		P14 15/3	2,0	1,1	0,2	0,4	0,19	1,7	1,6	0,9	0,7	
		P14 15/4	6,4	5,9	1,1	0,4	0,15	9,7	4,3	6,0	4,6	
		P14 16/1	7,2	10,8	1,4	0,9	2,44	16,2	7,9	7,1	4,9	
	2016	P14 16/2	7,9	5,5	0,9	0,8	1,17	11,2	4,6	3,5	1,9	
		P14 16/3	0,9	0,7	0,1	0,2	0,00	1,1	0,9	0,6	0,4	
		P14 16/4	7,6	3,0	0,9	1,5	1,41	6,9	6,1	4,3	3,3	
		P14 17/1	6,7	18,9	1,9	2,1	4,43	28,9	14,4	13,4	9,4	
	2017	P14 17/2	5,1	5,3	0,9	0,9	2,43	7,7	5,1	4,1	3,0	
		P14 17/3	1,2	1,3	0,2	0,6	0,00	2,5	1,1	0,9	0,5	
		P14 17/4	4,1	4,6	0,7	1,5	0,69	6,6	4,2	3,1	2,1	
		P14 18/1	3,3	9,1	1,4	1,5	2,2	17,3	9,3	6,3	3,8	
	2018	P14 18/2	7,5	5,3	1,1	0,7	2,3	10,2	5,1	5,9	4,5	
		P14 18/3	2,8	1,3	0,3	0,7	0,3	2,5	2,8	1,7	1,4	
		P14 18/4	53,1	55,4	9,8	9,8	5,6	103,4	10,7	38,3	23,8	
		P14 14/0	6,1	5,6	0,8	0,5	0,34	8,6	4,7	3,2	2,0	
Fossamastra	2014	P14 14/1	8,7	7,8	1,6	0,4	0,12	12,2	0,1	7,2	5,5	
		P14 14/2	2,9	3,4	0,5	0,6	0,70	5,3	0,6	2,7	2,0	
		P14 15/1	16,5	16,7	3,1	0,7	0,12	25,5	6,0	7,8	4,3	
	2015	P14 15/2	10,4	3,8	1,0	0,4	0,23	5,3	5,1	4,9	4,1	
		P14 15/3	1,9	1,7	0,2	0,2	0,10	2,2	2,9	1,5	1,2	
		P14 15/4	8,0	6,5	1,3	0,3	0,43	10,5	8,5	7,8	6,3	
	2016	P14 16/1	19,0	8,4	1,6	0,5	1,25	13,2	7,9	6,4	4,5	
		P14 16/2	12,9	5,5	1,2	0,7	0,99	10,2	6,0	4,0	2,6	
		P14 16/3	1,6	2,2	0,2	0,2	0,09	3,5	1,7	1,3	0,8	
	2017	P14 16/4	7,6	3,9	0,8	0,3	0,74	5,3	5,7	3,8	3,0	
		P14 17/1	9,9	12,1	1,7	0,7	1,77	20,1	10,1	9,4	6,6	
		P14 17/2	4,7	5,8	0,9	0,6	1,84	8,1	5,2	4,1	3,0	

