



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

DIVISIONE GENERAZIONE ED ENERGY MANAGEMENT  
AREA TECNICA SVILUPPO E ASSISTENZA IMPIANTI

00198 Roma, Viale Regina Margherita 125  
T +39 0683054401 - F +39 0683054406



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio  
e del Mare - Direzione Salvaguardia Ambientale

prot DSA - 2009 - 0000369 del 20/01/2009

Ministero dell'Ambiente  
e della Tutela del Territorio e del Mare  
D.G. Salvaguardia Ambientale  
Via C. Colombo, 44  
00147 - Roma

Ministero dello Sviluppo Economico  
D.G. Energia e Risorse Minerario  
Ufficio C2 - Ufficio mercato elettrico  
Via Molise, 2  
00187 - Roma

Ministero della Salute  
D.G. per la Prevenzione Sanitaria - Ufficio IV  
Via Giorgio Ribotta, 5  
00144 - Roma

Regione Lazio  
Assessorato Ambiente e Cooperazione tra i  
Popoli  
Via del Tintoretto, 432  
00145 - Roma

Provincia di Roma  
Dipartimento IV Servizi di Tutela Ambientale  
Via Tiburtina 432  
00145 - Roma

Comune di Civitavecchia  
Ufficio Sig. Sindaco  
Piazzale Giuglielmotti, 7  
00053 - Civitavecchia (RM)

ISPRA  
Dipartimento Stato dell'Ambiente  
Via Vitaliano Brancati, 48  
00144 - Roma

ARPA Lazio  
Direzione Tecnica  
Via Boncompagni, 101  
00187 Roma

ARPA Lazio  
Sezione Provinciale di Roma  
Via Saredo, 52  
00173 - Roma



**OGGETTO:** Conversione a carbone della Centrale termoelettrica di Torrevaldaliga Nord. Adempimento alle prescrizioni del decreto autorizzativo n.55/02/2003 in merito a Rilevamento delle emissioni; Campagne di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico; Stazioni di monitoraggio – dispositivi per il controllo delle emissioni diffuse di polveri.

Con riferimento al Decreto autorizzativo n.55/02/2003, si fa presente che Enel ha ottemperato a quanto nello stesso prescritto in allegato 2, art.2, in merito ai punti evidenziati in oggetto, provvedendo a definire i necessari protocolli e/o intese con ARPA Lazio, come dalla stessa confermato con lettera prot.0025210 del 16/10/2008, alla presente allegata.

Più precisamente, in relazione a quanto indicato al punto *"Rilevamenti alle emissioni"*, si è adempiuto alla prescrizione che prevedeva la stipula di un protocollo operativo, in accordo con ARPA Lazio, per i rilevamenti periodici delle emissioni al camino, come meglio dettagliato nel verbale ARPA dell'8/10/2008 allegato alla lettera sopra menzionata.

Parimenti, come evidenziato nel verbale ARPA del 17/07/2008, si è ottemperato a quanto prescritto al punto *"Campagne di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico"* in merito alla necessità di replicare annualmente le campagne di monitoraggio dei microinquinanti, secondo un protocollo da concordare con ARPA Lazio. Il protocollo è operativo e a tal riguardo si trasmette il Rapporto Annuale di Sintesi dei risultati analitici delle attività di tale monitoraggio eseguito nel corso dell'anno 2007, al fine di consentire la diffusione dei dati alla popolazione, come indicato nel decreto stesso.

Infine, circa quanto prescritto al punto *"Stazioni di monitoraggio – dispositivi per il controllo delle emissioni diffuse di polveri"*, si è adempiuto a quanto indicato in merito alla necessità di:

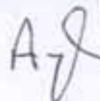
- aggiornare le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria secondo un protocollo da concordare con ARPA Lazio, come esplicitato nel verbale ARPA del 17/07/2008 e sua successiva rettifica;

- prevedere un'ulteriore stazione di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico al fine di caratterizzare, in prossimità delle banchine, la qualità dell'aria derivante dalla movimentazione del carbone, del calcare, gesso e ceneri, come indicato nel verbale ARPA del 25/07/2008;
- prevedere l'installazione di un analizzatore per rilevare in continuo le emissioni diffuse di polveri durante le operazioni di scarico di carbone dalle navi, come riportato nel verbale ARPA del 25/07/2008.

Sarà nostra cura inviare, ai fini della diffusione dei dati alla popolazione prevista dal decreto, il report annuale dei successivi rilevamenti, e in particolare anche di queste ultime emissioni, non appena la centrale sarà nelle condizioni di completo esercizio.

Distinti saluti

Leonardo Arrighi  
IL RESPONSABILE



All.: Rapporto ISMES A8028539;  
Lettera ARPA Lazio Enel-PRO 17/10/2008 - 0038552



AAM

**Cliente** ENEL Produzione S.p.A

**Oggetto** Centrale di Torrevaldaliga Nord - Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico del comprensorio di Civitavecchia: sintesi delle attività di campionamento e dei risultati analitici per l'anno 2007

**Ordine** ENEL SPA A.Q. 8400006584  
Attingimento n. 4000143423 del 22-03-2007

**Note** Rev. 0 (AG07L52048C - lettera di trasmissione n A8029680)

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

**N. pagine** 99 **N. pagine fuori testo** 0

**Data** 30/09/2008

**Elaborato** ATM - Maspero Mario  
AMBIENTE E TERRITORIO

**Verificato** ATM - Carboni Gabriele  
AMBIENTE E TERRITORIO

**Approvato** AMB - Il Responsabile - Fiore Antonio  
AMBIENTE E TERRITORIO

## Indice

|          |                                                                                                |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA .....</b>                                                                          | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>PIANO DI MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....</b>                               | <b>4</b>  |
| 2.1      | Frequenza di campionamento.....                                                                | 4         |
| 2.2      | Parametri e metodi chimici di analisi .....                                                    | 5         |
| 2.3      | Sistemi di campionamento .....                                                                 | 6         |
| 2.3.1    | Sistemi di campionamento del particolato .....                                                 | 7         |
| 2.3.2    | Sistemi di campionamento delle deposizioni atmosferiche.....                                   | 7         |
| <b>3</b> | <b>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO PER L'ANNO 2007 .....</b>                            | <b>8</b>  |
| 3.1      | Valutazione dei campionamenti di PM10 .....                                                    | 8         |
| 3.1.1    | Valori medi annuali del PM10 .....                                                             | 14        |
| 3.2      | Caratterizzazione chimica del particolato PM10.....                                            | 15        |
| 3.2.1    | Metalli nel particolato PM10.....                                                              | 15        |
| 3.2.1.1  | Valori medi annuali di metalli nel PM10 .....                                                  | 23        |
| 3.2.2    | Specie ioniche nel particolato PM10.....                                                       | 25        |
| 3.2.2.1  | Valori medi annuali di specie ioniche .....                                                    | 30        |
| 3.2.3    | Considerazioni sulle caratteristiche del particolato di Civitavecchia.....                     | 31        |
| 3.3      | Risultati e valutazioni della determinazione di IPA nel particolato PTS e in fase vapore. .... | 34        |
| 3.3.1.1  | Valori medi annuali .....                                                                      | 45        |
| 3.4      | Deposizioni atmosferiche.....                                                                  | 49        |
| 3.4.1    | Deposizioni atmosferiche umide .....                                                           | 49        |
| 3.4.1.1  | Metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide.....                                  | 49        |
| 3.4.1.2  | Idrocarburi aromatici policiclici (IPA) nelle deposizioni umide.....                           | 63        |
| 3.4.1.3  | Composizione delle deposizioni umide.....                                                      | 69        |
| 3.4.2    | Deposizioni atmosferiche secche .....                                                          | 70        |
| 3.4.2.1  | Metalli e specie ioniche nelle deposizioni secche .....                                        | 70        |
| 3.4.2.2  | Idrocarburi Aromatici policiclici (IPA) nelle deposizioni secche .....                         | 84        |
| 3.4.2.3  | Composizione e rateo della deposizione secca.....                                              | 91        |
| 3.4.3    | Deposizioni totali da eventi umidi e secchi.....                                               | 93        |
| <b>4</b> | <b>CONCLUSIONI .....</b>                                                                       | <b>97</b> |

## STORIA DELLE REVISIONI

| Numero revisione | Data       | Protocollo | Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati |
|------------------|------------|------------|----------------------------------------------------|
| 0                | 30/09/2008 | A8028539   | Prima emissione                                    |

### 1 PREMESSA

Con riferimento all'allegato 2 al decreto del Ministero delle Attività Produttive n. 55/02/2003 del 24 dicembre 2003 di autorizzazione alla conversione a carbone della Centrale di Torrevaldaliga Nord, ENEL ha elaborato le proposte di attività per ottemperare alle prescrizioni in esso contenute, e descritte nel "Piano delle campagne di monitoraggio e biomonitoraggio" (documento Enel EP/2001001976 del gennaio 2004). Tale piano contiene la "Proposta per l'esecuzione di campagne di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico da attuare nell'area circostante la centrale di Torrevaldaliga Nord" che deriva dall'analisi dei risultati acquisiti in diverse campagne di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico eseguite da ENEL in passato nel comprensorio di Civitavecchia.

Il Comitato di controllo ha ritenuto la documentazione fornita da ENEL conforme a quanto richiesto dal DEC/VIA/680<sup>1</sup>, a condizione del rispetto di alcune indicazioni.

Enel ha quindi richiesto a CESI l'elaborazione di un documento che sintetizzasse i risultati acquisiti fino ad ora e che illustrasse la proposta operativa del piano di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico nell'area circostante la centrale di Torrevaldaliga Nord convertita a carbone, tenendo conto sia della proposta contenuta nel documento Enel EP/2001001976 e sia delle indicazioni ricevute dal Comitato di controllo.

Successivamente ARPALazio (prot. 0022188 del 02/11/2006) ha trasmesso ad ENEL la valutazione della proposta operativa del piano di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico del comprensorio circostante la centrale termoelettrica di Torrevaldaliga Nord, in cui si comunica che *"le campagne di rilevamento condotte dall'Enel per la valutazione della concentrazione di vari inquinanti in aria ambiente (...) non sembrano rappresentare un arco temporale significativo per la valutazione uniforme di tutto l'anno della qualità dell'aria"*. Pertanto ARPALazio ritiene indispensabile che *"le campagne di rilevamento dei microinquinanti calcolati sul materiale particolato PM10 e Totali (metalli e IPA), siano eseguite per il 2006/2007 in modo uniforme per tutto l'intero anno, in modo da creare un corretto riferimento della qualità dell'aria prima della conversione della Centrale Termoelettrica."*

*Per la realizzazione dei dati di riferimento annuali, il numero delle giornate da monitorare dovrebbero essere almeno 52 e caratterizzate da una frequenza di campionamento uniforme e regolare per tutto l'anno, in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente. Dopo la prima fase 2006/2007 si possono ipotizzare monitoraggi stagionali in inverno ed estate (periodi più critici per la concentrazioni di inquinanti) con frequenza di campionamento di un giorno ogni 6 per un totale di 5 giorni mensili".*

Facendo seguito alla valutazione di ARPALazio, ENEL (prot. 09/G830 del 04/01/2007) ha richiesto inizialmente di limitare il monitoraggio annuale, articolato in 52 campionamenti, alle sole postazioni di Parco Antonelli e Aurelia, riducendo le misure presso le postazioni di Poggio Ombriccolo e S. Agostino alle sole stagioni invernale ed estiva. ArpaLazio (prot. 0001862 di 22/01/2007) ha risposto che *"vista la caratteristica tipicamente "rurale" delle postazioni di Poggio Ombriccolo e S. Agostino, pur condividendo la riduzione del numero di campionamenti da eseguire (da 52 a 26) durante le campagne di monitoraggio, la frequenza dei campionamenti comunque debba essere mantenuta uniforme e regolare per tutto l'anno"*.

<sup>1</sup> Comunicazione del Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio - Direzione Generale per la Salvaguardia Ambientale del 28 aprile 2005 (prot. DSA/2005/010676)

Di conseguenza il piano dei monitoraggi definitivo prevede che per le postazioni di tipo urbano vengano effettuati i previsti 52 campionamenti ogni 6 giorni, mentre per le postazioni rurali (Poggio Ombriccolo e S. Agostino) i campionamenti siano effettuati con cadenza regolare di 12 giorni nel corso dell'anno. Nel presente rapporto viene presentata una sintesi dei risultati del monitoraggio dei parametri chimici condotto nel 2007 in accordo con le indicazioni e prescrizioni degli Enti di controllo.

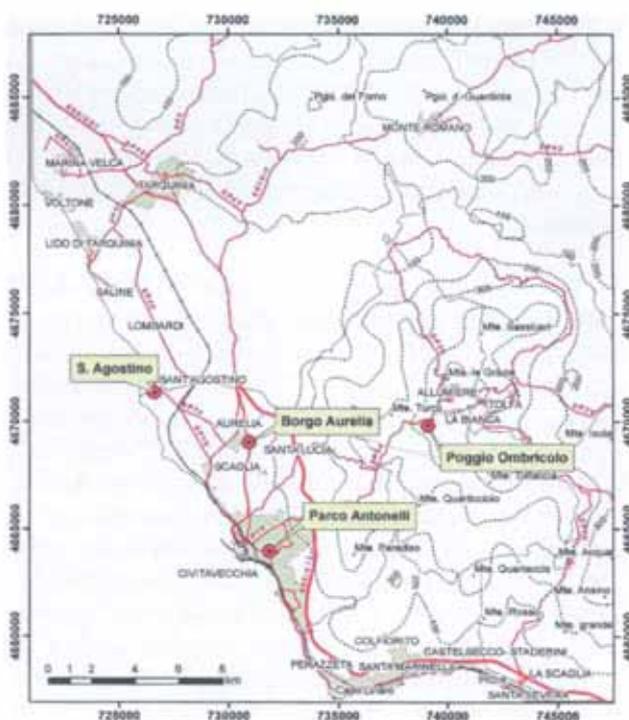
## 2 PIANO DI MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico viene eseguito in corrispondenza delle quattro postazioni di misura individuate dall'allegato 2 al decreto del Ministero delle Attività Produttive n. 55/02/2003 del 24 dicembre 2003. Le postazioni di misura sono pertanto le seguenti:

- Borgo Aurelia, presso la postazione n° 1 della RRQA;
- Bagni S. Agostino, presso la postazione n° 2 della RRQA;
- Poggio Ombriccolo Tolfa, presso la postazione n° 9 della RRQA;
- Parco Antonelli, presso la postazione ARPA Lazio.

La figura a lato individua la posizione di ciascuna postazione.

In ciascuna postazione, sono stati effettuati campionamenti di particolato PM10, particolato totale e deposizioni umide e secche. Oltre alla misura della concentrazione di particolato, i campioni ottenuti sono stati analizzati per la determinazioni di microinquinanti organici ed inorganici (metalli), delle specie ioniche influenzanti l'acidità atmosferica e, relativamente alle sole deposizioni umide, anche per pH e conducibilità, come descritto in maggior dettaglio nei paragrafi successivi. Le attività hanno avuto inizio nel gennaio 2007 con l'espletamento degli adempimenti burocratici per l'ottenimento dei permessi e delle utenze necessarie al funzionamento delle apparecchiature. Indi si è proceduto all'allestimento delle postazioni, comprensivo di opere civili per garantirne la sicurezza e all'avvio della strumentazione. Nel seguito vengono descritti in dettaglio i campionamenti annuali previsti per ciascuna postazione, i parametri da analizzare e i relativi metodi chimici.



### 2.1 Frequenza di campionamento

Come esplicitamente richiesto da ARPA Lazio <sup>(2)</sup>, la frequenza di campionamento in ciascuna postazione è stata stabilita in "un giorno ogni 6 per un totale di 5 giorni mensili". In seguito, con la nota prot. 0001862 del 22/01/2007, ARPA Lazio ha valutato che "vista la caratteristica tipicamente rurale delle postazioni di Poggio Ombriccolo e S. Agostino, pur condividendo la riduzione del numero di campionamenti da eseguire (da 52 a 26) durante le campagne di monitoraggio, la frequenza dei campionamenti comunque debba essere mantenuta uniforme e regolare per tutto l'anno".

<sup>2</sup> ARPALazio, prot. 0022188 del 02/11/2006

Tenuto conto di queste disposizioni da parte dell'ente di controllo, la frequenza dei campionamenti è riassunta nella tabella che segue, in funzione del tipo di monitoraggio:

|                                               | Parco Antonelli | Borgo Aurelia | Bagni S. Agostino | Poggio Ombriccolo |
|-----------------------------------------------|-----------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Particolato PM10 per misure gravimetriche     | ogni giorno     | ogni giorno   | ogni giorno       | ogni giorno       |
| Particolato Totale per analisi IPA            | ogni 6 gg       | ogni 6 gg     | ogni 12 gg        | ogni 12 gg        |
| Particolato PM10 per analisi comp. Inorganici | ogni 6 gg       | ogni 6 gg     | ogni 12 gg        | ogni 12 gg        |
| Particolato PM10 per analisi anioni           | ogni 6 gg       | ogni 6 gg     | ogni 12 gg        | ogni 12 gg        |
| Deposizione umida (per evento)                | ogni 6 gg       | ogni 6 gg     | ogni 6 gg         | ogni 6 gg         |
| Deposizione secca                             | ogni 30 gg      | ogni 30 gg    | ogni 30 gg        | ogni 30 gg        |

Il monitoraggio annuale è stato suddiviso per comodità operative e di reportistica intermedia in periodi stagionali di tre mesi ciascuno. Nel prospetto che segue, è stato riassunto il numero totale presunto di campioni di particolato e deposizioni che vengono raccolti in ciascuna campagna stagionale e quelli effettivamente analizzati:

| Campionatore                             | Numero di campioni da prelevare nel corso della campagna stagionale                                                        | Numero di campioni da analizzare nel corso della campagna stagionale | Parametri di analisi                                           |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Polveri Totali (campionamento di 24 ore) | 45<br>(1 campione ogni 6 giorni a Parco Antonelli e Aurelia + 1 campione ogni 12 giorni a Poggio Ombriccolo e S. Agostino) | 45                                                                   | IPA                                                            |
| Polveri PM10 (campionamento di 24 ore)   | 365<br>(1 campione al giorno su ognuna delle 4 postazioni)                                                                 | 45                                                                   | Microinquinanti inorganici                                     |
|                                          |                                                                                                                            | 45                                                                   | Sostanze influenzanti l'acidità atmosferica                    |
| Deposizioni secche                       | 24<br>(2 campioni al mese su ognuna delle 4 postazioni)                                                                    | 12                                                                   | IPA                                                            |
|                                          |                                                                                                                            | 12                                                                   | Microinquinanti inorganici e Specie ioniche                    |
| Deposizioni umide                        | 48 presunti<br>(4 campioni al mese - per evento di 6 giorni- su ognuna delle 4 postazioni)                                 | 24 presunti                                                          | IPA                                                            |
|                                          |                                                                                                                            | 24 presunti                                                          | Microinquinanti inorganici, Specie ioniche, pH e conducibilità |

## 2.2 Parametri e metodi chimici di analisi

Il piano di monitoraggio prevede per ciascuna postazione la caratterizzazione della concentrazione aerodispersa di particolato totale e PM10, nonché delle deposizioni secche ed umide.

In sunto, i parametri chimici e le classi di microinquinanti di analisi da determinare in ciascuna matrice ambientale sono riportati nel prospetto che segue:

| Parametro                                   | Particolato Totale | Particolato PM10 | Deposizione secca | Deposizione umida |
|---------------------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Microinquinanti inorganici                  |                    | X                | X                 | X                 |
| Idrocarburi Aromatici Policiclici (IPA)     | X                  |                  | X                 | X                 |
| Sostanze influenzanti l'acidità atmosferica |                    | X                | X                 | X                 |
| pH e conducibilità                          |                    |                  |                   | X                 |

I composti di dettaglio per ciascuna classe di parametri sono invece elencati di seguito:

- **Microinquinanti inorganici:**  
Al, As, Be, Cr, Co, Ni, Cd, Hg, Tl, Se, Te, Sb, Mn, Pd, Pt, Pb, Cu, Rh, Sn, V, Zn, Ti
- **Sostanze influenzanti l'acidità atmosferica:**  
Ca, Na, Mg, K, NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e Cl<sup>-</sup>
- **IPA:**  
Naftalene; 2-Metilnaftalene; 1-Metilnaftalene; 2,6-Dimetilnaftalene; Acenaftilene;  
Acenaftene; 2,3,5-Trimetilnaftalene; Fluorene; Fenantrene; Antracene; 1-Metilfenantrene;  
Fluorantene; Pirene; Ciclopenta[c,d]pirene; Benzo[a]antracene; Crisene; Benzo[j]fluorantene;  
Benzo[b]fluorantene; Benzo[k]fluorantene; Benzo[e]pirene; Benzo[a]pirene; Perilene;  
Indeno[1,2,3-cd]pirene; Dibenzo[a,h]antracene; Benzo[g,h,i]perilene; Dibenzo[a,e]pirene;  
Dibenzo[a,h]pirene; Dibenzo[a,i]pirene; Dibenzo[a,l]pirene.

Per la determinazione dei parametri sopra riportati sono stati utilizzati i metodi di analisi riportati nella tabella che segue:

| Tipo di analisi chimica | Normativa di riferimento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IPA                     | ISO 12884:2000 (per fase particolato e gassosa)<br>Lisciviazione con solventi, purificazione su gel di silice, analisi GC/MS secondo US-EPA 8270C:1996 (per le deposizioni secche)<br>Estrazione liquido-liquido secondo US-EPA 3510C:1996, purificazione su gel di silice, analisi GC/MS secondo USEPA 8270C:1996 (per le deposizioni umide) |
| Inquinanti inorganici   | Analisi: ISO 17294-2004 (ICP-MS) + ISO 11885-2004 (ICPOES); dissoluzione dei filtri: metodo interno adattato da ISO 14869-2001                                                                                                                                                                                                                |
| Specie ioniche          | Lisciviazione filtri (metodo interno) + analisi cromatografica secondo ISO 10304-1:1992 (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> ) e secondo ISO 14911:1998 (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )                                                                                                            |
| pH                      | APAT IRSA CNR 2003 met. 2060                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| conducibilità           | APAT IRSA CNR 2003 met. 2030                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Per il calcolo del rateo di deposizioni atmosferiche umide e secche si è fatto riferimento anche al rapporto ISTISAN 06/38 <sup>(3)</sup>.

### 2.3 Sistemi di campionamento

Nel prospetto che segue sono riepilogate le diverse tipologie di sistemi di campionamento utilizzate, con indicazione della normativa di riferimento e delle modalità e durata dei campionamenti.

| Tipo di campionatore                                | Normativa di riferimento                                                                                        | Modalità e durata di ciascun campionamento                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Campionatore "Alto volume" di polveri totali        | - ISO 12884:2000 (richiamata punto II, allegato V della Direttiva 2004/107/CE)<br>- DM 25.11.1994, allegato VII | - Supporto filtrante in fibra di vetro per il campionamento del particolato e di una schiuma poliuretana (PUF) per il campionamento della componente gassosa (ISO 12884)<br>- ciascun supporto di campionamento rimane esposto per 24 ore (DM 25.11.1994)        |
| Campionatore automatico sequenziale di polveri PM10 | - EN 12341 (richiamata all'art. 19 del DM 60/2002)                                                              | - supporto filtrante in Teflon<br>- ciascun supporto filtrante rimane esposto per 24 ore<br>- al termine del campionamento giornaliero il filtro viene automaticamente sostituito da un nuovo supporto filtrante per consentire l'avvio di un nuovo prelievo     |
| Deposimetro Wet&Dry                                 | - Progetto Scenari- Ricerca di Sistema (Ministero Attività Produttive)                                          | - campionamento delle deposizioni secche raccolte nel corso di un mese<br>- campionamento delle deposizioni umide ad evento<br>- contenitore in PTE per la raccolta della componente inorganica e contenitore in vetro per la raccolta della componente organica |

Nei paragrafi seguenti sono descritte più in dettaglio le caratteristiche della strumentazione utilizzata.

<sup>3</sup> Menichini E, Settimo G., Viviano G.: "Metodi per la determinazione di As, Cd, Ni e IPA nelle deposizioni atmosferiche", Rapporto ISTISAN 06/38 (2006)

### 2.3.1 Sistemi di campionamento del particolato

In ciascuna postazione, sono stati collocati tre sistemi di campionamento delle polveri operanti in parallelo.

I primi due sistemi sono costituiti da un sistema di aspirazione a flusso costante, completo di testa di prelievo con taglio a 10  $\mu\text{m}$  (PM10), operante in modo sequenziale con autonomia di 15 membrane filtranti. Le apparecchiature sono dotate di un sistema di controllo remoto che consenta la programmazione e la gestione dei campionamenti a distanza. Le membrane filtranti per il PM10 utilizzate sono in teflon, pre-condizionate e pre-pesate in laboratorio. Settimanalmente, le membrane sono trasferite in laboratorio, condizionate e pesate per la determinazione della massa raccolta. Sui campioni d'interesse, vengono determinati i microinquinanti inorganici (metalli) e le specie ioniche influenzanti l'acidità atmosferica (per dettagli dei parametri, v. par. 2.2).

Il terzo sistema è caratterizzato da aspirazione a flusso costante e da una testa di campionamento di tipo "open", che supporta una membrana in fibra di vetro. Le membrane sono preliminarmente trattate in laboratorio a 500 °C per eliminare eventuali sostanze organiche interferenti. La durata di ciascun campionamento di IPA è di 24 ore.

### 2.3.2 Sistemi di campionamento delle deposizioni atmosferiche

Per la misura delle deposizioni sono utilizzati due campionatori automatici per la raccolta delle deposizioni umide e secche ("wet & dry"), uno predisposto per la raccolta di campioni adatti alla determinazione di composti inorganici, l'altro per la raccolta di campioni destinati alla determinazione di composti organici. Un campionatore è pertanto equipaggiato con due contenitori di raccolta (uno per le deposizioni *wet* e uno per *dry*) in polietilene neutro ad alta densità per la raccolta di campioni destinati alla determinazione della componente inorganica; il campionatore per la raccolta di campioni per determinazione di IPA è predisposto invece con contenitori in vetro borosilicato.

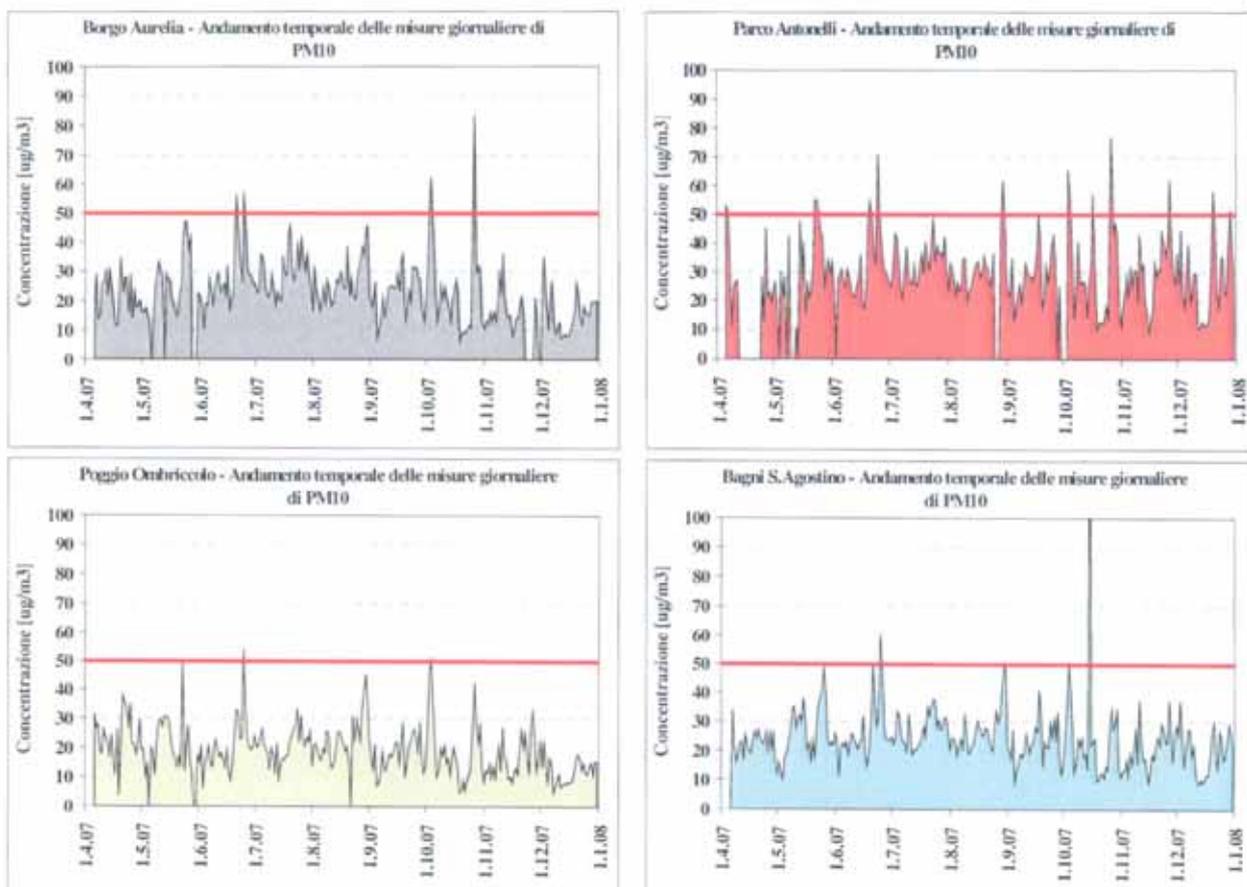
I campioni di precipitazioni umide vengono raccolti "per evento" nel periodo di indagine ed analizzati per gli elementi in traccia, le specie ioniche, il pH e per gli idrocarburi policiclici aromatici (per dettagli dei parametri vedi par. 2.2). I campioni di deposizione secca sono prelevati, invece, al termine di un mese di campionamento ed analizzati per le stesse classi di sostanze di cui sopra. L'entità della deposizione è rapportata alla superficie unitaria di 1 m<sup>2</sup> ed espressa come  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$  per le specie inorganiche e come  $\text{ng}/\text{m}^2/\text{d}$  per le specie organiche.

### 3 SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO PER L'ANNO 2007

Dopo l'espletamento degli adempimenti burocratici per l'ottenimento dei permessi di allestimento delle postazioni e l'avvio e collaudo delle apparecchiature di campionamento, i prelievi per il monitoraggio ambientale sono iniziati nell'aprile 2007. I risultati complessivi delle analisi chimiche condotte nell'anno sulle matrici ambientali facenti parte del piano di monitoraggio (v. par. 2.2) sono stati sintetizzati nei paragrafi che seguono, distinguendoli per matrice (PM10, PTS, deposizioni, ecc.) e corredandoli di alcune valutazioni sugli andamenti riscontrati.

#### 3.1 Valutazione dei campionamenti di PM10

Nelle figure che seguono sono riportati gli andamenti giornalieri della concentrazione di PM10 nelle quattro postazioni. La linea rossa indica il valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del DM n° 60 del 02/04/2002, in modo da evidenziare gli eventuali superamenti. Una concentrazione pari a 0 corrisponde alla mancanza del dato giornaliero.

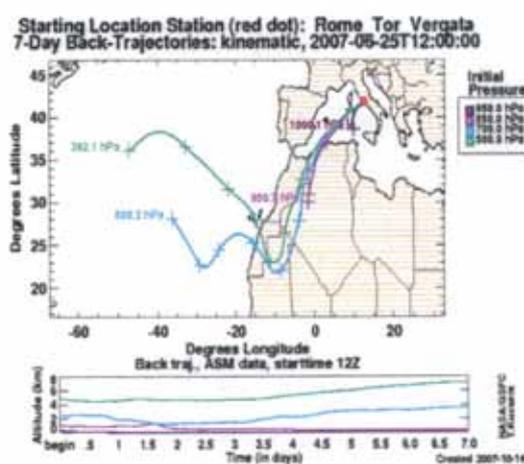
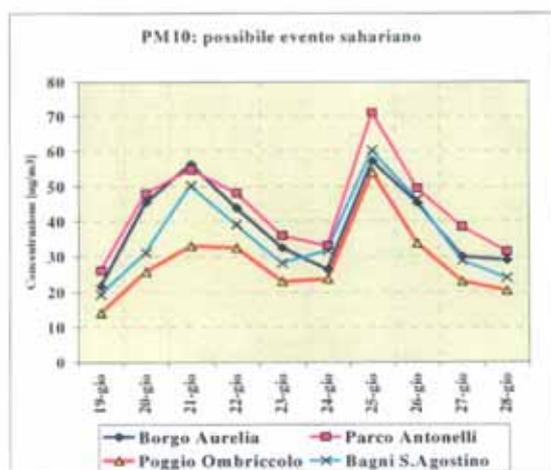


Le giornate in cui si sono verificati superamenti di PM10 in almeno una delle postazioni sono riassunte nella tabella che segue, evidenziando in neretto i valori di concentrazione maggiori del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Per confronto, in corsivo si sono riportate le concentrazioni giornaliere di PM10 delle altre postazioni non eccedenti il valore limite:

| Data      | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|-----------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| 06-apr-07 | 21.7          | 53.1            | 31.6              | -                 |
| 07-apr-07 | 29.3          | 50.9            | 27.0              | 34.1              |
| 23-mag-07 | 41.8          | 54.8            | 49.9              | 35.4              |
| 24-mag-07 | 47.2          | 55.1            | 11.9              | 38.6              |
| 25-mag-07 | 47.0          | 50.9            | 20.7              | 40.7              |
| 21-giu-07 | 56.3          | 54.8            | 33.0              | 50.3              |
| 25-giu-07 | 57.2          | 71.0            | 54.0              | 60.3              |
| 30-ago-07 | 45.1          | 62.1            | 45.6              | 49.9              |
| 31-ago-07 | 45.9          | 50.5            | 37.2              | 48.0              |
| 18-set-07 | 34.0          | 50.9            | 21.1              | 41.0              |
| 03-ott-07 | 55.0          | -               | 47.0              | 37.2              |
| 04-ott-07 | 62.3          | 65.6            | 50.2              | 50.9              |
| 05-ott-07 | 43.4          | 54.5            | 32.2              | 38.7              |
| 15-ott-07 | 20.3          | 25.2            | 16.0              | 171.3             |
| 17-ott-07 | 27.3          | 57.2            | 16.2              | 23.0              |
| 26-ott-07 | 51.2          | 49.6            | 29.0              | 29.1              |
| 27-ott-07 | 83.6          | 77.0            | 42.5              | 34.2              |
| 27-nov-07 | -             | 62.4            | 32.5              | 37.2              |
| 20-dic-07 | 26.1          | 58.1            | 15.8              | 26.6              |
| 29-dic-07 | 19.8          | 51.7            | 10.9              | 29.1              |

Dai dati sopra riportati, appare evidente che nella postazione urbana di Parco Antonelli si sono avuti i più frequenti superamenti della soglia di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  che, il più delle volte, non hanno trovato riscontro nelle altre postazioni. Dato che questa postazione è sicuramente la più influenzata dal traffico urbano, è molto probabile che le emissioni veicolari siano state la causa di questi superamenti anche se è da escludere che, in alcuni casi, apporti di origine naturale abbiano contribuito ai superamenti.

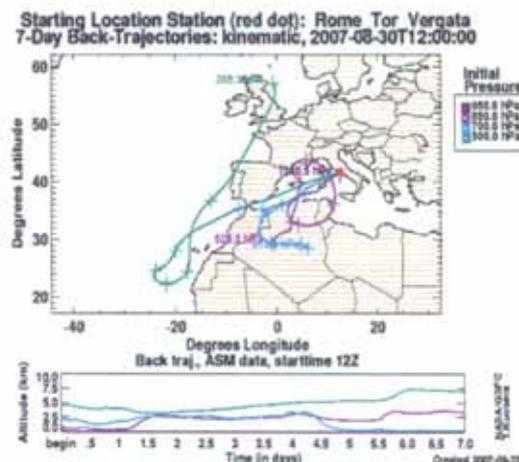
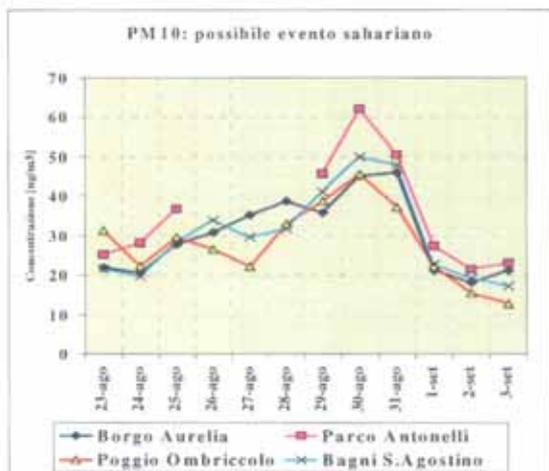
Il fatto che possano avvenire contributi naturali alla polverosità ambientale appare abbastanza evidente quando si va a valutare l'andamento temporale della polverosità nelle quattro postazioni in relazione all'origine delle masse di aria che influenzano in quel periodo la zona di Civitavecchia. Un primo esempio, mostrato nelle figure seguenti, si ha nel mese di giugno, in cui nelle giornate del 21 e del 25 si sono avuti superamenti in quasi tutte le postazioni con un andamento del tutto simile, salvo il 21/6 a Poggio Ombriccolo in cui non vi è stato avvenuto superamento. Si può dedurre, quindi, che un'unica causa è responsabile dell'andamento riscontrato. L'analisi delle traiettorie all'indietro del vento (*backtrajectories*) per i sette giorni precedenti il 25/06 (<sup>4</sup>) indica che le masse d'aria che hanno raggiunto Civitavecchia sono transitate sull'Africa e gli aumenti della polverosità sono sicuramente da attribuire al trasporto di sabbia sahariana.



Allo stesso modo, il supero del 30/08 ( $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) potrebbe essere anch'esso attribuibile ad apporti di sabbia sahariana come mostrato nelle figure sottostanti. Nel successivo grafico di sinistra è riportato l'andamento della concentrazione di PM10 giornaliero nelle quattro postazioni nei giorni compresi tra

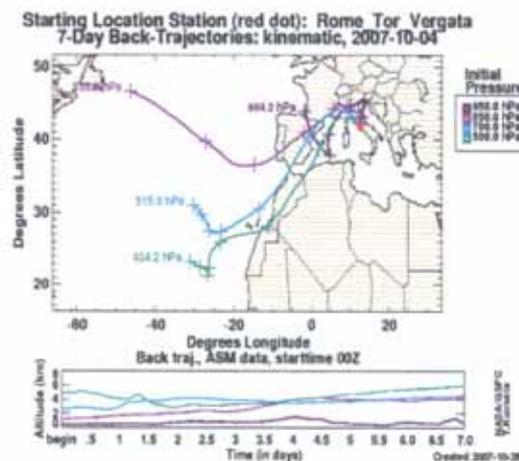
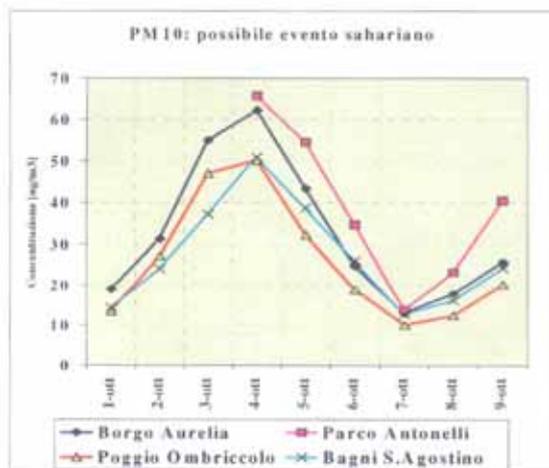
<sup>4</sup> Le *backtrajectories* sono tratte dal sito: <http://croc.gsfc.nasa.gov/aeronet/index.html>

23 agosto e il 3 settembre mentre nella figura di destra sono mostrate le traiettorie a ritroso del vento (*backtrjectories*) per i sette giorni precedenti il 30/08<sup>(5)</sup>. Le masse d'aria alle quote inferiori ai 2.5 km (linee viola ed azzurre) sono sicuramente transitate sull'Africa settentrionale.



Nel periodo freddo (ottobre - dicembre), si sono avuti invece superamenti prevalentemente nella postazione urbana di Parco Antonelli dove, con tutta probabilità, le influenze dovute al traffico locale e all'eventuale riscaldamento domestico sono state accentuate da sfavorevoli condizioni meteorologiche che non hanno consentito il rimescolamento delle masse d'aria. Questi effetti sono stati molto evidenti nelle giornate del 5, 17 e 27/10, 27/11 e 20 e 29/12 (v. tabella precedente), in cui nelle postazioni più esterne all'area urbana (Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino) si sono avuti valori di PM10 inferiori anche della metà rispetto a quanto misurato a Parco Antonelli. La postazione di Borgo Aurelia ha risentito anch'essa del traffico locale e spesso i valori di PM10 sono risultati simili a quelli di Parco Antonelli anche se non sono coincisi con superamenti del valore limite.

Contributi naturali da sorgenti remote possono avvenire anche nel periodo freddo, come si può dedurre dalla sottostante figura di sinistra che riporta l'andamento della polverosità nelle quattro postazioni nel periodo che va dal 1/10 al 7/10. Il culmine dell'evento si è avuto il 4/10 con superamento del valore limite di PM10 in tutte le postazioni:



Anche in questo caso, le *backtrjectories* (figura precedente a destra) indicano un transito sull'Africa delle masse d'aria nei giorni precedenti il 4 ottobre. Inoltre, le analisi chimiche effettuate sui campioni

<sup>5</sup> Le *backtrjectories* sono tratte dal sito : <http://croc.gsfc.nasa.gov/acronet/index.html>

prelevati a Borgo Aurelia e Parco Antonelli proprio il 4/10 hanno evidenziato una elevata concentrazione di Al, Ti e Ca (v. par. 3.2.1), elementi associabili a polveri di origine terrigena.

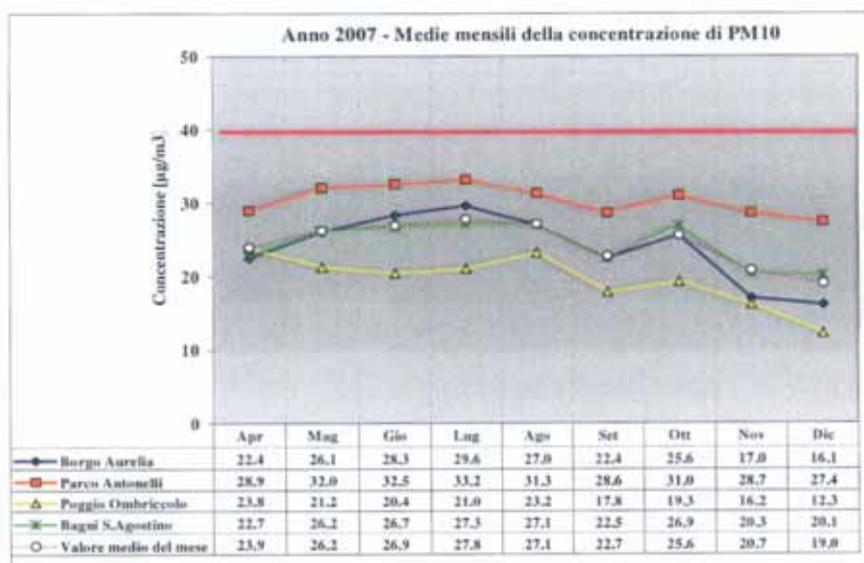
Va sottolineato quindi che anche in inverno si possono avere superamenti della soglia ammissibile di polverosità giornaliera dovuti ad eventi esterni di origine remota e non da sorgenti locali della zona di Civitavecchia.

Infine, l'elevatissima polverosità misurata a Bagni S. Agostino il 15/10 ( $171 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stata dovuta ad un incendio avvenuto in prossimità della postazione. Questo evento ha influenzato solo tale postazione ed è da considerare una vera e propria singolarità.