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107



Postazione	Anno	Campagna	Rateo di deposizione delle specie ioniche nelle deposizioni - [mg/m <sup>2</sup> /d]								
			Ca <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nsSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Melara	2018	P14 17/3	2,5	3,1	0,3	0,2	0,00	4,8	1,6	1,2	0,5
		P14 17/4	4,5	5,1	0,6	0,3	0,23	7,3	4,4	3,1	2,1
		P14 18/1	9,8	10,9	2,1	0,6	0,3	21,0	10,3	6,6	3,7
		P14 18/2	11,3	6,2	1,6	0,6	1,2	13,3	5,7	6,5	4,8
		P14 18/3	3,2	1,5	0,3	0,2	0,01	3,2	3,3	1,5	1,1
	2015	P14 18/4	60,4	69,7	10,9	3,8	3,6	131,3	9,5	39,2	20,8
		P14 15/3	1,2	0,6	0,1	0,2	0,10	0,7	1,8	1,0	0,9
	2016	P14 15/4	3,9	5,2	0,9	0,3	1,46	7,9	8,1	8,3	7,2
		P14 16/1	5,6	10,2	1,0	1,0	2,70	16,3	9,6	6,5	4,2
		P14 16/2	4,9	4,8	0,8	0,8	0,87	7,2	6,5	3,5	2,5
		P14 16/3	0,8	0,9	0,1	0,1	0,05	1,1	1,3	0,9	0,7
		P14 16/4	6,9	3,8	1,5	1,1	1,06	5,3	8,2	6,3	5,5
	2017	P14 17/1	3,3	10,3	1,3	0,7	3,23	15,2	10,3	9,1	7,0
		P14 17/2	2,9	4,5	0,7	0,3	2,21	6,4	5,8	3,6	2,7
		P14 17/3	1,2	1,3	0,2	0,2	0,00	2,0	1,5	1,0	0,7
		P14 17/4	1,7	3,6	0,4	0,3	0,40	5,0	3,8	2,4	1,7
	2018	P14 18/1	1,3	8,7	1,2	0,5	1,1	16,4	8,2	5,4	3,2
		P14 18/2	10,0	7,1	1,8	0,9	2,7	13,1	6,7	7,8	6,0
		P14 18/3	1,5	0,8	0,1	0,2	0,004	1,6	1,7	1,1	0,9
		P14 18/4	50,5	57,0	10,2	6,6	3,1	104,6	9,7	35,9	21,3

## APPENDICE 7

### VALIDAZIONE DEI DATI DI METALLI NEI DEPOSIMETRI

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Scopo del documento è quello di descrivere le attività effettuate da ARPAL ai fini della validazione delle determinazioni analitiche non direttamente eseguite, relativamente alle campagne di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche effettuate in ottemperanza alla prescrizione n.14 del Parere Istruttorio dell'AIA rilasciata dal MATTM alla Centrale TME Enel della Spezia con Decreto n. 244 del 06/09/2013.

Si ricorda che nel 2018 (vedi cap. 5 per dettagli) sono stati raccolti 48 campioni di deposizioni. Per quel che concerne la determinazione dei metalli nelle deposizioni si è stabilito che ARPAL eseguisse le determinazioni su un set limitato di campioni dell'ordine almeno del 20%.

ARPAL, in ciascuna delle quattro campagne, ha eseguito le determinazioni dei metalli (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Tl, V) secondo il seguente schema:

- campagna **P14 18/1** - postazioni di Arcola, Follo, Fossamastra e Bianco;
- campagna **P14 18/2** - postazioni di Arcola, Fossamastra e Melara;
- campagna **P14 18/3** - postazioni di Arcola, Follo, Fossamastra, Maggiolina e Bianco;
- campagna **P14 18/4** - postazioni di Arcola, Chiappa, Fossamastra, Melara e Bianco;

Complessivamente sono stati controllati 18 campioni di deposizione su un totale di 48 (37%) deposizioni.

Il confronto tra le misure di ARPAL e quelle di CESI è stato effettuato calcolando una "percentuale di discordanza" tra i due laboratori utilizzando la seguente definizione che offre il vantaggio di essere simmetrica, a meno del segno:

$$\Delta C = \frac{C_{CESI} - C_{ARPAL}}{\frac{1}{2}(C_{CESI} + C_{ARPAL})}$$

I valori delle "percentuali di discordanza", risultanti dall'applicazione della Procedura ARPAL a ciascuna coppia dei risultati analitici, sono riportati nella Tabella seguente.

Usando il criterio del protocollo ARPAL (approvato dall'ISS in data 05/11/03), che prevede per ogni singolo parametro un **intervallo di conformità del 50%**, la percentuale dei campioni da ritenersi complessivamente conformi, considerando le quattro campagne, è riportata nella tabella che segue:

Parametro	N° campioni conformi	N° campioni NON conformi	N° campioni Totali	% di conformità
Cadmio	15	3	18	83%
Cromo Totale	10	8	18	56%
Piombo	14	4	18	78%
Rame	14	4	18	78%
Arsenico	15	3	18	83%
Vanadio	11	7	18	61%
Manganese	13	5	18	72%
Tallio	15	3	18	83%
Nichel	11	7	18	61%
<b>TOTALE</b>	<b>118</b>	<b>44</b>	<b>162</b>	<b>73%</b>

L'indice di validazione conclusivo, che è dato dalla media delle percentuali di conformità di ogni singolo parametro, risulta pari a 73% e dunque maggiore del valore soglia prefissato dal protocollo ARPAL, pari al 70%.