I valori medi mensili di concentrazione di PM10, espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , nelle quattro postazioni sono riassunti nella tabella che segue, con indicazione della deviazione standard:

|           | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino | Tutte le postazioni |
|-----------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Aprile    | 22.4 ± 6.5    | 28.9 ± 13.3     | 23.8 ± 8.0        | 22.7 ± 4.2        | 23.9 ± 8.0          |
| Maggio    | 26.1 ± 10.3   | 32.0 ± 12.3     | 21.2 ± 8.7        | 26.2 ± 9.5        | 26.2 ± 10.7         |
| Giugno    | 28.3 ± 11.1   | 32.5 ± 11.8     | 20.4 ± 9.1        | 26.7 ± 10.4       | 26.9 ± 11.4         |
| Luglio    | 29.6 ± 7.1    | 33.2 ± 6.7      | 21.0 ± 5.4        | 27.3 ± 5.4        | 27.8 ± 7.6          |
| Agosto    | 27.0 ± 7.8    | 31.3 ± 9.1      | 23.2 ± 7.9        | 27.1 ± 7.7        | 27.1 ± 8.5          |
| Settembre | 22.4 ± 7.2    | 28.6 ± 8.4      | 17.8 ± 5.9        | 22.5 ± 7.0        | 22.7 ± 8.1          |
| Ottobre   | 25.6 ± 17.5   | 31.0 ± 18.1     | 19.3 ± 11.6       | 26.9 ± 28.5       | 25.6 ± 20.1         |
| Novembre  | 17.0 ± 6.4    | 28.7 ± 11.4     | 16.2 ± 6.6        | 20.3 ± 7.1        | 20.7 ± 9.5          |
| Dicembre  | 16.1 ± 6.9    | 27.4 ± 12.6     | 12.3 ± 4.4        | 20.1 ± 7.5        | 19.0 ± 10.0         |

I valori medi mensili della tabella precedente sono messi a confronto nel grafico che segue, in cui la linea rossa indica il valore limite annuale di polverosità, pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  :

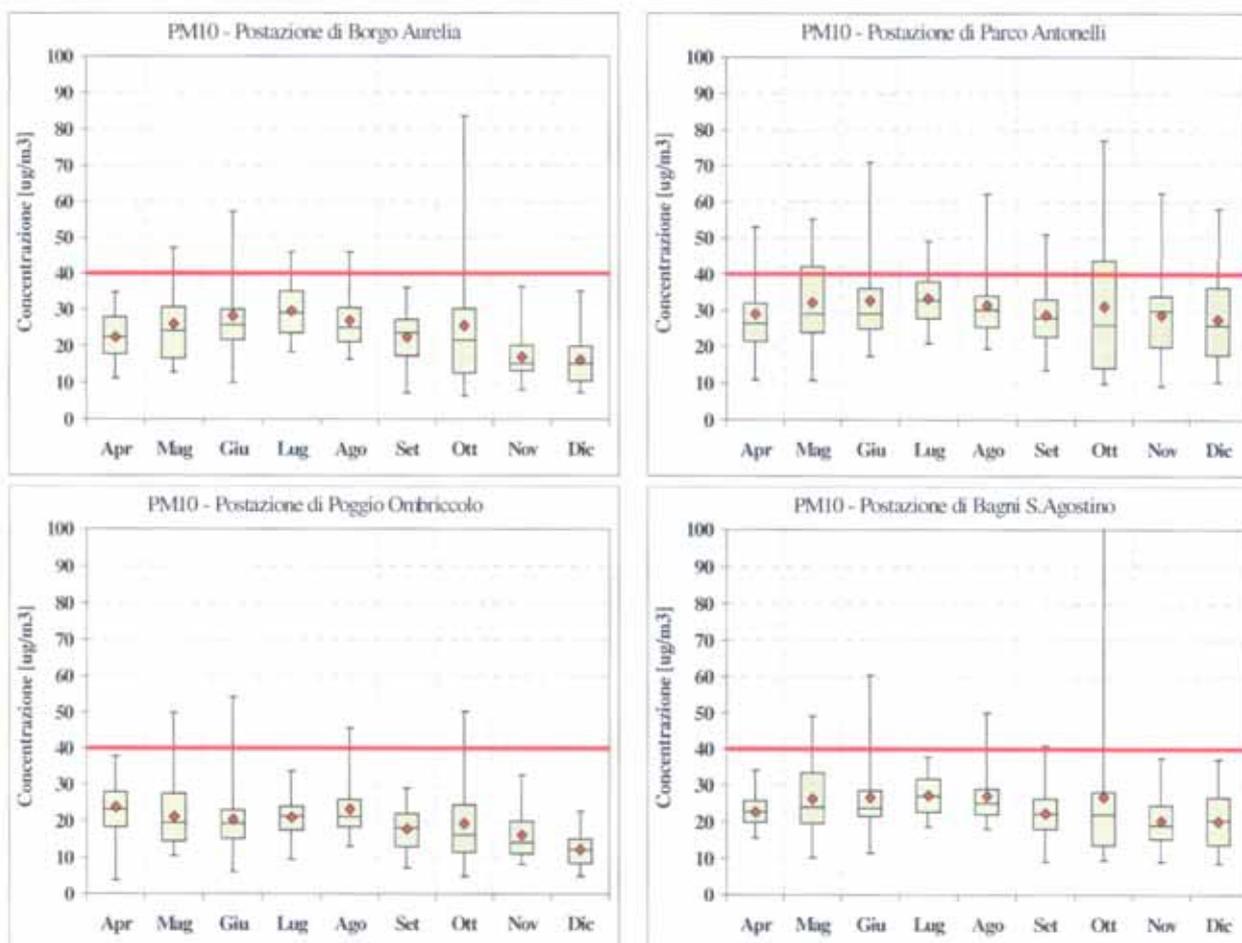


Dal grafico precedente, appare già evidente che tra aprile e dicembre 2007 non si è superato il valore limite annuale di polverosità. Da aprile ad ottobre, i valori medi di PM10 hanno avuto un intervallo di concentrazioni abbastanza contenuto e tutti i valori medi mensili di PM10 sono rimasti compresi tra un minimo di  $17.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Poggio Ombriccolo a settembre '07) e un massimo di  $33.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Parco Antonelli in luglio '07). In novembre e dicembre, si è avuta una diminuzione delle polverosità in tutte le postazioni, probabilmente dovuta a favorevoli condizioni meteorologiche.

Nelle figure che seguono, per ciascuna postazione sono stati riassunti in forma grafica i dati statistici mensili utilizzando la rappresentazione a box con "whisker plot" che consente di visualizzare la tendenza centrale e la variabilità (dispersione) di un set di dati. Per ogni serie di dati mensili, sono pertanto rappresentati (dal basso in alto):

- il valore minimo (linea inferiore);
- il primo quartile o 25° percentile (box inferiore);
- la mediana dei valori (linea centrale tra i due box);
- il terzo quartile o 75° percentile (box superiore);
- il valore massimo (linea superiore).

Inoltre, è stato aggiunto il valore medio, rappresentato dal rombo in rosso.



Dai grafici precedenti, si possono notare i seguenti andamenti:

- la linea mediana spesso non è equidistante dal primo e terzo quartile e quindi la distribuzione dei dati non è spesso normale;
- i valori medi sono tendenzialmente sempre superiori a quelli mediani, indice del fatto che si sono avuti elevati valori di PM10 ma con bassa frequenza;
- la maggiore dispersione dei dati di PM10 si è avuta in giugno ed ottobre per tutte le postazioni;
- a parità di periodo temporale considerato, nella postazione urbana di Parco Antonelli si hanno sempre valori medi e mediani superiori a quella di tutte le altre postazioni, in quella rurale di Poggio Ombriccolo si riscontrano invece i valori più bassi.

Dai grafici precedenti si può cogliere, inoltre, un andamento delle concentrazioni medie mensili di PM10 abbastanza comune per tutte le postazioni, ovvero che da Aprile a Luglio si è avuto un aumento della polverosità media mensile che ha raggiunto i massimi in luglio per poi diminuire più o meno in maniera accentuata da Agosto a Dicembre.

Nelle tabelle che seguono, i risultati delle misure di PM10 sono stati riassunti per trimestri di monitoraggio (Aprile-Giugno, Luglio-Settembre, Ottobre-Dicembre), grosso modo corrispondenti a tre stagioni, riportando anche alcuni parametri statistici dei campionamenti effettuati:

| Postazione                                   | Borgo Aurelia    |                     |                     | Parco Antonelli  |                     |                     |
|----------------------------------------------|------------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|---------------------|
|                                              | Aprile<br>Giugno | Luglio<br>Settembre | Ottobre<br>Dicembre | Aprile<br>Giugno | Luglio<br>Settembre | Ottobre<br>Dicembre |
| N° valori giornalieri previsti               | 88               | 92                  | 92                  | 88               | 92                  | 92                  |
| N° valori giornalieri sperimentali           | 81               | 92                  | 85                  | 67               | 87                  | 89                  |
| % campionamenti validati                     | 92               | 100                 | 92                  | 76               | 95                  | 97                  |
| Superamenti 50 µg/m <sup>3</sup> nel periodo | 2                | 0                   | 4                   | 7                | 3                   | 7                   |
| Media nel periodo (µg/m <sup>3</sup> )       | <b>25.8</b>      | <b>26.4</b>         | <b>19.8</b>         | <b>31.6</b>      | <b>31.1</b>         | <b>29.0</b>         |
| Dev. Stand.                                  | 9.9              | 7.9                 | 12.5                | 12.2             | 8.2                 | 14.1                |
| Minimo (µg/m <sup>3</sup> )                  | 9.9              | 7.1                 | 6.3                 | 10.7             | 13.5                | 9.2                 |
| Massimo (µg/m <sup>3</sup> )                 | 57.2             | 45.9                | 83.6                | 71               | 62.1                | 77                  |
| Mediana                                      | 24.7             | 25.2                | 16.5                | 28.6             | 30.8                | 28.2                |
| 25° percentile                               | 18.8             | 21.2                | 12.5                | 24.3             | 25.5                | 17.5                |
| 50° percentile                               | 24.7             | 25.2                | 16.5                | 28.6             | 30.8                | 28.2                |
| 75° percentile                               | 29.3             | 30.6                | 23.1                | 37.3             | 35                  | 36.7                |
| 95° percentile                               | 45.5             | 41.2                | 42                  | 54.3             | 45                  | 56.1                |

| Postazione                                   | Poggio Ombriccolo |                     |                     | Bagni S. Agostino |                     |                     |
|----------------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
|                                              | Aprile<br>Giugno  | Luglio<br>Settembre | Ottobre<br>Dicembre | Aprile<br>Giugno  | Luglio<br>Settembre | Ottobre<br>Dicembre |
| N° valori giornalieri previsti               | 88                | 92                  | 92                  | 88                | 92                  | 92                  |
| N° valori giornalieri sperimentali           | 83                | 91                  | 92                  | 85                | 92                  | 92                  |
| % campionamenti validati                     | 94                | 99                  | 100                 | 97                | 100                 | 100                 |
| Superamenti 50 µg/m <sup>3</sup> nel periodo | 1                 | 0                   | 1                   | 2                 | 0                   | 2                   |
| Media nel periodo (µg/m <sup>3</sup> )       | <b>21.7</b>       | <b>20.7</b>         | <b>15.9</b>         | <b>25.4</b>       | <b>25.6</b>         | <b>22.5</b>         |
| Dev. Stand.                                  | 8.6               | 6.8                 | 8.6                 | 8.8               | 7.1                 | 17.7                |
| Minimo (µg/m <sup>3</sup> )                  | 3.6               | 7.1                 | 4.7                 | 10.1              | 9                   | 8.6                 |
| Massimo (µg/m <sup>3</sup> )                 | 54                | 45.6                | 50.2                | 60.3              | 49.9                | 171.3               |
| Mediana                                      | 20.6              | 20.4                | 13.5                | 23.5              | 24.7                | 20.1                |
| 25° percentile                               | 16.1              | 16.1                | 10.6                | 20.1              | 21.3                | 13.9                |
| 50° percentile                               | 20.6              | 20.4                | 13.5                | 23.5              | 24.7                | 20.1                |
| 75° percentile                               | 27.2              | 23.9                | 19.1                | 28.2              | 29.8                | 26.2                |
| 95° percentile                               | 35.1              | 32.1                | 30.5                | 40.4              | 37.2                | 37.2                |

Relativamente alla funzionalità delle postazioni, escludendo il primo trimestre di funzionamento a Parco Antonelli, complessivamente si è avuto un buon andamento dei rilievi con oltre il 90% di campionamenti validati (intervallo: 92-100%). Nel primo trimestre di monitoraggio, la postazione di Parco Antonelli ha risentito più delle altre di problemi di avvio, che hanno comportato alcuni periodi di fermo e pertanto il numero di campioni validati (76%) è stato inferiore a quello delle altre postazioni. Nei mesi successivi la situazione si è normalizzata e anche per questa postazione il numero di campioni validati è stato maggiore del 90%. La mancata validazione dei campionamenti è stata per la maggior parte dovuta a saltuarie ed estemporanee interruzioni di corrente elettrica, interferenze da radiofrequenze, queste ultime più frequenti nella postazione di Poggio Ombriccolo o anomalie meccaniche della strumentazione.

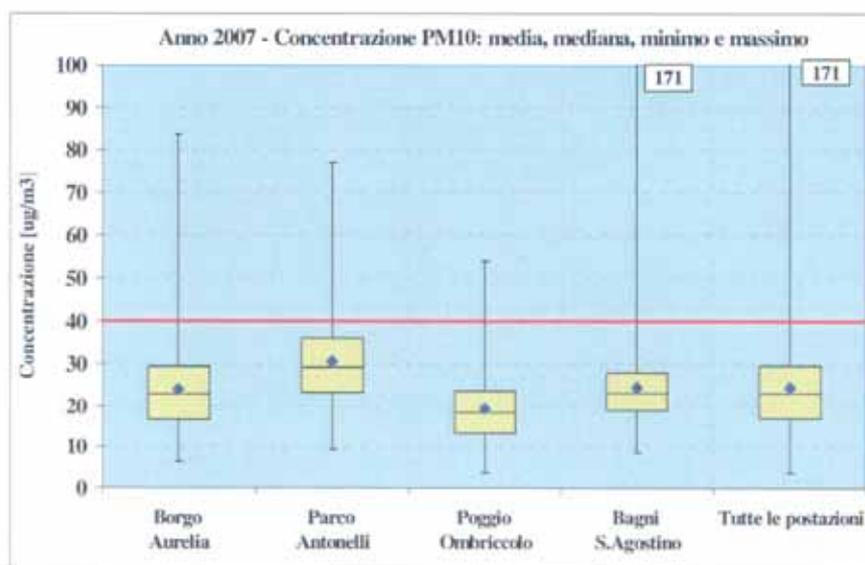
Per quanto riguarda i valori medi trimestrali (stagionali) di PM10, nel periodo che va da ottobre a dicembre si nota una generale diminuzione dei valori di PM10 rispetto ai due trimestri precedenti, valutabile in circa 2  $\mu\text{g}$  in meno per Parco Antonelli, 3  $\mu\text{g}$  in meno per Borgo Aurelia e 5-6  $\mu\text{g}$  in meno per le altre due postazioni. Dato che la polverosità media della postazione urbana di Parco Antonelli ha avuto un calo inferiore rispetto a quello delle altre postazioni, nel trimestre che va da ottobre a dicembre si è accentuato il divario rispetto alla postazione rurale di Poggio Ombriccolo. Se nei precedenti trimestri la polverosità a Poggio Ombriccolo era del 30% inferiore rispetto a quella di Parco Antonelli, nel trimestre da ottobre a dicembre il divario è stata quasi del 50%. Si noti anche che i valori medi di PM10 delle postazioni di Borgo Aurelia e di Bagni S. Agostino sono stati sostanzialmente simili, benché la prima postazione abbia avuto un numero maggiore di superamenti del valore limite di PM10 a causa della più alta influenza dovuta al traffico.

### 3.1.1 Valori medi annuali del PM10

Nella tabella sottostante sono riportati i dati statistici annuali per tutte le postazioni, sempre espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :

|                | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino | Tutte le postazioni |
|----------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Media          | 24.0          | 30.5            | 19.3              | 24.5              | 24.5                |
| Mediana        | 22.9          | 29.2            | 18.3              | 23.1              | 23.1                |
| 25° percentile | 16.5          | 23.3            | 13.3              | 19.0              | 17.0                |
| 75° percentile | 29.3          | 36.0            | 23.6              | 28.0              | 29.5                |
| Min            | 6.3           | 9.2             | 3.6               | 8.6               | 3.6                 |
| Max            | 83.6          | 77.0            | 54.0              | 171.3             | 171.3               |

Nella figura sottostante, i risultati sono rappresentati in forma grafica a box con "whisker plot", analogamente a quelli medi mensili e con lo stesso significato.



Come già anticipato, in nessuna postazione si è superato il valore di soglia annuale di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nel 2007, la massima polverosità media annuale si è avuta nella postazione urbana di Parco Antonelli (30.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), la minima nella postazione rurale di Poggio Ombriccolo (19.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Le postazioni di Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino hanno avuto una polverosità intermedia tra le precedenti postazioni con un valore molto simile tra di loro (circa 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### 3.2 Caratterizzazione chimica del particolato PM10

Come introdotto al par. 2.2, il particolato PM10 raccolto su filtri in teflon, è stato caratterizzato per i seguenti gruppi di parametri:

- *Microinquinanti inorganici:*  
Al, As, Be, Cr, Co, Ni, Cd, Hg, Tl, Se, Te, Sb, Mn, Pd, Pt, Pb, Cu, Rh, Sn, V, Zn, Ti
- *Sostanze influenzanti l'acidità atmosferica:*  
Ca, Na, Mg, K, NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e Cl<sup>-</sup>

Nei paragrafi seguenti, sono riassunti i valori medi di metalli e specie ioniche riscontrate nel particolato PM10 nel primo anno di indagine e si riportano alcune considerazioni sui valori rilevati.

Per quanto riguarda il calcolo del valore medio, si sono adottate le indicazioni contenute nel Rapporto ISTISAN 04/15 <sup>(6)</sup>, in quanto i valori di concentrazione sono spesso inferiori al limite di rivelabilità (LdR). In particolare, i criteri adottati, conformemente al documento di riferimento, sono i seguenti:

- dato che i LdR di ciascun analita sono molto bassi, quando un parametro ha una concentrazione inferiore al LdR, i calcoli della media sono stati eseguiti utilizzando la metà del valore del LdR;
- la deviazione standard è stata calcolata quando si poteva disporre di almeno il 50% di valori maggiori del LdR. Appare chiaro, quindi, che si tratta di un valore puramente indicativo della variabilità del dato;
- nel caso in cui, per un dato analita, più del 50% dei singoli valori di concentrazione è inferiore al LdR, non si è proceduto al calcolo della deviazione standard e nelle tabelle compare la dicitura "n.c." (non calcolabile).

Conseguentemente a quanto sopra, nelle tabelle riportate nei prossimi paragrafi, il valore medio può coincidere col limite di rivelabilità.

#### 3.2.1 Metalli nel particolato PM10

Le concentrazioni medie mensili di metalli nel periodo da Aprile a Dicembre 2007 rilevati in ciascuna delle postazioni di misura, calcolati con i criteri descritti nel paragrafo precedente, sono riportati nella tabelle che seguono.

---

<sup>6</sup> A cura di E. Menichini e G. Viviano: "Trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità nel calcolo dei risultati analitici", Rapporto ISTISAN 04/15, 2004

Le concentrazioni mensili di metalli nel particolato PM10 della postazione di **Borgo Aurelia** sono mostrate di seguito:

|    |                              | Postazione di Borgo Aurelia |                     |                     |                     |                     |
|----|------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|    |                              | Aprile                      | Maggio              | Giugno              | Luglio              | Agosto              |
| Al | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.25 $\pm$ 0.05             | 0.37 $\pm$ 0.44     | 0.35 $\pm$ 0.19     | 0.70 $\pm$ 0.08     | 0.91 $\pm$ 0.53     |
| As | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0015 $\pm$ 0.0012         | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0008 $\pm$ 0.0008 | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   |
| Be | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.           | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   |
| Cd | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ 0.0001         | 0.0001 $\pm$ 0.0001 | 0.0001 $\pm$ 0.0001 | 0.0002 $\pm$ 0.0001 | 0.0001 $\pm$ n.c.   |
| Co | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ 0.0001         | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0002 $\pm$ 0.0001 | 0.0001 $\pm$ n.c.   |
| Cr | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.016 $\pm$ 0.001           | 0.016 $\pm$ 0.009   | 0.017 $\pm$ 0.016   | 0.012 $\pm$ 0.004   | 0.007 $\pm$ 0.007   |
| Cu | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.012 $\pm$ 0.002           | 0.007 $\pm$ 0.005   | 0.002 $\pm$ n.c.    | 0.007 $\pm$ 0.005   | 0.010 $\pm$ 0.005   |
| Hg | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.           | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   |
| Mn | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.011 $\pm$ 0.001           | 0.002 $\pm$ 0.001   | 0.018 $\pm$ 0.022   | 0.013 $\pm$ 0.007   | 0.008 $\pm$ 0.003   |
| Ni | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.008 $\pm$ 0.000           | 0.009 $\pm$ 0.011   | 0.010 $\pm$ 0.003   | 0.010 $\pm$ 0.002   | 0.010 $\pm$ 0.007   |
| Pb | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.004 $\pm$ 0.001           | 0.004 $\pm$ 0.003   | 0.003 $\pm$ 0.002   | 0.002 $\pm$ 0.001   | 0.001 $\pm$ 0.002   |
| Pd | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.           | 0.0002 $\pm$ 0.0001 | 0.0003 $\pm$ 0.0001 | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   |
| Pt | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0010 $\pm$ n.c.           | 0.0010 $\pm$ n.c.   | 0.0010 $\pm$ n.c.   | 0.0010 $\pm$ n.c.   | 0.0010 $\pm$ n.c.   |
| Rh | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0003 $\pm$ n.c.           | 0.0003 $\pm$ n.c.   | 0.0003 $\pm$ n.c.   | 0.0003 $\pm$ n.c.   | 0.0003 $\pm$ n.c.   |
| Sb | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0019 $\pm$ 0.0007         | 0.0008 $\pm$ 0.0004 | 0.0006 $\pm$ 0.0003 | 0.0032 $\pm$ 0.0021 | 0.0007 $\pm$ 0.0014 |
| Se | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.003 $\pm$ n.c.            | 0.003 $\pm$ n.c.    | 0.003 $\pm$ n.c.    | 0.003 $\pm$ n.c.    | 0.003 $\pm$ n.c.    |
| Sn | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0019 $\pm$ 0.0006         | 0.0014 $\pm$ 0.0011 | 0.0012 $\pm$ 0.0010 | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   |
| Te | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.           | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   |
| Ti | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.008 $\pm$ 0.001           | 0.012 $\pm$ 0.016   | 0.006 $\pm$ 0.005   | 0.002 $\pm$ 0.001   | 0.026 $\pm$ 0.021   |
| Tl | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0015 $\pm$ 0.0004         | 0.0007 $\pm$ 0.0008 | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0007 $\pm$ 0.0005 | 0.0005 $\pm$ 0.0008 |
| V  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.010 $\pm$ n.c.            | 0.018 $\pm$ 0.020   | 0.010 $\pm$ n.c.    | 0.010 $\pm$ n.c.    | 0.022 $\pm$ 0.027   |
| Zn | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.091 $\pm$ 0.062           | 0.048 $\pm$ 0.043   | 0.069 $\pm$ 0.074   | 0.096 $\pm$ 0.064   | 0.035 $\pm$ 0.026   |

|    |                              | Postazione di Borgo Aurelia |                     |                     |                   |
|----|------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
|    |                              | Settembre                   | Ottobre             | Novembre            | Dicembre          |
| Al | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.64 $\pm$ 0.36             | 0.14 $\pm$ 0.16     | 0.13 $\pm$ 0.18     | 0.14 $\pm$ 0.16   |
| As | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0004 $\pm$ n.c.           | 0.0310 $\pm$ 0.0046 | 0.0120 $\pm$ 0.0140 | 0.0040 $\pm$ n.c. |
| Be | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.           | 0.0002 $\pm$ n.c.   | 0.0002 $\pm$ n.c.   | 0.0002 $\pm$ n.c. |
| Cd | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.           | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c. |
| Co | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.           | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c. |
| Cr | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.002 $\pm$ 0.002           | 0.002 $\pm$ n.c.    | 0.002 $\pm$ n.c.    | 0.002 $\pm$ n.c.  |
| Cu | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.008 $\pm$ 0.006           | 0.012 $\pm$ 0.005   | 0.011 $\pm$ 0.008   | 0.012 $\pm$ 0.005 |
| Hg | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.           | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c. |
| Mn | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.010 $\pm$ 0.006           | 0.003 $\pm$ 0.002   | 0.003 $\pm$ 0.002   | 0.003 $\pm$ 0.002 |
| Ni | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.020 $\pm$ 0.018           | 0.002 $\pm$ n.c.    | 0.004 $\pm$ 0.005   | 0.002 $\pm$ n.c.  |
| Pb | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.001 $\pm$ 0.001           | 0.004 $\pm$ 0.003   | 0.004 $\pm$ 0.001   | 0.004 $\pm$ 0.003 |
| Pd | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.           | 0.0008 $\pm$ n.c.   | 0.0008 $\pm$ n.c.   | 0.0008 $\pm$ n.c. |
| Pt | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0010 $\pm$ n.c.           | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c. |
| Rh | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0003 $\pm$ n.c.           | 0.0002 $\pm$ n.c.   | 0.0002 $\pm$ n.c.   | 0.0002 $\pm$ n.c. |
| Sb | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0009 $\pm$ 0.0012         | 0.0010 $\pm$ n.c.   | 0.0010 $\pm$ n.c.   | 0.0010 $\pm$ n.c. |
| Se | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.003 $\pm$ n.c.            | 0.012 $\pm$ n.c.    | 0.012 $\pm$ n.c.    | 0.012 $\pm$ n.c.  |
| Sn | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0004 $\pm$ n.c.           | 0.0020 $\pm$ n.c.   | 0.0027 $\pm$ 0.0016 | 0.0020 $\pm$ n.c. |
| Te | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.           | 0.0020 $\pm$ n.c.   | 0.0020 $\pm$ n.c.   | 0.0020 $\pm$ n.c. |
| Ti | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.020 $\pm$ 0.008           | 0.015 $\pm$ 0.024   | 0.004 $\pm$ n.c.    | 0.015 $\pm$ 0.024 |
| Tl | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.           | 0.0010 $\pm$ n.c.   | 0.0010 $\pm$ n.c.   | 0.0010 $\pm$ n.c. |
| V  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.010 $\pm$ n.c.            | 0.020 $\pm$ n.c.    | 0.020 $\pm$ n.c.    | 0.020 $\pm$ n.c.  |
| Zn | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.102 $\pm$ 0.061           | 0.098 $\pm$ 0.094   | 0.024 $\pm$ 0.046   | 0.098 $\pm$ 0.094 |

Le concentrazioni mensili di metalli nel particolato PM10 della postazione di **Parco Antonelli** sono riportate di seguito:

| Postazione di Parco Antonelli   |                   |                     |                     |                     |                     |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                 | Aprile            | Maggio              | Giugno              | Luglio              | Agosto              |
| Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.32 $\pm$ n.c.   | 0.29 $\pm$ 0.29     | 0.55 $\pm$ 0.13     | 0.76 $\pm$ 0.49     | 1.10 $\pm$ 0.81     |
| As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0004 $\pm$ n.c. | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0006 $\pm$ 0.0005 | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   |
| Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c. | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   |
| Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c. | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0010 $\pm$ 0.0020 | 0.0004 $\pm$ 0.0004 | 0.0002 $\pm$ 0.0002 |
| Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c. | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   |
| Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.015 $\pm$ n.c.  | 0.020 $\pm$ 0.009   | 0.021 $\pm$ 0.015   | 0.014 $\pm$ 0.014   | 0.006 $\pm$ 0.007   |
| Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.023 $\pm$ n.c.  | 0.040 $\pm$ 0.014   | 0.018 $\pm$ 0.025   | 0.028 $\pm$ 0.017   | 0.027 $\pm$ 0.014   |
| Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c. | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   |
| Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.011 $\pm$ n.c.  | 0.014 $\pm$ 0.021   | 0.024 $\pm$ 0.031   | 0.018 $\pm$ 0.006   | 0.011 $\pm$ 0.006   |
| Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.018 $\pm$ n.c.  | 0.014 $\pm$ 0.010   | 0.008 $\pm$ 0.005   | 0.018 $\pm$ 0.010   | 0.008 $\pm$ 0.003   |
| Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.004 $\pm$ n.c.  | 0.003 $\pm$ 0.003   | 0.003 $\pm$ 0.001   | 0.002 $\pm$ 0.001   | 0.004 $\pm$ 0.003   |
| Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c. | 0.0002 $\pm$ 0.0001 | 0.0005 $\pm$ 0.0002 | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   |
| Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0010 $\pm$ n.c. | 0.0010 $\pm$ n.c.   | 0.0010 $\pm$ n.c.   | 0.0010 $\pm$ n.c.   | 0.0010 $\pm$ n.c.   |
| Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0003 $\pm$ n.c. | 0.0003 $\pm$ n.c.   | 0.0003 $\pm$ n.c.   | 0.0003 $\pm$ n.c.   | 0.0003 $\pm$ n.c.   |
| Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0019 $\pm$ n.c. | 0.0016 $\pm$ 0.0006 | 0.0012 $\pm$ 0.0006 | 0.0037 $\pm$ 0.0021 | 0.0185 $\pm$ 0.0354 |
| Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.003 $\pm$ n.c.  | 0.003 $\pm$ n.c.    | 0.003 $\pm$ n.c.    | 0.003 $\pm$ n.c.    | 0.003 $\pm$ n.c.    |
| Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0014 $\pm$ n.c. | 0.0018 $\pm$ 0.0012 | 0.0014 $\pm$ 0.0006 | 0.0074 $\pm$ 0.0141 | 0.0004 $\pm$ n.c.   |
| Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c. | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   |
| Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.010 $\pm$ n.c.  | 0.014 $\pm$ 0.014   | 0.009 $\pm$ 0.007   | 0.002 $\pm$ 0.001   | 0.020 $\pm$ 0.016   |
| Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0016 $\pm$ n.c. | 0.0005 $\pm$ 0.0004 | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0008 $\pm$ 0.0006 | 0.0011 $\pm$ 0.0019 |
| V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | 0.010 $\pm$ n.c.  | 0.028 $\pm$ 0.030   | 0.010 $\pm$ n.c.    | 0.016 $\pm$ 0.014   | 0.010 $\pm$ n.c.    |
| Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.052 $\pm$ n.c.  | 0.031 $\pm$ 0.015   | 0.072 $\pm$ 0.073   | 0.022 $\pm$ 0.017   | 0.010 $\pm$ n.c.    |

| Postazione di Parco Antonelli   |                     |                     |                     |                     |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                 | Settembre           | Ottobre             | Novembre            | Dicembre            |
| Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.45 $\pm$ 0.26     | 2.34 $\pm$ 2.61     | 0.19 $\pm$ 0.22     | 0.51 $\pm$ 0.26     |
| As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0418 $\pm$ 0.0209 | 0.0040 $\pm$ n.c.   | 0.0072 $\pm$ 0.0071 |
| Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0002 $\pm$ n.c.   | 0.0003 $\pm$ 0.0002 | 0.0002 $\pm$ n.c.   |
| Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0011 $\pm$ 0.0016 | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   |
| Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   |
| Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.004 $\pm$ 0.005   | 0.039 $\pm$ 0.058   | 0.002 $\pm$ n.c.    | 0.002 $\pm$ n.c.    |
| Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.024 $\pm$ 0.006   | 0.288 $\pm$ 0.465   | 0.049 $\pm$ 0.047   | 0.031 $\pm$ 0.036   |
| Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0001 $\pm$ n.c.   |
| Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.008 $\pm$ 0.005   | 0.037 $\pm$ 0.071   | 0.010 $\pm$ 0.003   | 0.004 $\pm$ 0.003   |
| Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.004 $\pm$ 0.003   | 0.025 $\pm$ 0.018   | 0.004 $\pm$ 0.005   | 0.010 $\pm$ 0.016   |
| Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.001 $\pm$ 0.001   | 0.008 $\pm$ 0.002   | 0.004 $\pm$ 0.001   | 0.005 $\pm$ 0.005   |
| Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0008 $\pm$ n.c.   | 0.0008 $\pm$ n.c.   | 0.0008 $\pm$ n.c.   |
| Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0010 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   | 0.0004 $\pm$ n.c.   |
| Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0003 $\pm$ n.c.   | 0.0002 $\pm$ n.c.   | 0.0002 $\pm$ n.c.   | 0.0002 $\pm$ n.c.   |
| Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0008 $\pm$ 0.0010 | 0.0023 $\pm$ 0.0016 | 0.0023 $\pm$ 0.0012 | 0.0025 $\pm$ 0.0025 |
| Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.003 $\pm$ n.c.    | 0.012 $\pm$ n.c.    | 0.012 $\pm$ n.c.    | 0.012 $\pm$ n.c.    |
| Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0007 $\pm$ 0.0007 | 0.0161 $\pm$ 0.0285 | 0.0020 $\pm$ n.c.   | 0.0027 $\pm$ 0.0015 |
| Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0020 $\pm$ n.c.   | 0.0020 $\pm$ n.c.   | 0.0020 $\pm$ n.c.   |
| Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.013 $\pm$ 0.008   | 0.046 $\pm$ 0.061   | 0.007 $\pm$ 0.007   | 0.012 $\pm$ 0.011   |
| Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 $\pm$ n.c.   | 0.0013 $\pm$ 0.0008 | 0.0010 $\pm$ n.c.   | 0.0010 $\pm$ n.c.   |
| V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | 0.010 $\pm$ n.c.    | 0.043 $\pm$ 0.033   | 0.020 $\pm$ n.c.    | 0.020 $\pm$ n.c.    |
| Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.026 $\pm$ 0.033   | 0.561 $\pm$ 0.606   | 0.004 $\pm$ n.c.    | 0.016 $\pm$ 0.028   |

Le concentrazioni mensili di metalli nel particolato PM10 della postazione di **Poggio Ombriccolo** sono mostrate nella tabella seguente:

| Postazione di Poggio Ombriccolo |                 |                 |                 |                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                 | Aprile          | Maggio          | Giugno          | Luglio          | Agosto          |
| Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.28 ± 0.02     | 0.12 ± 0.13     | 0.57 ± 0.10     | 0.87 ± 0.74     | 0.68 ± 0.62     |
| As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0034 ± 0.0018 | 0.0004 ± n.c.   | 0.0013 ± 0.0013 | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   |
| Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   |
| Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0003 ± 0.0003 | 0.0001 ± n.c.   | 0.0002 ± 0.0002 | 0.0002 ± 0.0001 | 0.0001 ± n.c.   |
| Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   |
| Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.014 ± 0.001   | 0.020 ± 0.013   | 0.018 ± 0.016   | 0.021 ± 0.003   | 0.008 ± 0.011   |
| Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.010 ± 0.001   | 0.002 ± n.c.    | 0.002 ± n.c.    | 0.008 ± 0.010   | 0.002 ± n.c.    |
| Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   |
| Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.009 ± 0.000   | 0.002 ± 0.002   | 0.018 ± 0.025   | 0.007 ± 0.002   | 0.005 ± 0.007   |
| Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0050 ± 0.0004 | 0.0025 ± 0.0022 | 0.0054 ± 0.0015 | 0.0086 ± 0.0074 | 0.0051 ± 0.0018 |
| Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0033 ± 0.0014 | 0.0013 ± 0.0003 | 0.0022 ± 0.0006 | 0.0009 ± 0.0008 | 0.0001 ± n.c.   |
| Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0002 ± 0.0001 | 0.0003 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   |
| Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0010 ± n.c.   |
| Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0003 ± n.c.   |
| Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0023 ± 0.0015 | 0.0008 ± 0.0005 | 0.0005 ± 0.0000 | 0.0019 ± 0.0023 | 0.0001 ± n.c.   |
| Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.003 ± n.c.    |
| Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0019 ± 0.0007 | 0.0004 ± n.c.   | 0.0011 ± 0.0009 | 0.0012 ± 0.0013 | 0.0004 ± n.c.   |
| Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   |
| Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.009 ± 0.002   | 0.003 ± 0.001   | 0.004 ± 0.005   | 0.013 ± 0.020   | 0.020 ± 0.004   |
| Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0014 ± 0.0006 | 0.0002 ± 0.0001 | 0.0001 ± n.c.   | 0.0004 ± 0.0004 | 0.0001 ± n.c.   |
| V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | 0.010 ± n.c.    |
| Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.084 ± 0.037   | 0.024 ± 0.025   | 0.017 ± 0.009   | 0.046 ± 0.033   | 0.101 ± 0.032   |

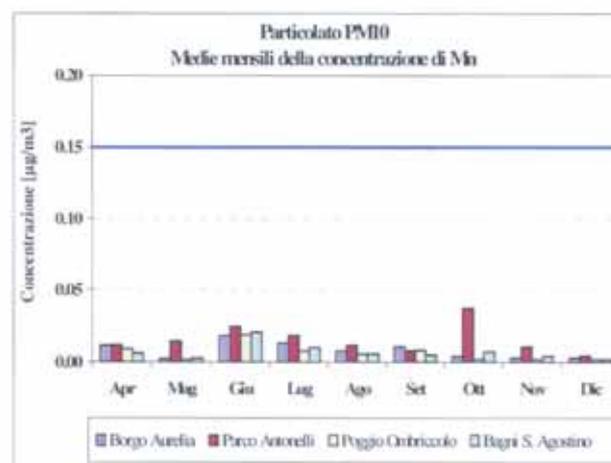
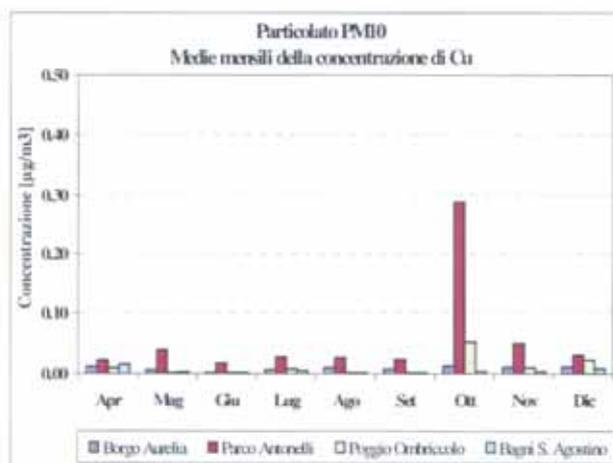
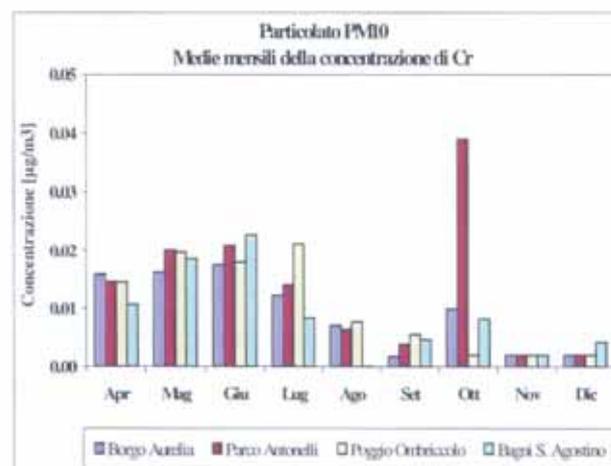
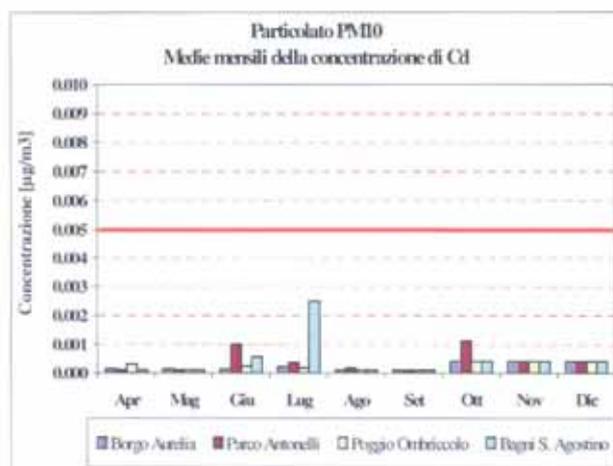
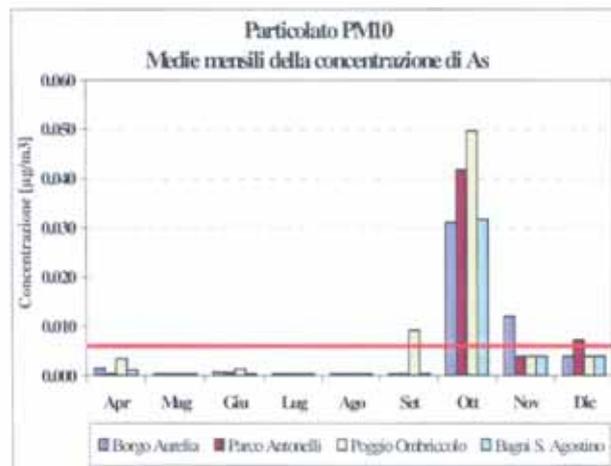
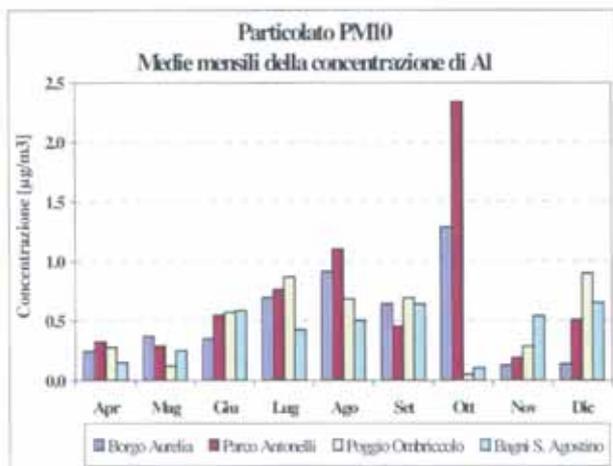
| Postazione di Poggio Ombriccolo |                 |                 |               |                 |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
|                                 | Settembre       | Ottobre         | Novembre      | Dicembre        |
| Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.69 ± 0.34     | 0.05 ± n.c.     | 0.29 ± 0.35   | 0.90 ± 0.33     |
| As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0091 ± 0.0082 | 0.0496 ± 0.0291 | 0.0040 ± n.c. | 0.0040 ± n.c.   |
| Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0002 ± 0.0002 | 0.0002 ± n.c.   | 0.0002 ± n.c. | 0.0002 ± n.c.   |
| Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c. | 0.0004 ± n.c.   |
| Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c. | 0.0004 ± n.c.   |
| Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.006 ± 0.005   | 0.002 ± n.c.    | 0.002 ± n.c.  | 0.002 ± n.c.    |
| Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.002 ± n.c.    | 0.052 ± 0.051   | 0.010 ± 0.011 | 0.023 ± 0.007   |
| Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c. | 0.0001 ± n.c.   |
| Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.008 ± 0.005   | 0.002 ± n.c.    | 0.002 ± n.c.  | 0.002 ± n.c.    |
| Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0020 ± n.c.   | 0.0020 ± n.c. | 0.0020 ± n.c.   |
| Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0073 ± 0.0027 | 0.0010 ± n.c. | 0.0037 ± 0.0039 |
| Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0008 ± n.c.   | 0.0008 ± n.c. | 0.0008 ± n.c.   |
| Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0010 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c. | 0.0004 ± n.c.   |
| Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0003 ± n.c.   | 0.0002 ± n.c.   | 0.0002 ± n.c. | 0.0002 ± n.c.   |
| Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0010 ± n.c.   | 0.0010 ± n.c. | 0.0010 ± n.c.   |
| Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.003 ± n.c.    | 0.012 ± n.c.    | 0.012 ± n.c.  | 0.012 ± n.c.    |
| Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0004 ± n.c.   | 0.0020 ± n.c.   | 0.0020 ± n.c. | 0.0020 ± n.c.   |
| Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0020 ± n.c.   | 0.0020 ± n.c. | 0.0020 ± n.c.   |
| Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.012 ± 0.010   | 0.004 ± n.c.    | 0.008 ± 0.006 | 0.007 ± 0.005   |
| Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0010 ± n.c.   | 0.0010 ± n.c. | 0.0010 ± n.c.   |
| V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | 0.010 ± n.c.    | 0.020 ± n.c.    | 0.020 ± n.c.  | 0.020 ± n.c.    |
| Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.088 ± 0.080   | 0.747 ± 0.783   | 0.014 ± 0.018 | 0.084 ± 0.085   |