## CONCLUSIONI

Come risulta dalla tabella sopra riportata, per ciascun parametro il valore della percentuale di conformità complessiva è maggiore del valore soglia indicato dalla procedura ARPAL, pari al 70%, ad indicare che il confronto non ha evidenziato, per nessun parametro, elevate criticità. Si precisa infine che la procedura non è stata applicata al mercurio, in quanto le metodiche dei laboratori sono diverse: per questo parametro si è concordato di utilizzare i dati CESI, in quanto il limite di quantificazione del Laboratorio CESI è inferiore rispetto a quello del Laboratorio ARPAL.

Complessivamente, la performance è risultata più che soddisfacente e quindi sono considerate valide, ai fini dell'esecuzione della prescrizione 14 AIA le determinazioni analitiche dei metalli nelle deposizioni atmosferiche fornite dal Laboratorio CESI.

## APPENDICE 8

### VALIDAZIONE DEI DATI DI PM10

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107



Scopo del documento è quello di descrivere le attività effettuate da ARPAL ai fini della validazione delle determinazioni analitiche non direttamente eseguite, relativamente alle campagne di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche effettuate in ottemperanza alla prescrizione n.14 del Parere Istruttorio dell'AIA rilasciata dal MATTM alla Centrale TME Enel della Spezia con Decreto n. 244 del 06/09/2013.

Per quel che concerne le determinazioni gravimetriche dei PM10 si è stabilito che ARPAL eseguisse un numero di determinazioni gravimetriche (intendendo tutta la catena di misura dalla preparativa all'esecuzione del campionamento e la determinazione gravimetrica) pari a circa il 15-20% del totale finalizzate alla validazione.

ARPAL, in ciascuna delle quattro campagne, ha eseguito le determinazioni gravimetriche giornaliere del PM10 corrispondente a circa il 20% del totale dei giorni di durata della campagna secondo il seguente schema:

- campagna **P14 18/1** - dal 18/01/2018 al 22/02/2018;
- campagna **P14 18/2** - dal 29/03/2018 al 26/04/2018;
- campagna **P14 18/3** - dal 28/06/2018 al 02/08/2018;
- campagna **P14 18/4** - dal 11/10/2018 al 06/11/2018.

In seguito all'emissione dei Rapporti di Prova relativi alla determinazione gravimetrica del PM10 nelle postazioni di Chiappa, Le Grazie e Follo a cura del Laboratorio CESI e del Laboratorio ARPAL si è proceduto ad effettuare il confronto tra i risultati ottenuti di cui l'80% prodotti da CESI e il 20% prodotti da ARPAL.

L'attività in primo luogo si è basata sulla verifica dell'andamento complessivo dei risultati in ciascuna campagna e postazione e sul confronto con i dati di PM10 ottenuti da ARPAL negli stessi periodi su altre postazioni della rete di qualità dell'aria RQA della Spezia. In Appendice 5 sono riportati i dati di concentrazione di PM10 ottenuti nelle tre postazioni dedicate (i dati di ARPAL sono evidenziati in rosso chiaro).

In secondo luogo, per le postazioni aggiuntive di Chiappa, Le Grazie e Follo, è stata eseguita un'analisi più approfondita, utilizzando il **test di Kolmogorov – Smirnov**: a tal scopo è stata valutata l'appartenenza alla stessa popolazione tra le due serie di dati costituite, una dai dati CESI, l'altra dai dati ARPAL. Più specificatamente nell'ambito del test si valutano l'ipotesi  $H_0$  (nulla) "Le due serie di dati appartengono alla stessa popolazione", e l'ipotesi  $H_1$  "Le serie di dati hanno caratteristiche diverse". Si determinano quindi il  $p_{value}$  e i valori di  $D_{teorico}$ , che dipende dalla numerosità dei dati, e di  $D_{calcolato}$ , che dipende dai dati delle serie analizzate. Quando  $p_{value}$  è maggiore di 5% e  $D_{calcolato} < D_{teorico}$ , si accetta l'ipotesi nulla, ovvero le due serie di dati sono compatibili e appartengono ad una stessa popolazione con medesima distribuzione.