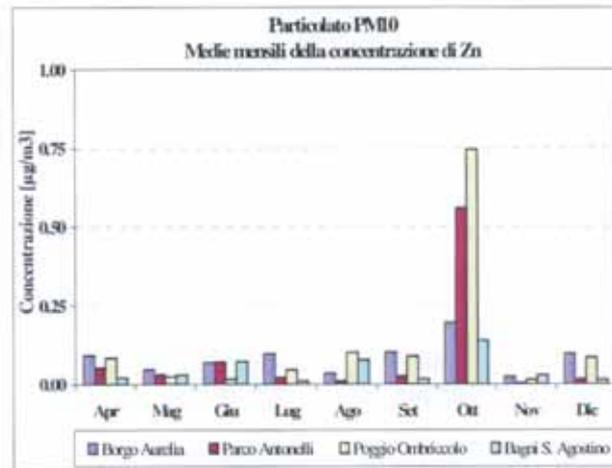
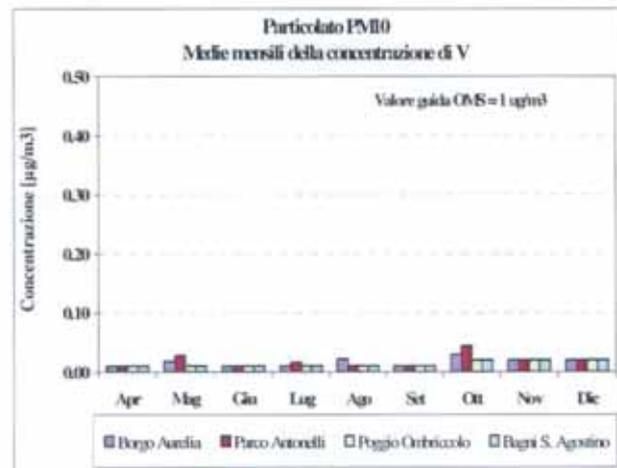
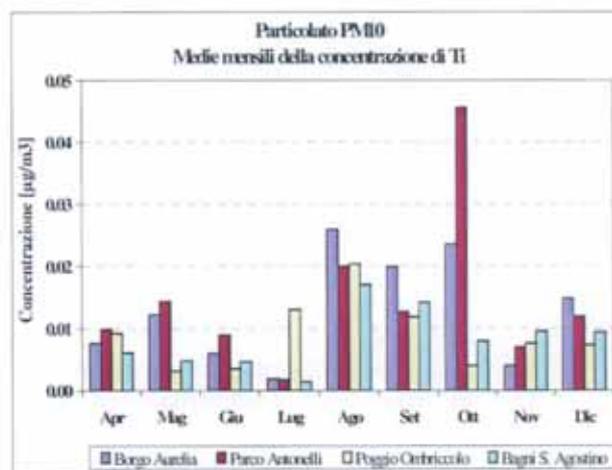
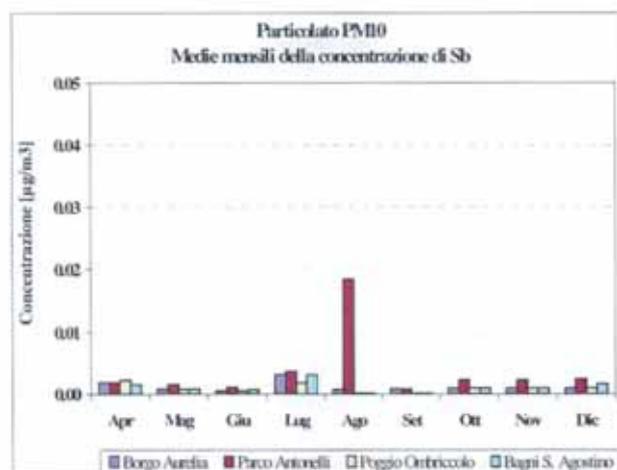
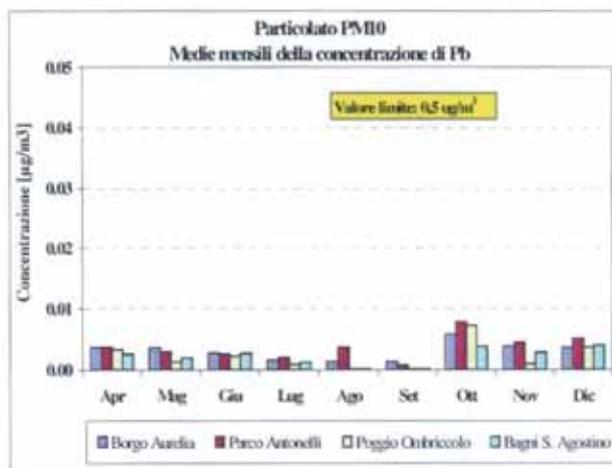
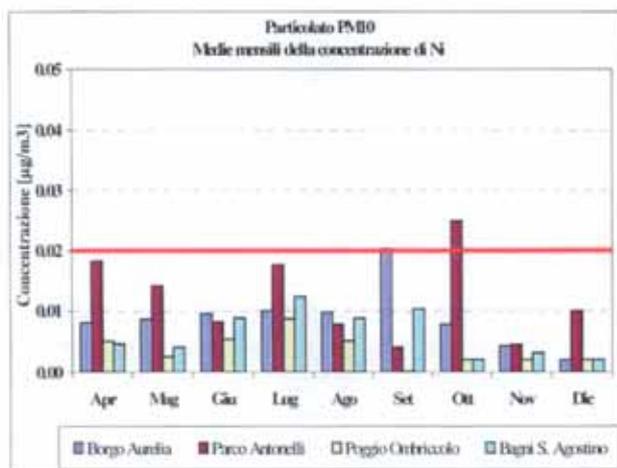
Le concentrazioni mensili di metalli nel particolato PM10 della postazione di **Bagni S. Agostino** sono riportate nella tabella seguente:

| Postazione di Bagni S. Agostino |                 |                 |                 |                 |               |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
|                                 | Aprile          | Maggio          | Giugno          | Luglio          | Agosto        |
| Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.15 ± 0.05     | 0.25 ± 0.21     | 0.59 ± 0.04     | 0.42 ± 0.28     | 0.50 ± 0.36   |
| As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0012 ± 0.0013 | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c. |
| Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c. |
| Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0006 ± 0.0007 | 0.0025 ± 0.0041 | 0.0001 ± n.c. |
| Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c. |
| Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.011 ± 0.005   | 0.019 ± 0.007   | 0.023 ± 0.016   | 0.008 ± 0.000   | 0.0001 ± n.c. |
| Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.015 ± 0.007   | 0.003 ± 0.002   | 0.002 ± n.c.    | 0.005 ± 0.005   | 0.002 ± n.c.  |
| Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c. |
| Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.006 ± 0.003   | 0.003 ± 0.002   | 0.020 ± 0.027   | 0.010 ± 0.004   | 0.006 ± 0.001 |
| Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.005 ± 0.001   | 0.004 ± 0.002   | 0.009 ± 0.001   | 0.012 ± 0.003   | 0.009 ± 0.007 |
| Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0026 ± 0.0012 | 0.0020 ± 0.0005 | 0.0027 ± 0.0001 | 0.0012 ± 0.0005 | 0.0001 ± n.c. |
| Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± 0.0001 | 0.0002 ± 0.0001 | 0.0004 ± 0.0001 | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c. |
| Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0010 ± n.c.   | 0.0010 ± n.c.   | 0.0010 ± n.c.   | 0.0010 ± n.c.   | 0.0010 ± n.c. |
| Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0003 ± n.c.   | 0.0003 ± n.c.   | 0.0003 ± n.c.   | 0.0003 ± n.c.   | 0.0003 ± n.c. |
| Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0016 ± 0.0010 | 0.0009 ± 0.0004 | 0.0007 ± 0.0007 | 0.0032 ± 0.0023 | 0.0001 ± n.c. |
| Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.003 ± n.c.    | 0.003 ± n.c.    | 0.003 ± n.c.    | 0.003 ± n.c.    | 0.003 ± n.c.  |
| Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0011 ± 0.0007 | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c. |
| Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0002 ± 0.0002 | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c. |
| Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.006 ± 0.001   | 0.005 ± 0.003   | 0.005 ± 0.007   | 0.001 ± 0.001   | 0.017 ± 0.003 |
| Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0010 ± 0.0006 | 0.0005 ± 0.0004 | 0.0001 ± n.c.   | 0.0005 ± 0.0003 | 0.0001 ± n.c. |
| V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | 0.010 ± n.c.    | 0.010 ± n.c.    | 0.010 ± n.c.    | 0.010 ± n.c.    | 0.010 ± n.c.  |
| Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.020 ± 0.009   | 0.030 ± 0.018   | 0.072 ± 0.088   | 0.010 ± n.c.    | 0.077 ± 0.052 |

| Postazione di Bagni S. Agostino |               |                 |                 |                 |
|---------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                 | Settembre     | Ottobre         | Novembre        | Dicembre        |
| Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.64 ± 0.15   | 0.11 ± 0.08     | 0.54 ± 0.47     | 0.65 ± 0.06     |
| As [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0004 ± n.c. | 0.0317 ± 0.0011 | 0.0040 ± n.c.   | 0.0040 ± n.c.   |
| Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c. | 0.0002 ± n.c.   | 0.0003 ± 0.0002 | 0.0002 ± n.c.   |
| Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c. | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   |
| Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c. | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   |
| Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.005 ± 0.006 | 0.008 ± 0.009   | 0.002 ± n.c.    | 0.004 ± 0.003   |
| Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.002 ± n.c.  | 0.004 ± n.c.    | 0.004 ± n.c.    | 0.009 ± 0.007   |
| Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c. | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   | 0.0001 ± n.c.   |
| Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.005 ± 0.004 | 0.007 ± 0.002   | 0.004 ± 0.002   | 0.002 ± n.c.    |
| Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.010 ± 0.006 | 0.002 ± n.c.    | 0.003 ± 0.002   | 0.002 ± n.c.    |
| Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c. | 0.0038 ± 0.0040 | 0.0028 ± 0.0023 | 0.0040 ± 0.0042 |
| Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c. | 0.0008 ± n.c.   | 0.0008 ± n.c.   | 0.0008 ± n.c.   |
| Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0010 ± n.c. | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   | 0.0004 ± n.c.   |
| Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0003 ± n.c. | 0.0002 ± n.c.   | 0.0002 ± n.c.   | 0.0002 ± n.c.   |
| Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c. | 0.0010 ± n.c.   | 0.0010 ± n.c.   | 0.0017 ± 0.0009 |
| Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.003 ± n.c.  | 0.012 ± n.c.    | 0.012 ± n.c.    | 0.012 ± n.c.    |
| Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0004 ± n.c. | 0.0020 ± n.c.   | 0.0020 ± n.c.   | 0.0020 ± n.c.   |
| Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c. | 0.0020 ± n.c.   | 0.0020 ± n.c.   | 0.0020 ± n.c.   |
| Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.014 ± 0.001 | 0.008 ± 0.006   | 0.010 ± 0.005   | 0.009 ± 0.008   |
| Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001 ± n.c. | 0.0010 ± n.c.   | 0.0010 ± n.c.   | 0.0010 ± n.c.   |
| V [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | 0.010 ± n.c.  | 0.020 ± n.c.    | 0.020 ± n.c.    | 0.020 ± n.c.    |
| Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.018 ± 0.013 | 0.138 ± 0.098   | 0.029 ± 0.043   | 0.014 ± 0.014   |

Nelle figure che seguono, sono confrontati gli andamenti delle concentrazioni medie mensili di alcuni metalli rilevati nel particolato PM10. Per i metalli per cui esiste un valore limite o un valore guida della normativa italiana è riportata nel grafico una linea rossa indicante tale valore. Allo stesso modo, è stato indicato con una linea blu un valore guida indicato da WHO:





Facendo riferimento alle tabelle e figure precedenti, per il periodo temporale considerato, si possono fare le seguenti considerazioni:

- nel mese di ottobre, in tutte le postazioni si è avuto un aumento evidentissimo della concentrazione di Arsenico e Zinco in tutte le postazioni, di Cromo, Rame, Manganese e Titanio solo nelle postazioni di Borgo Aurelia e Parco Antonelli. L'origine di questo andamento (sorgente locale o trasporto da sorgenti esterne) non è stata chiarita;
- l'**Alluminio** è stato sempre riscontrato in tutte le postazioni a concentrazioni significative e sembra avere un andamento temporale simile a quello visto per il PM10 (v. par. 3.1), pur con le

- dovute eccezioni: si vedano le elevate concentrazioni medie ad ottobre a Parco Antonelli e Borgo Aurelia, non riscontrate nelle altre due postazioni. E' possibile, quindi, che Al vada associato alla componente terrigena piuttosto che ad emissioni industriali;
- tra aprile e settembre l'**Arsenico** è stato raramente presente nel PM10 a concentrazioni superiori al limite di rivelabilità; quando ciò è accaduto, lo si è riscontrato prevalentemente nella postazione rurale di Poggio Ombriccolo. In ottobre, si è avuto un aumento della concentrazione di As in tutte le postazioni, con valori compresi tra 31-50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a seconda delle postazioni e con il massimo nel sito rurale di Poggio Ombriccolo, per poi ritornare in novembre e dicembre a valori vicino al limite di rivelabilità. E' possibile quindi che siano avvenuti apporti di polveri cristalline dai terreni circostanti la zona di Civitavecchia, i quali sono notoriamente molto ricchi di minerali naturali di Arsenico. In novembre e dicembre si sono avuti saltuari superamenti a Borgo Aurelia e Parco Antonelli
  - **Cromo** e **Manganese** sembrano avere avuto un andamento temporale tra loro simile, ovvero crescente da aprile a giugno e poi in diminuzione fino a dicembre, con un rialzo di concentrazione per entrambi ad ottobre. Di conseguenza, potrebbero avere una sorgente comune;
  - in letteratura, la presenza contemporanea di **Rame** (Cu) e **Antimonio** (Sb) nel particolato fine urbano è stata associata all'usura degli apparati frenanti degli autoveicoli<sup>(7,8)</sup>; il **Piombo** (Pb) al risollevarsi delle polveri stradali, ancora contenenti il Pb derivato dagli antidetonanti usati a suo tempo nelle benzine. Tralasciando il mese di ottobre in cui si è avuto un netto ed anomalo aumento della concentrazione di Cu nei campioni di Parco Antonelli e Poggio Ombriccolo, il Cu è stato sempre rilevato praticamente nelle sole postazioni di Parco Antonelli e di Borgo Aurelia. Lo stesso andamento sembra avere avuto anche Sb che, a differenza di Cu, ha avuto però un più evidente aumento della concentrazione in tutte le postazioni a luglio. Da notare poi che Cu e Sb in agosto e settembre sono stati riscontrati quasi esclusivamente nel particolato delle postazioni a maggior volume di traffico. Il Pb è apparso più ubiquitario ed ha avuto una concentrazione in aria lievemente maggiore nelle postazioni più trafficate, evento molto evidente da agosto a dicembre, come visto prima per Sb. Il fatto che tali metalli vengano frequentemente rilevati a concentrazioni relativamente più elevate nelle due postazioni con maggior volume di traffico rappresenta un notevole fattore di coerenza delle misure con le evidenze di letteratura. In ogni caso, la concentrazione di Pb, in tutte le postazioni è stata sempre di almeno 100 volte inferiore al limite nazionale di 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (DM 60 del 02.04.02);
  - relativamente a **Nichel** (Ni) e **Vanadio** (V), normalmente associati alla combustione di oli e gasoli pesanti, solo il primo è stato riscontrato con elevata frequenza in tutte le postazioni. In aprile e maggio le concentrazioni più elevate di Ni si sono avute a Borgo Aurelia e Parco Antonelli; tra giugno e agosto, il Ni è sembrato più uniformemente distribuito in tutte le postazioni ed è diventato significativo anche nel particolato di Bagni S. Agostino. In settembre, le concentrazioni più elevate di Ni si sono rilevate a Borgo Aurelia, in cui si è avuta una concentrazione media mensile pari al valore obiettivo di 20  $\text{ng}/\text{m}^3$  del Dlgs n.152 del 03/08/2007. In ottobre a Parco Antonelli si è avuta la concentrazione massima mensile rilevata nel 2007 (25  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) mentre in novembre e dicembre vi è stato un netto calo e si sono riscontrati i valori tra i più bassi di tutto il 2007. Per quanto riguarda il Vanadio, concentrazioni più elevate del limite di rivelabilità si sono avute saltuariamente solo a Borgo Aurelia e Parco Antonelli. Gli andamenti di questi metalli richiedono ancora un approfondimento, in quanto potrebbero essere associati ad emissioni molto localizzate e discontinue, come potrebbero essere, ad esempio, le emissioni dai motori diesel delle navi del porto di Civitavecchia che sono, come è noto, alimentate a gasolio pesante;
  - lo Sn è stato rilevato in circa il 40% dei campioni di PM10 di Parco Antonelli e dal 9 al 25% dei campioni delle altre postazioni. Anche in questo caso, è possibile che lo Sn abbia una sorgente locale prevalente a Parco Antonelli;

<sup>7</sup> Morawska L.; Zhang J. 2002. Chemosphere 49 (9), 1045-1058

<sup>8</sup> Birmili W., Allen A., Bary F., Harrison R. 2006. Environmental Science & Technology 14 (4), 1144-1153

- il Ti e lo Zn sono stati presenti in maniera significativa in quasi tutti i campioni di PM10 ma hanno avuto un andamento meno definito rispetto a quello degli altri metalli;
- Be, Cd, Co, Hg, Pd, Pt, Rh, Se e Te sono stati rilevati saltuariamente (meno del 20% dei campioni) o addirittura non sono mai risultati maggiori del LdR.

### 3.2.1.1 Valori medi annuali di metalli nel PM10

Nelle tabelle che seguono, compaiono i valori medi **annuali** di concentrazione dei metalli analizzati nel PM10, unitamente alla deviazione standard ("Dev Stand"). Nelle postazioni di Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino, come introdotto in precedenza, sono stati eseguiti un numero inferiore di campionamenti, in accordo col protocollo analitico stabilito con ARPA Lazio, in quanto sono da considerarsi postazioni di tipo rurale e poco influenzate da attività industriali ed emissioni urbane. Per il calcolo dei valori medi, si sono adottate le seguenti convenzioni, in accordo anche con le indicazioni contenute nel già citato Rapporto ISTISAN 04/15:

- quando per un parametro la concentrazione è stata inferiore al LdR, i calcoli della media sono stati eseguiti utilizzando la metà del valore del LdR;
- la deviazione standard è stata calcolata quando almeno nel 50% dei campioni (colonna "%>LdR") si è determinato un valore maggiore del limite di rivelabilità;
- nelle colonne " $N_{tot}$ " è stato indicato il numero di campioni prelevati in ambiente mentre nelle colonne " $n_{LdR}$ " il numero di campioni con concentrazione superiore al limite di rivelabilità;
- se un metallo non è stato mai rilevato in nessun campione compare uno zero nella colonna "%>LdR" e il valore medio corrisponde al LdR:

|    |                              | Borgo Aurelia<br>Valori medi 2007 |           |           |           |           | Parco Antonelli<br>Valori medi 2007 |           |           |           |           |
|----|------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|    |                              | Media                             | Dev Stand | $N_{tot}$ | $n_{LdR}$ | % >LdR    | Media                               | Dev Stand | $N_{tot}$ | $n_{LdR}$ | % >LdR    |
| Al | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.54                              | 0.60      | 44        | 35        | <b>80</b> | 0.75                                | 1.10      | 42        | 36        | <b>86</b> |
| As | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.006                             | n.c.      | 44        | 10        | 23        | 0.007                               | n.c.      | 42        | 7         | 17        |
| Be | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001                            | n.c.      | 44        | 0         | 0         | 0.0001                              | n.c.      | 42        | 1         | 2         |
| Cd | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0002                            | n.c.      | 44        | 5         | 11        | 0.0004                              | n.c.      | 42        | 6         | 14        |
| Co | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0002                            | n.c.      | 44        | 2         | 5         | 0.0002                              | n.c.      | 42        | 0         | 0         |
| Cr | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.009                             | 0.009     | 44        | 25        | <b>57</b> | 0.014                               | 0.023     | 42        | 25        | <b>60</b> |
| Cu | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.009                             | 0.006     | 44        | 28        | <b>64</b> | 0.062                               | 0.170     | 42        | 38        | <b>90</b> |
| Hg | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001                            | n.c.      | 44        | 0         | 0         | 0.0001                              | n.c.      | 42        | 0         | 0         |
| Mn | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.008                             | 0.009     | 44        | 28        | <b>64</b> | 0.016                               | 0.027     | 42        | 32        | <b>76</b> |
| Ni | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.009                             | 0.009     | 44        | 32        | <b>73</b> | 0.012                               | 0.012     | 42        | 33        | <b>79</b> |
| Pb | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.003                             | 0.002     | 44        | 37        | <b>84</b> | 0.004                               | 0.003     | 42        | 37        | <b>88</b> |
| Pd | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0004                            | n.c.      | 44        | 7         | 16        | 0.0004                              | n.c.      | 42        | 7         | 17        |
| Pt | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.001                             | n.c.      | 44        | 0         | 0         | 0.001                               | n.c.      | 42        | 0         | 0         |
| Rh | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0003                            | n.c.      | 44        | 0         | 0         | 0.0003                              | n.c.      | 42        | 0         | 0         |
| Sb | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0012                            | n.c.      | 44        | 20        | 45        | 0.0040                              | 0.0124    | 42        | 31        | <b>74</b> |
| Se | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.005                             | n.c.      | 44        | 0         | 0         | 0.006                               | n.c.      | 42        | 0         | 0         |
| Sn | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0014                            | n.c.      | 44        | 11        | 25        | 0.0040                              | n.c.      | 42        | 17        | 40        |
| Te | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0007                            | n.c.      | 44        | 0         | 0         | 0.0008                              | n.c.      | 42        | 0         | 0         |
| Ti | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0131                            | 0.0155    | 44        | 33        | <b>75</b> | 0.0151                              | 0.0243    | 42        | 32        | <b>76</b> |
| Tl | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0007                            | n.c.      | 44        | 12        | 27        | 0.0008                              | n.c.      | 42        | 12        | 29        |
| V  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.02                              | n.c.      | 44        | 3         | 7         | 0.02                                | n.c.      | 42        | 6         | 14        |
| Zn | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.08                              | 0.07      | 44        | 34        | <b>77</b> | 0.09                                | n.c.      | 42        | 20        | 48        |

|    |                              | Poggio Ombriccolo<br>Valori medi 2007 |           |           |           |        | Bagni S. Agostino<br>Valori medi 2007 |           |           |           |        |
|----|------------------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
|    |                              | Media                                 | Dev Stand | $N_{tot}$ | $n_{LdR}$ | % >LdR | Media                                 | Dev Stand | $N_{tot}$ | $n_{LdR}$ | % >LdR |
| Al | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.49                                  | 0.44      | 22        | 17        | 77     | 0.42                                  | 0.28      | 23        | 20        | 87     |
| As | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.007                                 | n.c.      | 22        | 7         | 32     | 0.004                                 | n.c.      | 23        | 3         | 13     |
| Be | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0002                                | n.c.      | 22        | 1         | 5      | 0.0001                                | n.c.      | 23        | 1         | 4      |
| Cd | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0002                                | n.c.      | 22        | 3         | 14     | 0.0005                                | n.c.      | 23        | 2         | 9      |
| Co | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0002                                | n.c.      | 22        | 0         | 0      | 0.0002                                | n.c.      | 23        | 0         | 0      |
| Cr | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.011                                 | 0.010     | 22        | 13        | 59     | 0.009                                 | 0.009     | 23        | 15        | 65     |
| Cu | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.011                                 | n.c.      | 22        | 8         | 36     | 0.005                                 | n.c.      | 23        | 6         | 26     |
| Hg | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0001                                | n.c.      | 22        | 0         | 0      | 0.0001                                | n.c.      | 23        | 0         | 0      |
| Mn | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.006                                 | 0.008     | 22        | 11        | 50     | 0.007                                 | 0.008     | 23        | 17        | 74     |
| Ni | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.004                                 | 0.004     | 22        | 11        | 50     | 0.006                                 | 0.005     | 23        | 17        | 74     |
| Pb | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.002                                 | 0.002     | 22        | 12        | 55     | 0.002                                 | 0.002     | 23        | 15        | 65     |
| Pd | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0003                                | n.c.      | 22        | 3         | 14     | 0.0004                                | n.c.      | 23        | 4         | 17     |
| Pt | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.001                                 | n.c.      | 22        | 0         | 0      | 0.001                                 | n.c.      | 23        | 0         | 0      |
| Rh | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0003                                | n.c.      | 22        | 0         | 0      | 0.0003                                | n.c.      | 23        | 0         | 0      |
| Sb | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0010                                | n.c.      | 22        | 9         | 41     | 0.0012                                | 0.0012    | 23        | 12        | 52     |
| Se | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.005                                 | n.c.      | 22        | 0         | 0      | 0.005                                 | n.c.      | 23        | 0         | 0      |
| Sn | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0012                                | n.c.      | 22        | 4         | 18     | 0.0010                                | n.c.      | 23        | 2         | 9      |
| Te | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0007                                | n.c.      | 22        | 0         | 0      | 0.0007                                | n.c.      | 23        | 1         | 4      |
| Ti | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0089                                | 0.0091    | 22        | 15        | 68     | 0.0081                                | 0.0056    | 23        | 19        | 83     |
| Tl | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.0006                                | n.c.      | 22        | 5         | 23     | 0.0006                                | n.c.      | 23        | 7         | 30     |
| V  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.01                                  | n.c.      | 22        | 0         | 0      | 0.01                                  | n.c.      | 23        | 0         | 0      |
| Zn | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.12                                  | 0.27      | 22        | 15        | 68     | 0.04                                  | 0.05      | 23        | 12        | 52     |

Infine, nella tabella che segue, sono raggruppati i valori medi annuali dei metalli che hanno un valore limite (DM 60 del 02/04/2002), obiettivo (Dlgs n.152 del 03/08/2007) o guida secondo WHO. Come si può notare, nessun metallo supera i valori della normativa.

| Sostanza                 | Periodo di osservazione | Rif. Legislativo o linea guida    | Unità misura             | Valore limite o guida     | Civitavecchia tutte le postazioni<br>Media anno 2007 |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|
| As - Arsenico nel PM10   | Anno civile             | Dlgs n.152 del 03/08/2007         | ng/m <sup>3</sup>        | 6                         | 6                                                    |
| Cd -Cadmio nel PM10      | Anno                    | Dlgs n.152 del 03/08/2007         | ng/m <sup>3</sup>        | 5                         | 0.4                                                  |
| Ni - Nickel nel PM10     | Anno                    | Dlgs n.152 del 03/08/2007         | ng/m <sup>3</sup>        | 20                        | 8                                                    |
| Pb - Piombo nel PM10     | Anno                    | DM n. 60 del 02/04/2002           | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 0.5                       | 0.003                                                |
| Mn - Manganese           | Anno                    | WHO, Air quality guidelines, 2000 | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 0.15                      | 0.01                                                 |
| Hg - Mercurio            | Anno                    | WHO, Air quality guidelines, 2000 | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 1                         | 0.00005                                              |
| Pt - Platino             | - -                     | WHO, Air quality guidelines, 2000 |                          | (*)                       | 0.0008                                               |
| V - Vanadio              | 24 ore                  | WHO, Air quality guidelines, 2000 | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 1                         | 0.02 ± 0.01<br>(min-max: 0.01 – 0.09)                |
| Cr VI - Cromo esavalente | -                       | WHO, Air quality guidelines, 2000 |                          | 4 x 10 <sup>-2</sup> (**) | 0.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                        |

**Note:**

(\*) Per il Pt non è stato fissato un valore guida. Reazioni allergiche si segnalano intorno a 0.05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

(\*\*) Per Cr VI è definita una unità di rischio, che rappresenta l'incremento di rischio di contrarre cancro per una popolazione esposta tutta la vita ad una concentrazione di 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.2.2 Specie ioniche nel particolato PM10

Le concentrazioni medie mensili delle specie ioniche analizzate nei campioni di ciascuna postazione nel periodo da aprile a dicembre 2007 sono mostrate nelle tabelle che seguono. Per il calcolo sono stati adottati i criteri descritti al par. 3.2.

Le concentrazioni medie mensili di specie ioniche nel particolato PM10 della postazione di **Borgo Aurelia** sono riportate di seguito:

| Postazione di Borgo Aurelia                    |                 |                 |                 |                 |                 |
|------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                | Aprile          | Maggio          | Giugno          | Luglio          | Agosto          |
| SO4 <sup>2-</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 8.14 $\pm$ 0.65 | 5.37 $\pm$ 3.89 | 5.85 $\pm$ 1.74 | 5.41 $\pm$ 2.99 | 4.20 $\pm$ 2.24 |
| NO3 <sup>-</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | 2.79 $\pm$ 0.62 | 1.65 $\pm$ 0.80 | 1.92 $\pm$ 1.18 | 2.32 $\pm$ 1.21 | 1.86 $\pm$ 1.24 |
| Cl <sup>-</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]   | 0.13 $\pm$ 0.05 | 0.35 $\pm$ 0.40 | 0.18 $\pm$ 0.23 | 1.98 $\pm$ 1.15 | 0.38 $\pm$ 0.36 |
| Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                | 1.02 $\pm$ 0.13 | 0.65 $\pm$ 0.71 | 0.68 $\pm$ 0.28 | 1.05 $\pm$ 0.50 | 0.72 $\pm$ 0.40 |
| Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                | 0.35 $\pm$ 0.12 | 0.85 $\pm$ 0.63 | 0.96 $\pm$ 0.50 | 2.07 $\pm$ 1.46 | 1.15 $\pm$ 0.77 |
| Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                | 0.08 $\pm$ 0.02 | 0.13 $\pm$ 0.08 | 0.14 $\pm$ 0.06 | 0.27 $\pm$ 0.17 | 0.15 $\pm$ 0.07 |
| K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                 | 0.18 $\pm$ 0.03 | 0.14 $\pm$ 0.05 | 0.12 $\pm$ 0.02 | 0.21 $\pm$ 0.11 | 0.16 $\pm$ 0.06 |
| NH4 <sup>+</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | 2.57 $\pm$ 0.26 | 1.26 $\pm$ 0.77 | 1.38 $\pm$ 0.48 | 1.01 $\pm$ 0.66 | 1.15 $\pm$ 0.57 |

| Postazione di Borgo Aurelia                    |                 |                 |                 |                 |
|------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                | Settembre       | Ottobre         | Novembre        | Dicembre        |
| SO4 <sup>2-</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 3.00 $\pm$ 1.89 | 1.84 $\pm$ 0.74 | 2.27 $\pm$ 0.86 | 1.84 $\pm$ 0.74 |
| NO3 <sup>-</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | 2.34 $\pm$ 0.60 | 1.77 $\pm$ 1.08 | 1.74 $\pm$ 0.50 | 1.77 $\pm$ 1.08 |
| Cl <sup>-</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]   | 2.26 $\pm$ 2.92 | 1.54 $\pm$ 2.10 | 0.12 $\pm$ 0.03 | 1.54 $\pm$ 2.10 |
| Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                | 1.56 $\pm$ 1.47 | 0.29 $\pm$ 0.22 | 0.27 $\pm$ 0.06 | 0.29 $\pm$ 0.22 |
| Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                | 2.17 $\pm$ 1.25 | 0.99 $\pm$ 1.09 | 0.42 $\pm$ 0.16 | 0.99 $\pm$ 1.09 |
| Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                | 0.26 $\pm$ 0.16 | 0.11 $\pm$ 0.13 | 0.04 $\pm$ 0.01 | 0.11 $\pm$ 0.13 |
| K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                 | 0.18 $\pm$ 0.06 | 0.17 $\pm$ 0.07 | 0.15 $\pm$ 0.07 | 0.17 $\pm$ 0.07 |
| NH4 <sup>+</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | 0.81 $\pm$ 0.52 | 0.73 $\pm$ 0.47 | 0.76 $\pm$ 0.26 | 0.73 $\pm$ 0.47 |

I valori medi mensili di concentrazione di specie ioniche nel particolato PM10 della postazione di **Parco Antonelli** sono mostrati nelle tabelle che seguono:

| Postazione di Parco Antonelli                  |                 |                 |                 |                 |                 |
|------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                | Aprile          | Maggio          | Giugno          | Luglio          | Agosto          |
| SO4 <sup>2-</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 8.65 $\pm$ n.c. | 5.98 $\pm$ 3.36 | 5.88 $\pm$ 1.68 | 5.75 $\pm$ 2.53 | 4.66 $\pm$ 2.11 |
| NO3 <sup>-</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | 2.59 $\pm$ n.c. | 1.85 $\pm$ 1.00 | 2.72 $\pm$ 1.05 | 2.72 $\pm$ 1.53 | 2.22 $\pm$ 1.03 |
| Cl <sup>-</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]   | 0.18 $\pm$ n.c. | 0.61 $\pm$ 0.76 | 0.38 $\pm$ 0.48 | 3.50 $\pm$ 4.33 | 0.62 $\pm$ 0.29 |
| Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                | 1.54 $\pm$ n.c. | 1.27 $\pm$ 0.64 | 0.94 $\pm$ 0.22 | 1.51 $\pm$ 0.38 | 1.20 $\pm$ 0.68 |
| Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                | 0.46 $\pm$ n.c. | 0.97 $\pm$ 0.74 | 1.16 $\pm$ 0.54 | 3.25 $\pm$ 3.14 | 1.25 $\pm$ 0.63 |
| Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                | 0.11 $\pm$ n.c. | 0.16 $\pm$ 0.08 | 0.16 $\pm$ 0.08 | 0.43 $\pm$ 0.37 | 0.17 $\pm$ 0.07 |
| K [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                 | 0.17 $\pm$ n.c. | 0.17 $\pm$ 0.04 | 0.12 $\pm$ 0.03 | 0.25 $\pm$ 0.11 | 0.16 $\pm$ 0.06 |
| NH4 <sup>+</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  | 2.11 $\pm$ n.c. | 1.30 $\pm$ 0.77 | 1.17 $\pm$ 0.42 | 0.94 $\pm$ 0.38 | 1.02 $\pm$ 0.44 |

|       |                              | Postazione di Parco Antonelli |                 |                 |                 |
|-------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|       |                              | Settembre                     | Ottobre         | Novembre        | Dicembre        |
| SO4-- | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 3.65 $\pm$ 1.54               | 3.05 $\pm$ 1.54 | 2.29 $\pm$ 1.07 | 1.78 $\pm$ 0.69 |
| NO3-  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 2.62 $\pm$ 0.53               | 2.72 $\pm$ 1.76 | 2.04 $\pm$ 1.06 | 2.15 $\pm$ 1.76 |
| Cl-   | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 3.36 $\pm$ 4.35               | 0.25 $\pm$ 0.03 | 0.18 $\pm$ 0.09 | 2.06 $\pm$ 2.66 |
| Ca    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 2.76 $\pm$ 3.16               | 1.49 $\pm$ 0.72 | 1.19 $\pm$ 0.32 | 1.01 $\pm$ 0.93 |
| Na    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 3.37 $\pm$ 2.97               | 0.78 $\pm$ 0.39 | 0.44 $\pm$ 0.06 | 1.24 $\pm$ 1.27 |
| Mg    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.40 $\pm$ 0.33               | 0.11 $\pm$ 0.07 | 0.05 $\pm$ 0.01 | 0.15 $\pm$ 0.15 |
| K     | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.22 $\pm$ 0.06               | 0.17 $\pm$ 0.07 | 0.20 $\pm$ 0.09 | 0.22 $\pm$ 0.15 |
| NH4+  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.72 $\pm$ 0.45               | 0.51 $\pm$ 0.40 | 0.43 $\pm$ 0.31 | 0.48 $\pm$ 0.36 |

Le concentrazioni medie mensili di specie ioniche nel particolato PM10 della postazione di Poggio Ombriccolo sono riportate di seguito:

|       |                              | Postazione di Poggio Ombriccolo |                 |                 |                 |                 |
|-------|------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|       |                              | Aprile                          | Maggio          | Giugno          | Luglio          | Agosto          |
| SO4-- | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 5.72 $\pm$ n.c.                 | 2.81 $\pm$ 1.45 | 6.77 $\pm$ 1.75 | 4.28 $\pm$ 1.85 | 3.08 $\pm$ 1.47 |
| NO3-  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 1.72 $\pm$ n.c.                 | 2.20 $\pm$ 2.35 | 1.27 $\pm$ 1.50 | 1.43 $\pm$ 1.15 | 1.85 $\pm$ 0.21 |
| Cl-   | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.09 $\pm$ n.c.                 | 0.68 $\pm$ 0.87 | 0.16 $\pm$ 0.21 | 0.87 $\pm$ 0.79 | 0.23 $\pm$ 0.09 |
| Ca    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.71 $\pm$ n.c.                 | 0.27 $\pm$ 0.15 | 0.32 $\pm$ 0.30 | 0.50 $\pm$ 0.21 | 0.65 $\pm$ 0.77 |
| Na    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.21 $\pm$ n.c.                 | 1.44 $\pm$ 1.83 | 0.71 $\pm$ 0.33 | 1.59 $\pm$ 1.45 | 0.89 $\pm$ 0.08 |
| Mg    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.06 $\pm$ n.c.                 | 0.25 $\pm$ 0.25 | 0.11 $\pm$ 0.07 | 0.21 $\pm$ 0.16 | 0.16 $\pm$ 0.09 |
| K     | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.14 $\pm$ n.c.                 | 0.12 $\pm$ 0.07 | 0.08 $\pm$ 0.01 | 0.16 $\pm$ 0.06 | 0.13 $\pm$ 0.10 |
| NH4+  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 1.98 $\pm$ n.c.                 | 0.78 $\pm$ 0.21 | 1.47 $\pm$ 0.61 | 0.82 $\pm$ 0.33 | 0.56 $\pm$ 0.10 |

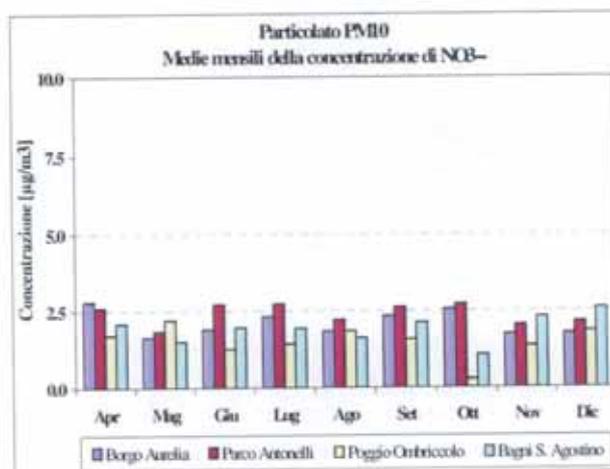
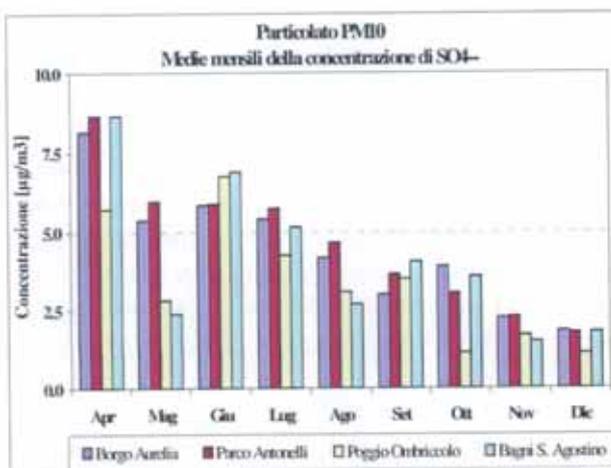
|       |                              | Postazione di Poggio Ombriccolo |                 |                 |                 |
|-------|------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|       |                              | Settembre                       | Ottobre         | Novembre        | Dicembre        |
| SO4-- | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 3.50 $\pm$ 2.74                 | 1.13 $\pm$ n.c. | 1.70 $\pm$ 0.83 | 1.12 $\pm$ 1.56 |
| NO3-  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 1.58 $\pm$ 0.66                 | 0.28 $\pm$ n.c. | 1.37 $\pm$ 0.63 | 1.85 $\pm$ 1.11 |
| Cl-   | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 2.36 $\pm$ 2.26                 | 0.01 $\pm$ n.c. | 0.12 $\pm$ 0.11 | 0.10 $\pm$ 0.09 |
| Ca    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 1.75 $\pm$ 1.95                 | 0.13 $\pm$ n.c. | 0.16 $\pm$ 0.06 | 0.17 $\pm$ 0.17 |
| Na    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 2.41 $\pm$ 1.46                 | 0.22 $\pm$ n.c. | 0.25 $\pm$ 0.14 | 0.02 $\pm$ 0.03 |
| Mg    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.29 $\pm$ 0.14                 | 0.01 $\pm$ n.c. | 0.03 $\pm$ 0.01 | 0.03 $\pm$ 0.00 |
| K     | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.15 $\pm$ 0.02                 | 0.05 $\pm$ n.c. | 0.10 $\pm$ 0.03 | 0.14 $\pm$ 0.13 |
| NH4+  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.77 $\pm$ 0.50                 | 0.35 $\pm$ n.c. | 0.55 $\pm$ 0.20 | 0.69 $\pm$ 0.61 |

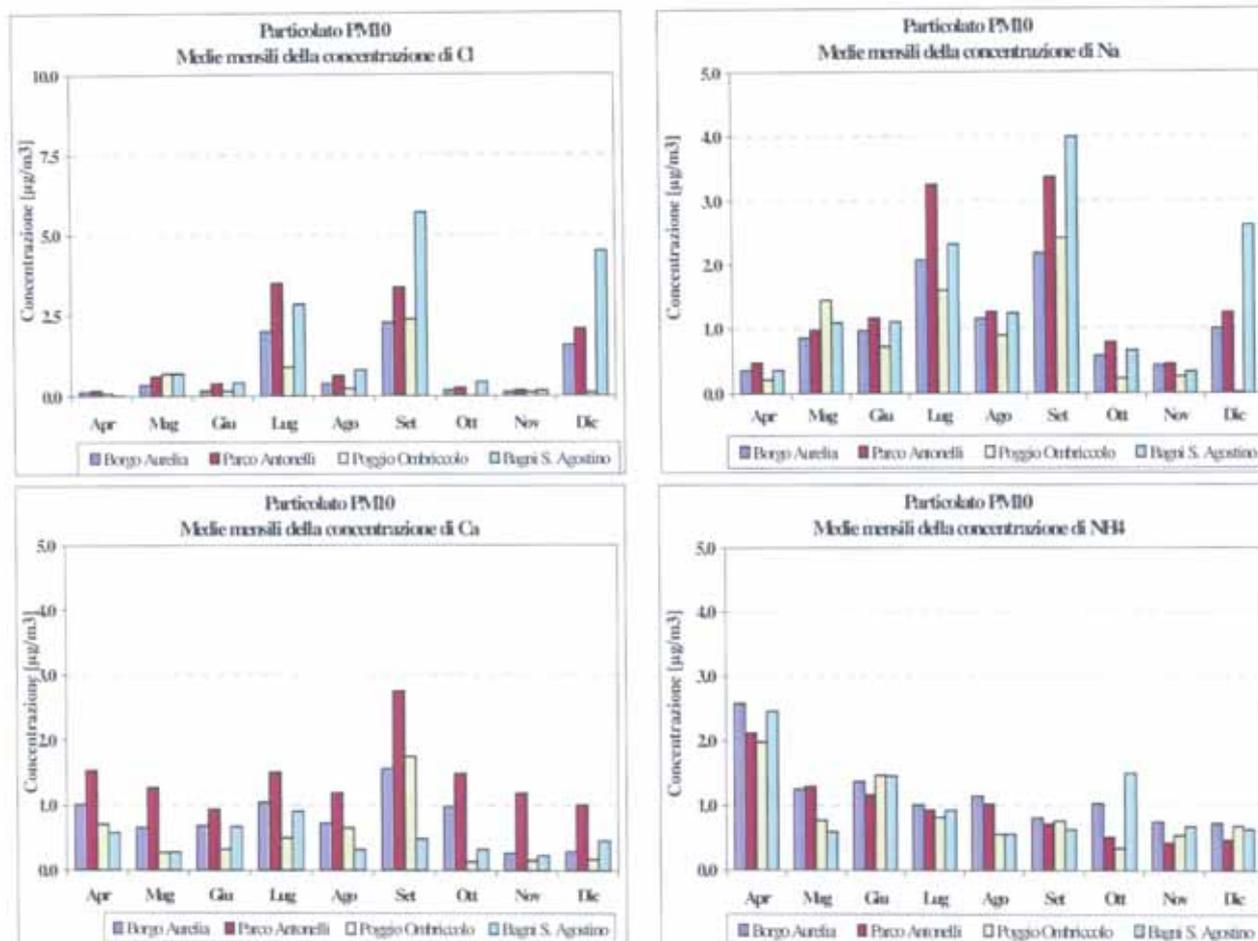
Le concentrazioni medie mensili di specie ioniche nel particolato PM10 della postazione di **Bagni S. Agostino** sono inserite nelle tabelle sottostanti:

| Postazione di Bagni S. Agostino |                              |             |             |             |             |             |
|---------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                 |                              | Aprile      | Maggio      | Giugno      | Luglio      | Agosto      |
| SO4--                           | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 8.65 ± 0.62 | 2.38 ± 0.43 | 6.89 ± 1.55 | 5.16 ± 2.33 | 2.68 ± 1.10 |
| NO3-                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 2.10 ± 0.11 | 1.51 ± 0.73 | 1.97 ± 1.70 | 1.94 ± 1.41 | 1.62 ± 0.45 |
| Cl-                             | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.02 ± 0.02 | 0.68 ± 0.17 | 0.41 ± 0.49 | 2.83 ± 0.33 | 0.79 ± 0.62 |
| Ca                              | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.58 ± 0.08 | 0.27 ± 0.15 | 0.67 ± 0.47 | 0.91 ± 0.35 | 0.32 ± 0.17 |
| Na                              | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.36 ± 0.14 | 1.09 ± 0.61 | 1.10 ± 0.64 | 2.32 ± 1.91 | 1.24 ± 0.26 |
| Mg                              | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.06 ± 0.03 | 0.13 ± 0.07 | 0.17 ± 0.11 | 0.30 ± 0.21 | 0.15 ± 0.01 |
| K                               | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.20 ± 0.00 | 0.17 ± 0.06 | 0.17 ± 0.02 | 0.21 ± 0.08 | 0.13 ± 0.04 |
| NH4+                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 2.46 ± 0.20 | 0.59 ± 0.09 | 1.46 ± 0.51 | 0.94 ± 0.72 | 0.56 ± 0.11 |

| Postazione di Bagni S. Agostino |                              |             |             |             |             |
|---------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                 |                              | Settembre   | Ottobre     | Novembre    | Dicembre    |
| SO4--                           | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 4.08 ± 2.58 | 3.58 ± 3.41 | 1.51 ± 0.61 | 1.79 ± 0.08 |
| NO3-                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 2.12 ± 0.55 | 1.07 ± 0.75 | 2.30 ± 1.17 | 2.59 ± 2.10 |
| Cl-                             | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 5.70 ± 5.89 | 0.43 ± 0.60 | 0.16 ± 0.12 | 4.49 ± 6.13 |
| Ca                              | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.49 ± 0.16 | 0.33 ± 0.09 | 0.23 ± 0.03 | 0.46 ± 0.22 |
| Na                              | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 3.99 ± 2.81 | 0.65 ± 0.41 | 0.32 ± 0.08 | 2.61 ± 3.44 |
| Mg                              | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.48 ± 0.32 | 0.06 ± 0.05 | 0.03 ± 0.01 | 0.31 ± 0.41 |
| K                               | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.21 ± 0.05 | 0.17 ± 0.10 | 0.15 ± 0.02 | 0.32 ± 0.07 |
| NH4+                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.63 ± 0.59 | 1.50 ± 1.61 | 0.68 ± 0.23 | 0.64 ± 0.47 |