I dati di ARPAL sono stati quindi separati da quelli di CESI e per ogni postazione è stato applicato il test di Kolmogorov – Smirnov, considerando i quattro periodi di monitoraggio separati (ciascuna campagna di misura). I risultati sono mostrati nella tabella seguente separatamente per ciascuna campagna di misura:

	Postazione	Dcalcolato	P Value	Dteorico	Le Due Popolazioni Sono Uguali?
<b>P14 18/1</b>	Chiappa	0,774	0,5%	0,655	<b>NO</b>
	Le Grazie	0,900	0,1%	0,657	<b>NO</b>
	Follo	0,839	0,2%	0,655	<b>NO</b>
<b>P14 18/2</b>	Chiappa	0,333	51%	0,594	SI
	Le Grazie	0,190	98%	0,594	SI
	Follo	0,156	100%	0,590	SI
<b>P14 18/3</b>	Chiappa	0,444	16%	0,577	SI
	Le Grazie	0,500	8,1%	0,575	SI
	Follo	0,429	19%	0,575	SI
<b>P14 18/4</b>	Chiappa	0,355	40%	0,577	SI
	Le Grazie	0,250	82%	0,575	SI
	Follo	0,309	59%	0,582	SI

I casi in cui le due popolazioni di dati non sono considerati uguali secondo il test sono quelli relativi a Chiappa, Le Grazie e Follo nella campagna **P14 18/1**.

Al fine di valutare le eventuali correlazioni tra le tre postazioni di monitoraggio CESI e le postazioni ARPAL della RQA per tale campagna, si riportano di seguito le serie temporali di PM10 (cap. 6).

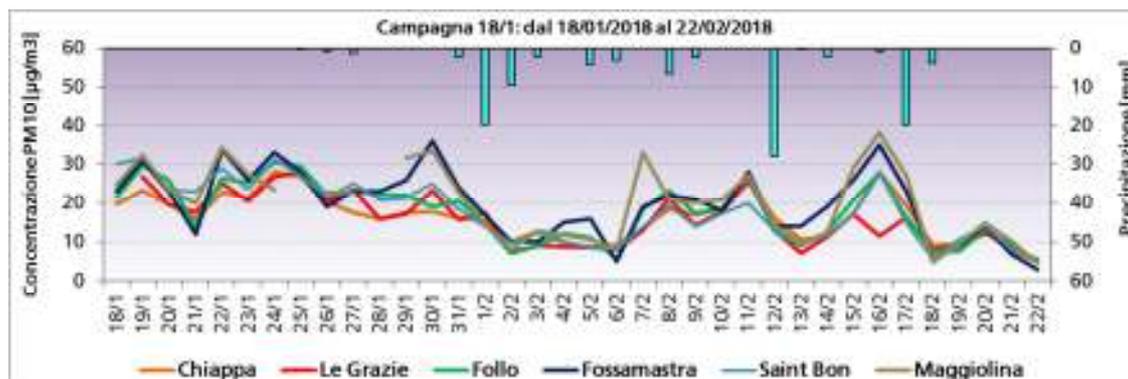


Figura 1 - Andamento temporale del PM10 a Chiappa, Le Grazie, Follo, Fossamastra, Saint Bon e Maggiolina durante la campagna P14 18/1. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Si nota in particolare che, la campagna **P14 18/1** si distingue per l'estrema omogeneità della concentrazione giornaliera del PM10 in tutte le postazioni attribuendo probabilmente al meteo del periodo un ruolo fondamentale nell'andamento riscontrato.

## CONCLUSIONE

Il test statistico considerando i quattro periodi di monitoraggio separati, ha evidenziato che i dati di ARPAL e CESI appartengono ad una stessa popolazione eccetto che per i dati di Chiappa, Le Grazie e Follo nella campagna **P14 18/1**; tali dati però sono risultati abbastanza ben correlati con le altre postazioni della RQA.

Pertanto i dati di PM10 ottenuti da CESI nelle tre postazioni integrative possono considerarsi validi ai fini del presente studio.