Nelle figure che seguono, i dati delle tabelle precedenti sono riportati in forma di istogrammi per valutare gli andamenti delle concentrazioni mensili delle specie ioniche rilevate nel particolato PM10:





Facendo riferimento alle tabelle e figure precedenti, si possono fare le seguenti considerazioni:

- le specie ricercate sono state riscontrate in quasi tutti i campioni esaminati, salvo i cloruri che saltuariamente hanno avuto concentrazione inferiore al limite di rivelabilità. Essendo questi ultimi legati prevalentemente alla presenza di spray marino in atmosfera, concentrazioni significative di cloruri dovrebbero essere messe in relazione con masse d'aria di origine mediterranea o addirittura atlantica. L'apparente assenza nei filtri prelevati a Civitavecchia di cloruri da cloruro di sodio marino è in realtà conseguenza di un ben noto problema, indicato in letteratura come "chloride depletion" (diminuzione dei cloruri), ed è dovuto alla reazione tra sali marini e nitrati e solfati acidi, sia durante il trasporto dello spray marino sia durante il campionamento. Dalla reazione tra cloruri marini e acidi si forma HCl che volatilizza. Ne consegue che il particolato è arricchito di nitrati e solfati<sup>(9)</sup>. Inoltre, recenti studi hanno dimostrato che i nitrati presenti nelle frazioni grossolane e fini del particolato si sono per lo più formati per reazione di HNO<sub>3</sub> con i sali marini, specie quando gli aerosol marini incontrano masse di aria urbana inquinata ma non sono escluse anche reazioni dirette con SO<sub>2</sub><sup>(10)</sup>. La riduzione dei cloruri, pertanto, si spiega attraverso la reazione di HNO<sub>3</sub> o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, acquosi o gassosi, con NaCl marino oppure per adsorbimento della SO<sub>2</sub> gassosa nelle gocce di aerosol la quale si ossida facilmente a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;
- in tutte le postazioni, le concentrazioni di solfati sono state in costante diminuzione a partire da aprile fino a dicembre mentre le concentrazioni di nitrati non hanno mostrato tale andamento e

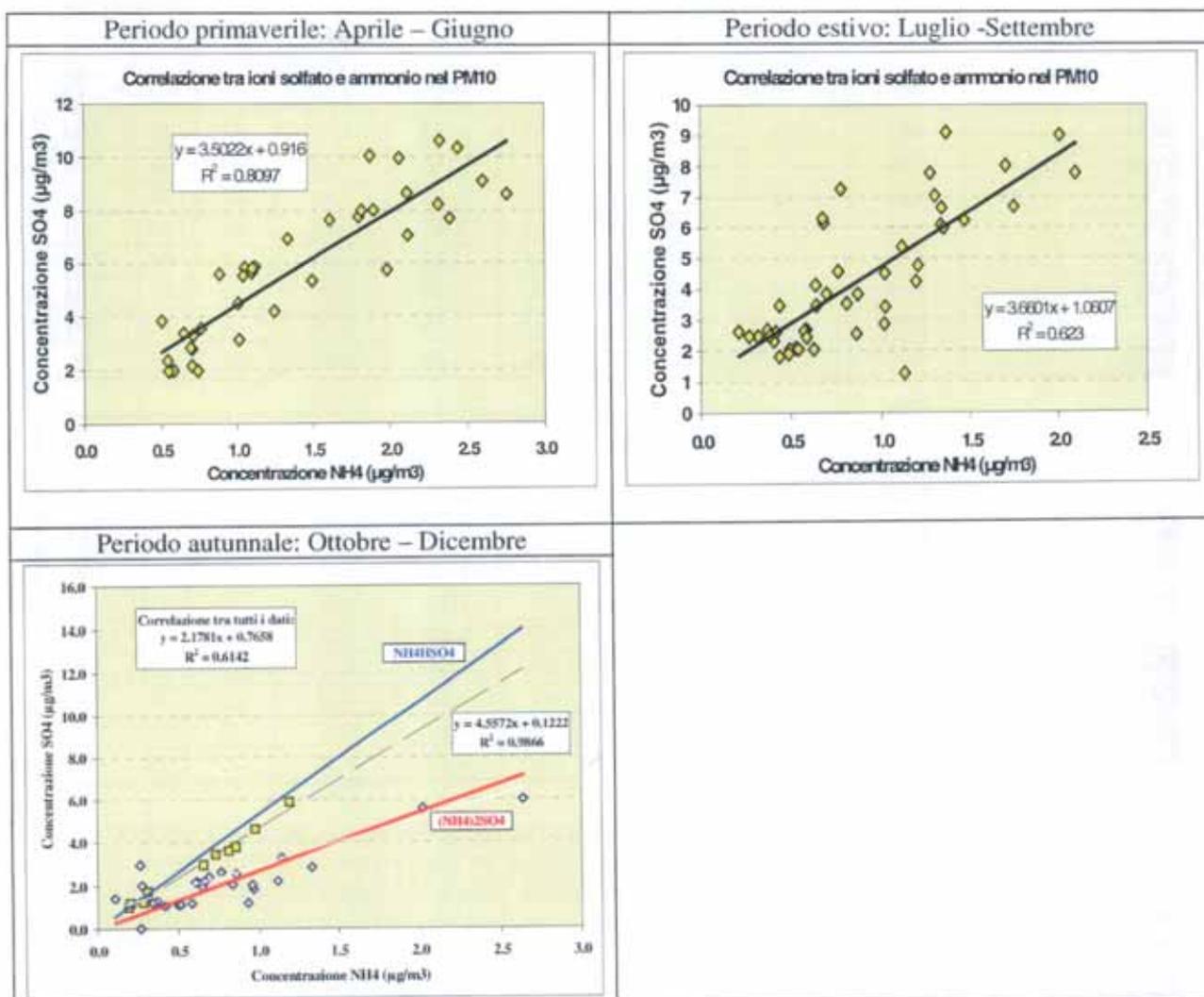
<sup>9</sup> McInnes, L.M. et al. 1994, Journal Geophysical Research 99, 8257-8268

<sup>10</sup> Zhuang H. et al., 1999, Atmospheric Environment 33, 843-853

sono state più uniformi nel tempo. E' da notare che, a causa della diminuzione dei solfati, in novembre e dicembre la concentrazione di nitrati è stata pressoché equivalente a quella dei solfati mentre nei mesi precedenti era circa il 50% dei solfati;

- le concentrazioni di Na e Cl mostrano un andamento strettamente correlato e quindi sono sicuramente di origine prevalentemente marina. E' probabile che anche una aliquota significativa di Ca sia anch'essa di origine marina, andandosi a sovrapporre al contributo terrigeno;
- le concentrazioni medie mensili di ammonio hanno avuto un andamento temporale abbastanza simile a quello già visto per i solfati.

Relativamente all'ultimo punto, si è effettuata una verifica delle eventuali correlazioni esistenti tra ammonio e solfato nel PM10 di Civitavecchia. Dalla letteratura scientifica, è noto che ioni solfato e ammonio in aria possono formare due tipi di composti salini, a seconda della acidità presente in atmosfera:  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  (solfato acido di ammonio) e  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (solfato di ammonio). I rapporti di massa tra solfato e ammonio devono quindi essere 2,68 nel caso del solfato e 5,37 nel caso del solfato acido, che rappresenterebbero anche la pendenza della retta di correlazione. La verifica della correlazione tra le concentrazioni in aria di solfati e ammonio è stata condotta separatamente nei campioni del periodo primaverile (aprile-giugno), estivo (luglio-settembre) ed invernale (ottobre-dicembre). I risultati compaiono nelle figure che seguono:



Nei campioni di particolato primaverili, si nota una significativa presenza di solfati di ammonio ( $R^2$  tra tutti i campioni = 0,81) attribuibili sia a  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  sia a  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Già nei campioni estivi l'identificazione della specie principale diventava problematica a causa del basso indice di correlazione ( $R^2 = 0,62$ ). Nei campioni autunnali, il grado di correlazione tra la concentrazione di solfati e ammonio in tutti i campioni esaminati rimane molto simile a quello primaverile ( $R^2 = 0,61$ ) ma sono chiaramente identificabili un gruppo di campioni con composizione molto vicina a quella del solfato acido di ammonio, indicati nella figura con i quadrati in giallo (la riga blu indica la composizione teorica di  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ). Per questo gruppo di campioni la correlazione tra  $\text{SO}_4$  e  $\text{NH}_4$  è elevatissima ( $R^2 = 0,99$ ) con la particolarità che si tratta di campioni prelevati esclusivamente a Parco Antonelli e Borgo Aurelia, indice di influenze da sorgenti locali, probabilmente il traffico. Un buon numero di campioni ha composizione simile a quella di  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (linea rossa nel grafico precedente) e parecchi altri ricadono tra le due linee di composizione teorica, indicativo della coesistenza in atmosfera delle due specie. I punti che ricadono al di fuori delle due linee teoriche di composizione si devono intendere invece come i casi in cui solfato e ammonio sono presenti sotto forma di altri sali.

### 3.2.2.1 Valori medi annuali di specie ioniche

Nelle tabelle successive, sono stati calcolati i valori medi di specie ioniche in aria per l'anno 2007 in ciascuna postazione, utilizzando sempre le convenzioni riportate in precedenza:

|                    |                              | Borgo Aurelia<br>Valori medi 2007 |           |           |           |        | Parco Antonelli<br>Valori medi 2007 |           |           |           |        |
|--------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
|                    |                              | Media                             | Dev Stand | $N_{tot}$ | $n_{LdR}$ | % >LdR | Media                               | Dev Stand | $N_{tot}$ | $n_{LdR}$ | % >LdR |
| $\text{SO}_4^{--}$ | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>4.25</b>                       | 2.65      | 42        | 42        | 100    | <b>4.34</b>                         | 2.53      | 40        | 40        | 100    |
| $\text{NO}_3^-$    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>2.05</b>                       | 1.03      | 42        | 42        | 100    | <b>2.35</b>                         | 1.15      | 40        | 40        | 100    |
| $\text{Cl}^-$      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>0.80</b>                       | 1.45      | 42        | 39        | 93     | <b>1.38</b>                         | 2.54      | 40        | 38        | 95     |
| Ca                 | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>0.80</b>                       | 0.76      | 42        | 42        | 100    | <b>1.42</b>                         | 1.25      | 40        | 40        | 100    |
| Na                 | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>1.12</b>                       | 1.00      | 42        | 42        | 100    | <b>1.55</b>                         | 1.83      | 40        | 40        | 100    |
| Mg                 | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>0.15</b>                       | 0.12      | 42        | 41        | 100    | <b>0.20</b>                         | 0.21      | 40        | 40        | 100    |
| K                  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>0.16</b>                       | 0.06      | 42        | 42        | 100    | <b>0.19</b>                         | 0.08      | 40        | 40        | 100    |
| $\text{NH}_4^+$    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>1.10</b>                       | 0.65      | 42        | 42        | 100    | <b>0.88</b>                         | 0.57      | 40        | 39        | 98     |

|                    |                              | Poggio Ombriccolo<br>Valori medi 2007 |           |           |           |        | Bagni S. Agostino<br>Valori medi 2007 |           |           |           |        |
|--------------------|------------------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
|                    |                              | Media                                 | Dev Stand | $N_{tot}$ | $n_{LdR}$ | % >LdR | Media                                 | Dev Stand | $N_{tot}$ | $n_{LdR}$ | % >LdR |
| $\text{SO}_4^{--}$ | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>3.28</b>                           | 2.19      | 20        | 19        | 95     | <b>3.93</b>                           | 2.63      | 22        | 22        | 100    |
| $\text{NO}_3^-$    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>1.58</b>                           | 1.09      | 20        | 20        | 100    | <b>1.92</b>                           | 0.98      | 22        | 22        | 100    |
| $\text{Cl}^-$      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>0.66</b>                           | 1.15      | 20        | 17        | 85     | <b>1.71</b>                           | 3.09      | 22        | 19        | 86     |
| Ca                 | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>0.56</b>                           | 0.86      | 20        | 20        | 100    | <b>0.47</b>                           | 0.29      | 22        | 22        | 100    |
| Na                 | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>1.04</b>                           | 1.21      | 20        | 19        | 95     | <b>1.59</b>                           | 1.80      | 22        | 22        | 100    |
| Mg                 | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>0.14</b>                           | 0.14      | 20        | 18        | 90     | <b>0.20</b>                           | 0.21      | 22        | 22        | 100    |
| K                  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>0.12</b>                           | 0.06      | 20        | 20        | 100    | <b>0.19</b>                           | 0.07      | 22        | 22        | 100    |
| $\text{NH}_4^+$    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | <b>0.83</b>                           | 0.48      | 20        | 20        | 100    | <b>0.99</b>                           | 0.76      | 22        | 22        | 100    |

Dalle tabelle precedenti si può notare come le massime concentrazioni medie annuali di solfati e nitrati si sono avute nella postazione urbana di Parco Antonelli e in quella semi-urbana di Borgo Aurelia, entrambe significativamente trafficate. Sodio e cloruri sono stati invece più concentrati nel particolato della postazione di Bagni S. Agostino, la più vicina al mare. Una singolarità è la elevata concentrazione media di Ca nella postazione di Parco Antonelli, circa di 2-3 volte maggiore rispetto a quella delle altre postazioni. La ragione di questo fatto non è nota.

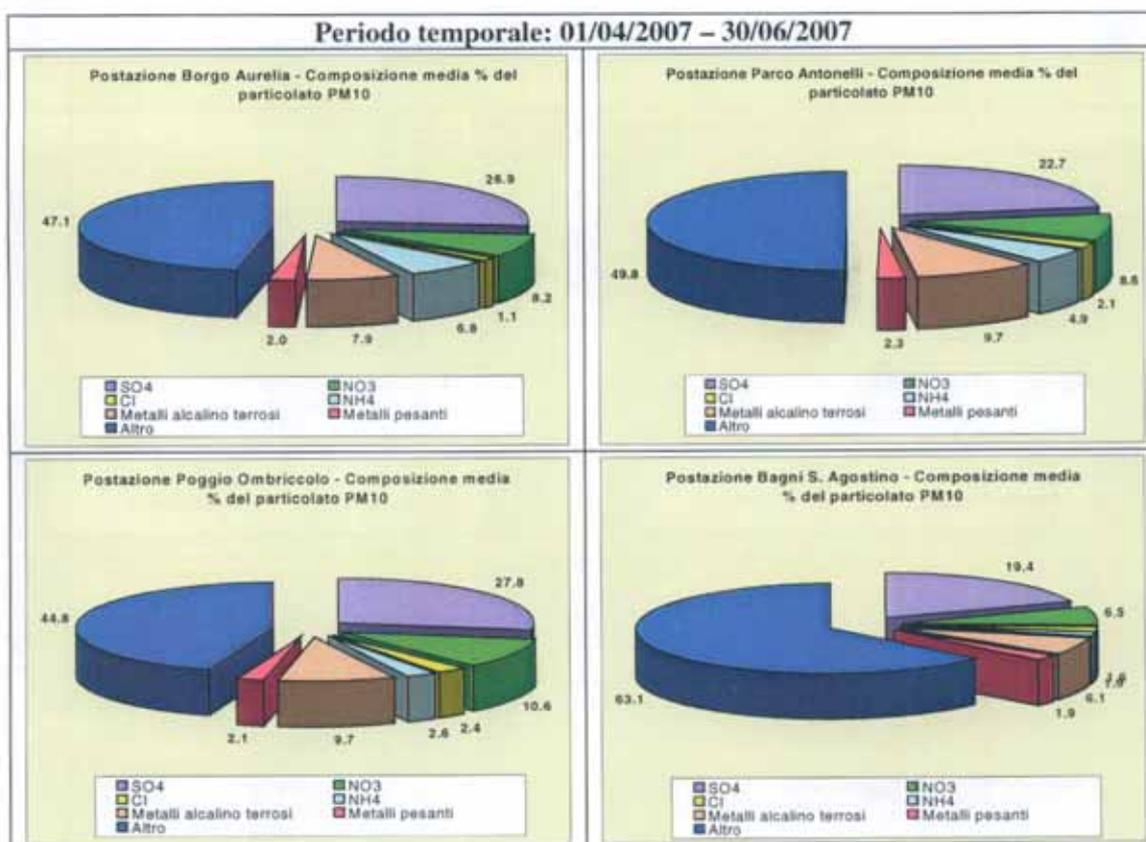
Infine, magnesio (Mg), potassio (K) e ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) sembrano essere stati uniformemente diffusi nel comprensorio di Civitavecchia e non si notano differenze tra le postazioni.

### 3.2.3 Considerazioni sulle caratteristiche del particolato di Civitavecchia

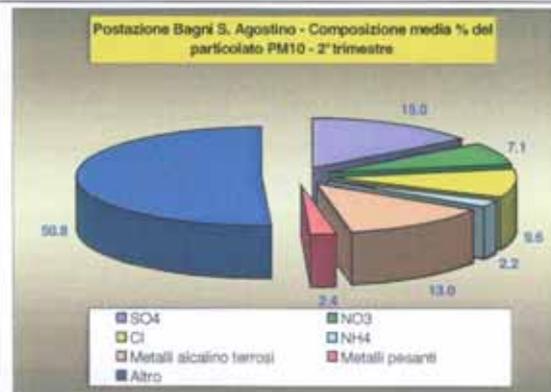
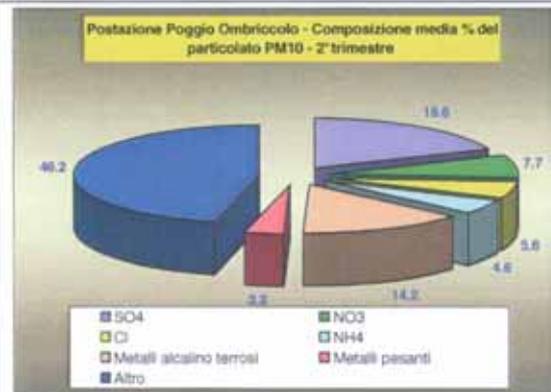
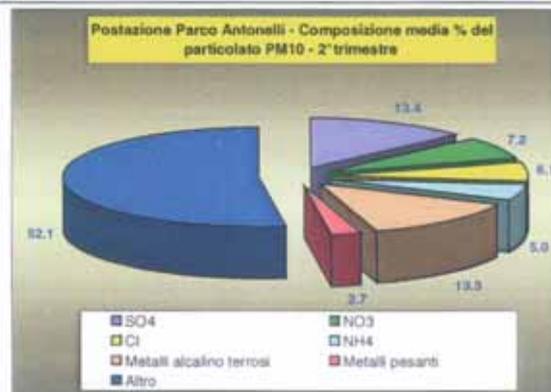
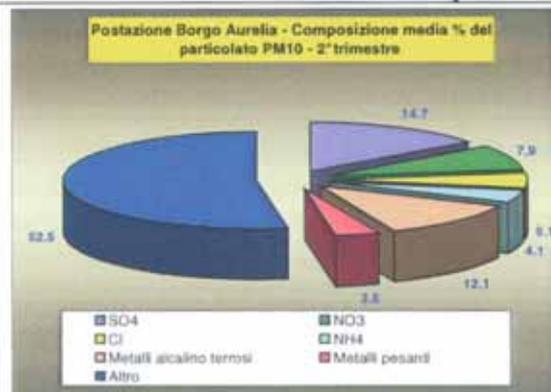
Nei paragrafi precedenti sono state presentate e commentate le concentrazioni in aria delle specie chimiche analizzate. In questo paragrafo le specie chimiche vengono invece considerate in relazione alla massa del particolato. Nei grafici che seguono è per l'appunto mostrata la composizione % media, riferita alla massa del particolato atmosferico nelle quattro postazioni. Come consuetudine di letteratura in lavori analoghi, sono state eseguite alcune aggregazioni delle specie in classi omogenee. In particolare:

- **metalli pesanti**: sono stati sommati tutti i metalli determinati, indicati al par. 3.2.1;
- **metalli alcalino terrosi**: sono stati sommati i contributi di Ca, Mg, Na e K;
- **solfati, nitrati, cloruri e ammonio** sono stati mantenuti come singole specie chimiche;
- **altro**: è la differenza tra la massa del particolato e la sommatoria delle quantità di specie chimiche quantificate. Dal punto di vista chimico, in "altro" sono contenuti principalmente i contributi alla massa del particolato di elementi metallici cristallini, non determinati nel presente lavoro (Si, Fe, ecc.) e presenti sotto forma di ossidi, di Carbonio Elementare e di specie organiche complesse.