**ALLEGATO 1**

**VALIDAZIONE DEI DATI DI METALLI NEI DEPOSIMETRI**

**Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela  
dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria**  
Via Bombrini 8, 16149 Genova  
Tel. +39 010 64371 PEC: arpal@pec.arpal.gov.it  
C.F. e P.IVA 01305930107

Scopo del documento è quello di descrivere le attività effettuate da ARPAL ai fini della validazione delle determinazioni analitiche non direttamente eseguite, relativamente alle campagne di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche effettuate in ottemperanza alla prescrizione n.14 del Parere Istruttorio dell'AIA rilasciata dal MATTM alla Centrale TME Enel della Spezia con Decreto n. 244 del 06/09/2013.

Si ricorda che nel 2018 (vedi cap. 5 per dettagli) sono stati raccolti 48 campioni di deposizioni. Per quel che concerne la determinazione dei metalli nelle deposizioni si è stabilito che ARPAL eseguisse le determinazioni su un set limitato di campioni dell'ordine almeno del 20%.

ARPAL, in ciascuna delle quattro campagne, ha eseguito le determinazioni dei metalli (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Tl, V) secondo il seguente schema:

- campagna **P14 18/1** - postazioni di Arcola, Follo, Fossamastra e Bianco;
- campagna **P14 18/2** - postazioni di Arcola, Fossamastra e Melara;
- campagna **P14 18/3** - postazioni di Arcola, Follo, Fossamastra, Maggiolina e Bianco;
- campagna **P14 18/4** - postazioni di Arcola, Chiappa, Fossamastra, Melara e Bianco;

Complessivamente sono stati controllati 18 campioni di deposizione su un totale di 48 (37%) deposizioni.

Il confronto tra le misure di ARPAL e quelle di CESI è stato effettuato calcolando una "percentuale di discordanza" tra i due laboratori utilizzando la seguente definizione che offre il vantaggio di essere simmetrica, a meno del segno:

$$\Delta C = \frac{C_{CESI} - C_{ARPAL}}{\frac{1}{2}(C_{CESI} + C_{ARPAL})}$$

I valori delle "percentuali di discordanza", risultanti dall'applicazione della Procedura ARPAL a ciascuna coppia dei risultati analitici, sono riportati nella Tabella seguente.

Usando il criterio del protocollo ARPAL (approvato dall'ISS in data 05/11/03), che prevede per ogni singolo parametro un **intervallo di conformità del 50%**, la percentuale dei campioni da ritenersi complessivamente conformi, considerando le quattro campagne, è riportata nella tabella che segue:

Parametro	N° campioni conformi	N° campioni NON conformi	N° campioni Totali	% di conformità
Cadmio	15	3	18	83%
Cromo Totale	10	8	18	56%
Piombo	14	4	18	78%
Rame	14	4	18	78%
Arsenico	15	3	18	83%
Vanadio	11	7	18	61%
Manganese	13	5	18	72%
Tallio	15	3	18	83%
Nichel	11	7	18	61%
<b>TOTALE</b>	<b>118</b>	<b>44</b>	<b>162</b>	<b>73%</b>

L'indice di validazione conclusivo, che è dato dalla media delle percentuali di conformità di ogni singolo parametro, risulta pari a 73% e dunque maggiore del valore soglia prefissato dal protocollo ARPAL, pari al 70%.

## CONCLUSIONI

Come risulta dalla tabella sopra riportata, per ciascun parametro il valore della percentuale di conformità complessiva è maggiore del valore soglia indicato dalla procedura ARPAL, pari al 70%, ad indicare che il confronto non ha evidenziato, per nessun parametro, elevate criticità. Si precisa infine che la procedura non è stata applicata al mercurio, in quanto le metodiche dei laboratori sono diverse: per questo parametro si è concordato di utilizzare i dati CESI, in quanto il limite di quantificazione del Laboratorio CESI è inferiore rispetto a quello del Laboratorio ARPAL.

Complessivamente, la performance è risultata più che soddisfacente e quindi sono considerate valide, ai fini dell'esecuzione della prescrizione 14 AIA le determinazioni analitiche dei metalli nelle deposizioni atmosferiche fornite dal Laboratorio CESI.