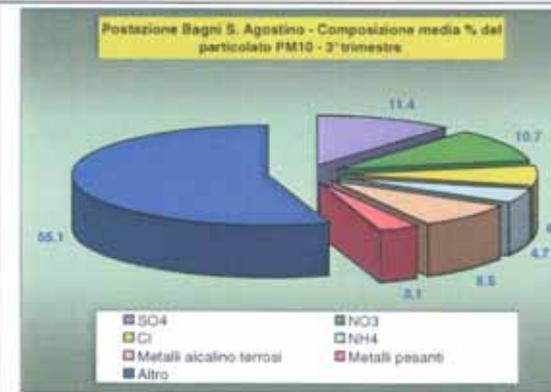
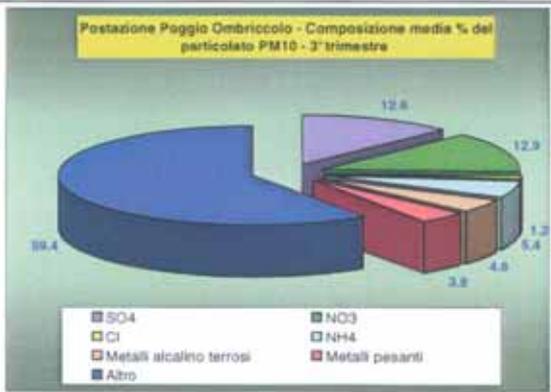
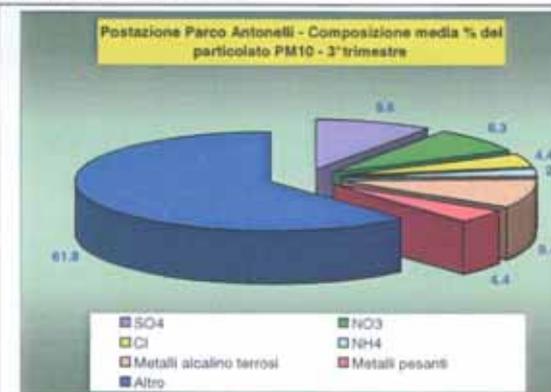
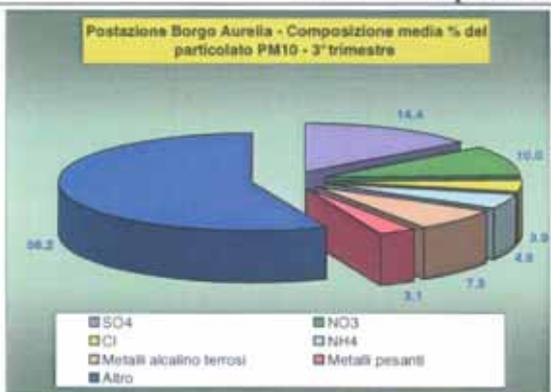
I dati sono stati aggregati per trimestri che corrispondono a grandi linee ad un periodo "primaverile" (aprile-giugno), "estivo" (luglio-settembre) ed "autunnale" (ottobre-dicembre):



Periodo temporale: 01/07/2007 – 30/09/2007



Periodo temporale: 01/10/2007 – 31/12/2007



Dai grafici si può notare come, nel periodo "primaverile", nella postazione di Bagni S. Agostino la composizione del particolato sia stata differente rispetto a quella delle altre postazioni. Le specie chimiche determinate nel particolato di Bagni S. Agostino hanno contribuito, infatti, mediamente solo per il 37% alla massa del particolato totale mentre nelle altre postazioni hanno rappresentato oltre il 50% della massa totale del particolato.

Nel periodo "estivo", per le postazioni di Borgo Aurelia, Parco Antonelli e Bagni S. Agostino le specie chimiche determinate hanno rappresentato poco meno del 50% della massa totale del particolato, pur con modeste differenze per quanto riguarda la % delle singole specie ioniche. Nella postazione di Poggio Ombriicolo si è avuto, invece, un andamento contrario e la massa di particolato non caratterizzata è stata meno del 50%. Inoltre, nel periodo "estivo", l'incidenza dei sali marini è stata maggiore in tutte le postazioni rispetto a quella riscontrata in primavera.

Dai grafici si può notare che, rispetto alle altre stagioni, nel periodo "autunnale" è cresciuta la quantità di materiale non caratterizzato, come si può notare dal seguente prospetto, in cui è riportata la % di **materiale particolato non caratterizzato** per ciascuna postazione e per le varie stagioni:

|                   | Apr-Giu<br>(Primavera) | Lug - Set<br>(Estate) | Ott - Dic<br>(Autunno) |
|-------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| Borgo Aurelia     | 47.1                   | 52.5                  | 56.2                   |
| Parco Antonelli   | 49.8                   | 52.1                  | 61.8                   |
| Poggio Ombriicolo | 44.8                   | 46.2                  | 59.4                   |
| Bagni S. Agostino | 63.1                   | 50.8                  | 55.1                   |

In "autunno", per tutte le postazioni più del 55% della massa del particolato è costituita da parametri che non rientrano nel protocollo analitico adottato; per la postazione di Parco Antonelli, si tratta di oltre il 60%. E' molto probabile che larga parte di questo materiale sia costituito, oltre che da ossidi di elementi tipicamente cristallini (Si, Fe, ecc.) anche da materiale organico (carbonio elementare e sostanze organiche), il che sarebbe in accordo con il fatto che la % massima di materiale non caratterizzato si è avuta nella postazione di Parco Antonelli, la più antropizzata, ma non va trascurato che la crescita massima si è avuta invece a Poggio Ombriicolo (+19% rispetto alla primavera, +12% rispetto all'estate). I metalli pesanti sono stati sempre una frazione minima del particolato (3-4%) e Al e Zn sono risultati i costituenti principali di tale frazione.

E' da notare, infine, che la componente dei Nitrati, nel periodo "autunnale", è stata quasi equivalente a quella dei Solfati mentre nelle altre stagioni era circa il 50% della quantità di solfati nel PM10.

### 3.3 Risultati e valutazioni della determinazione di IPA nel particolato PTS e in fase vapore.

Gli idrocarburi aromatici policiclici (IPA) in fase vapore e adsorbiti sul particolato sono stati prelevati con un classico sistema di campionamento integrale che comprende un filtro, per la raccolta della fase particolato (PTS) e un cilindro di schiuma poliuretanic (PUF), per il trattenimento degli IPA più volatili e quindi più abbondanti in fase vapore. Infatti, è noto dalla letteratura che gli IPA aerodispersi sono ripartiti tra fase vapore e sul particolato in funzione della loro tensione di vapore; a grandi linee, in dipendenza soprattutto della temperatura, i composti da naftalene a fluorantene/pirene si trovano in fase vapore mentre da benzo(a)antracene a dibenzopireni sono adsorbiti sul particolato.

Dato che il campionamento è una situazione di non equilibrio, parte degli IPA adsorbiti su particolato possono essere spostati dal filtro durante il prelievo. Le analisi sono state pertanto effettuate riunendo gli estratti dei due substrati di prelievo (filtro e PUF) e i dati si riferiscono quindi alla concentrazione complessiva degli IPA in aria.

Gli IPA determinati nell'atmosfera di Civitavecchia sono indicati nella tabella seguente:

| Composto                | Numero anelli condensati | Peso molecolare | Genotossicità | Cancerogenesi secondo IARC (*) |
|-------------------------|--------------------------|-----------------|---------------|--------------------------------|
| Naftalene               | 2                        | 128             | -             | -                              |
| 1-Metilnaftalene        | 2                        | 142             | -             | -                              |
| 2-Metilnaftalene        | 2                        | 142             | -             | -                              |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | 2                        | 156             | -             | -                              |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | 2                        | 170             | -             | -                              |
| Acenaftilene            | 3                        | 152             | -             | -                              |
| Acenaftene              | 3                        | 154             | -             | -                              |
| Fluorene                | 3                        | 166             | -             | -                              |
| Fenantrene              | 3                        | 178             | -             | -                              |
| Antracene               | 3                        | 178             | -             | -                              |
| 1-Metilfenantrene       | 3                        | 192             | -             | -                              |
| Fluorantene             | 4                        | 202             | -             | -                              |
| Pirene                  | 4                        | 202             | -             | -                              |
| Benzo(a)antracene       | 4                        | 228             | Genotossico   | 2A                             |
| Crisene                 | 4                        | 228             | Genotossico   | 3                              |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | 5                        | 226             | -             | -                              |
| Benzo(b+j)fluorantene   | 5                        | 252             | Genotossico   | 2B                             |
| Benzo(k)fluorantene     | 5                        | 252             | Genotossico   | 2B                             |
| Benzo(e)pirene          | 5                        | 276             | -             | -                              |
| Benzo(a)pirene          | 5                        | 276             | Genotossico   | 2A                             |
| Perilene                | 5                        | 252             | -             | -                              |
| Indeno(1,2,3)c,dpirene  | 6                        | 276             | Genotossico   | 2B                             |
| Dibenzo(a,h)antracene   | 6                        | 278             | Genotossico   | 2A                             |
| Benzo(g,h,i)perilene    | 6                        | 276             | Genotossico   | 3                              |
| Dibenzo(a,l)pirene      | 6                        | 302             | Genotossico   | 2B                             |
| Dibenzo(a,e)pirene      | 6                        | 302             | Genotossico   | 2B                             |
| Dibenzo(a,i)pirene      | 6                        | 302             | Genotossico   | 2B                             |
| Dibenzo(a,h)pirene      | 6                        | 302             | Genotossico   | 2B                             |

(\*) Note: 2A - probable human carcinogen  
 2B - possible human carcinogen  
 3 - mixed or limited evidence on human cancer potential

Nel protocollo di analisi sono stati presi in considerazione sia IPA Alchilati sia IPA non alchilati. Come IPA non alchilati si sono intesi i composti da naftalene (2 anelli benzenici condensati) a dibenzopireni (6 anelli benzenici condensati), tipicamente emessi dai processi di combustione, che non hanno gruppi sostituenti alchilici nella molecola (gruppi metilici, etilici, propilici, ecc.). Gli IPA alchilati, che sono un vasto gruppo di composti, di solito molto più abbondante in atmosfera rispetto ai non alchilati, sono stati limitati ad alcuni metil-, dimetil- e trimetil-naftaleni e ad un monometilfenantrene.

Nel protocollo di analisi sono compresi IPA con riconosciute caratteristiche di cancerogenicità e genotossicità, come indicato nella tabella precedente.

Nel presente paragrafo vengono riportate le medie mensili delle concentrazioni di IPA determinati, riferite al periodo da aprile a dicembre 2007, calcolati con i criteri adottati per i metalli ed esposti al par. 3.2. Quando in luogo della deviazione standard compare la dicitura "n.c.", significa che il composto in oggetto è stato determinato in meno del 50% dei campioni.

Le concentrazioni medie mensili di IPA nel particolato PTS della postazione di **Borgo Aurelia** sono riportate di seguito:

|                         |                      | Postazione di Borgo Aurelia |                    |                    |                    |                    |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         |                      | Aprile                      | Maggio             | Giugno             | Luglio             | Agosto             |
| Naftalene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.114 ± 0.151               | 0.118 ± 0.126      | 0.005 ± n.c.       | 0.061 ± 0.126      | 0.339 ± 0.339      |
| 2-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.120 ± 0.105               | 0.085 ± 0.096      | 0.005 ± 0.001      | 0.053 ± 0.095      | 0.194 ± 0.183      |
| 1-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.198 ± 0.167               | 0.166 ± 0.174      | 0.005 ± n.c.       | 0.085 ± 0.159      | 0.372 ± 0.361      |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.103 ± 0.100               | 0.074 ± 0.067      | 0.014 ± 0.013      | 0.041 ± 0.049      | 0.129 ± 0.118      |
| Acenaftilene            | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.060 ± 0.084               | 0.021 ± 0.019      | 0.034 ± 0.031      | 0.009 ± 0.009      | 0.005 ± n.c.       |
| Acenaftene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.064 ± 0.047               | 0.022 ± 0.012      | 0.032 ± 0.049      | 0.007 ± 0.005      | 0.011 ± 0.010      |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.081 ± 0.056               | 0.060 ± 0.046      | 0.015 ± 0.012      | 0.039 ± 0.039      | 0.090 ± 0.091      |
| Fluorene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.292 ± 0.081               | 0.199 ± 0.102      | 0.162 ± 0.230      | 0.085 ± 0.044      | 0.085 ± 0.062      |
| Fenantrene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 1.198 ± 0.444               | 1.468 ± 0.961      | 3.039 ± 3.110      | 1.321 ± 0.932      | 0.801 ± 0.362      |
| Antracene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.050 ± 0.027               | 0.059 ± 0.055      | 0.050 ± 0.032      | 0.032 ± 0.019      | 0.023 ± 0.012      |
| 1-Metilfenantrene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.231 ± 0.089               | 0.423 ± 0.356      | 0.441 ± 0.140      | 0.249 ± 0.179      | 0.209 ± 0.087      |
| Fluorantene             | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.264 ± 0.117               | 0.339 ± 0.170      | 0.718 ± 0.567      | 0.441 ± 0.246      | 0.319 ± 0.095      |
| Pirene                  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.203 ± 0.083               | 0.280 ± 0.162      | 0.466 ± 0.296      | 0.284 ± 0.142      | 0.227 ± 0.088      |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                | 0.005 ± n.c.       | 0.005 ± n.c.       | 0.005 ± n.c.       | 0.005 ± n.c.       |
| Benzo[a]antracene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.009 ± 0.003               | 0.016 ± 0.011      | 0.038 ± 0.060      | 0.012 ± 0.009      | 0.010 ± 0.005      |
| Crisene                 | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.037 ± 0.005               | 0.044 ± 0.029      | 0.057 ± 0.057      | 0.040 ± 0.011      | 0.031 ± 0.009      |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.02 ± 0.01                 | 0.08 ± 0.05        | 0.14 ± 0.19        | 0.06 ± 0.02        | 0.04 ± 0.00        |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.02 ± 0.02        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Benzo[e]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.03 ± 0.04        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Benzo[a]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.02 ± 0.01        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Perilene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± 0.01        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| <b>Totale</b>           | [ng/m <sup>3</sup> ] | <b>3.16 ± 0.41</b>          | <b>3.56 ± 2.25</b> | <b>5.37 ± 4.77</b> | <b>2.94 ± 1.25</b> | <b>3.00 ± 1.27</b> |

|                         |                      | Postazione di Borgo Aurelia |                    |                    |                    |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         |                      | Settembre                   | Ottobre            | Novembre           | Dicembre           |
| Naftalene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                | 0.299 ± 0.553      | 0.083 ± 0.091      | 0.304 ± 0.441      |
| 2-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                | 0.158 ± 0.293      | 0.073 ± 0.040      | 0.126 ± 0.139      |
| 1-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                | 0.167 ± 0.302      | 0.088 ± 0.047      | 0.179 ± 0.203      |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.006 ± 0.002               | 0.062 ± 0.097      | 0.039 ± 0.020      | 0.085 ± 0.086      |
| Acenaftilene            | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.007 ± 0.005               | 0.025 ± 0.028      | 0.048 ± 0.038      | 0.074 ± 0.070      |
| Acenaftene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                | 0.026 ± 0.029      | 0.032 ± 0.029      | 0.040 ± 0.033      |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.009 ± 0.009               | 0.058 ± 0.085      | 0.083 ± 0.072      | 0.193 ± 0.245      |
| Fluorene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.027 ± 0.019               | 0.332 ± 0.367      | 0.740 ± 0.790      | 0.812 ± 0.650      |
| Fenantrene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.561 ± 0.279               | 1.549 ± 0.877      | 2.540 ± 1.709      | 3.424 ± 2.759      |
| Antracene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.027 ± 0.021               | 0.063 ± 0.041      | 0.126 ± 0.175      | 0.231 ± 0.322      |
| 1-Metilfenantrene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.149 ± 0.067               | 0.211 ± 0.121      | 0.251 ± 0.141      | 0.283 ± 0.278      |
| Fluorantene             | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.181 ± 0.083               | 0.453 ± 0.317      | 0.911 ± 0.810      | 1.215 ± 1.080      |
| Pirene                  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.147 ± 0.074               | 0.333 ± 0.214      | 0.579 ± 0.510      | 0.803 ± 0.748      |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                | 0.005 ± n.c.       | 0.009 ± 0.004      | 0.022 ± 0.023      |
| Benzo[a]antracene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.010 ± 0.008               | 0.036 ± 0.022      | 0.074 ± 0.062      | 0.091 ± 0.071      |
| Crisene                 | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.029 ± 0.025               | 0.101 ± 0.054      | 0.230 ± 0.184      | 0.268 ± 0.196      |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.03 ± 0.03                 | 0.10 ± 0.07        | 0.41 ± 0.22        | 0.46 ± 0.29        |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.05 ± 0.04        | 0.12 ± 0.08        | 0.15 ± 0.10        |
| Benzo[e]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.05 ± 0.04        | 0.12 ± 0.07        | 0.13 ± 0.08        |
| Benzo[a]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.04 ± 0.03        | 0.09 ± 0.03        | 0.10 ± 0.07        |
| Perilene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± 0.01                 | 0.06 ± 0.03        | 0.12 ± 0.08        | 0.15 ± 0.10        |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.06 ± 0.06        | 0.16 ± 0.06        | 0.17 ± 0.08        |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± 0.01        | 0.02 ± 0.01        |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.05 ± 0.04        | 0.12 ± 0.05        | 0.13 ± 0.07        |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                 | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| <b>Totale</b>           | [ng/m <sup>3</sup> ] | <b>1.32 ± 0.55</b>          | <b>4.34 ± 2.83</b> | <b>7.10 ± 4.89</b> | <b>9.51 ± 7.48</b> |

Le concentrazioni medie mensili di IPA nel particolato PTS della postazione di **Parco Antonelli** sono riportate di seguito:

|                         |                      | Postazione di Parco Antonelli |                    |                    |                    |                    |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         |                      | Aprile                        | Maggio             | Giugno             | Luglio             | Agosto             |
| Naftalene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.153 ± n.c.                  | 0.164 ± 0.071      | 0.092 ± 0.079      | 0.622 ± 0.998      | 0.737 ± 0.505      |
| 2-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.119 ± n.c.                  | 0.129 ± 0.050      | 0.053 ± 0.055      | 0.389 ± 0.522      | 0.429 ± 0.282      |
| 1-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.206 ± n.c.                  | 0.278 ± 0.057      | 0.111 ± 0.083      | 0.767 ± 1.021      | 0.807 ± 0.539      |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.131 ± n.c.                  | 0.137 ± 0.084      | 0.074 ± 0.053      | 0.205 ± 0.206      | 0.256 ± 0.157      |
| Acenaftilene            | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.103 ± n.c.                  | 0.053 ± 0.052      | 0.049 ± 0.031      | 0.043 ± 0.032      | 0.033 ± 0.021      |
| Acenaftene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.105 ± n.c.                  | 0.071 ± 0.049      | 0.028 ± 0.019      | 0.014 ± 0.013      | 0.021 ± 0.024      |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.122 ± n.c.                  | 0.115 ± 0.084      | 0.042 ± 0.015      | 0.227 ± 0.273      | 0.186 ± 0.134      |
| Fluorene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.499 ± n.c.                  | 0.411 ± 0.105      | 0.203 ± 0.077      | 0.197 ± 0.091      | 0.199 ± 0.136      |
| Fenantrene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 4.307 ± n.c.                  | 3.491 ± 1.123      | 3.887 ± 0.870      | 3.491 ± 1.206      | 1.748 ± 0.822      |
| Antracene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.166 ± n.c.                  | 0.182 ± 0.091      | 0.170 ± 0.058      | 0.163 ± 0.011      | 0.100 ± 0.040      |
| 1-Metilfenantrene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.849 ± n.c.                  | 0.913 ± 0.377      | 0.898 ± 0.061      | 0.974 ± 0.370      | 0.469 ± 0.107      |
| Fluorantene             | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.837 ± n.c.                  | 0.761 ± 0.359      | 1.118 ± 0.259      | 1.113 ± 0.392      | 0.686 ± 0.215      |
| Pirene                  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.636 ± n.c.                  | 0.675 ± 0.245      | 1.037 ± 0.209      | 1.076 ± 0.375      | 0.677 ± 0.209      |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.012 ± n.c.                  | 0.008 ± 0.005      | 0.006 ± 0.002      | 0.010 ± 0.006      | 0.005 ± n.c.       |
| Benzo[a]antracene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.032 ± n.c.                  | 0.031 ± 0.014      | 0.034 ± 0.013      | 0.052 ± 0.027      | 0.034 ± 0.019      |
| Crisene                 | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.132 ± n.c.                  | 0.077 ± 0.009      | 0.055 ± 0.023      | 0.127 ± 0.071      | 0.080 ± 0.036      |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.07 ± n.c.                   | 0.14 ± 0.07        | 0.14 ± 0.06        | 0.17 ± 0.09        | 0.15 ± 0.10        |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± 0.01        | 0.01 ± n.c.        |
| Benzo[e]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.03 ± n.c.                   | 0.03 ± 0.01        | 0.02 ± 0.02        | 0.06 ± 0.03        | 0.03 ± 0.03        |
| Benzo[a]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.02 ± 0.01        | 0.02 ± 0.01        |
| Perilene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.03 ± 0.03        | 0.07 ± 0.04        |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.03 ± n.c.                   | 0.02 ± 0.01        | 0.01 ± 0.01        | 0.03 ± 0.03        | 0.04 ± 0.03        |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.04 ± n.c.                   | 0.04 ± 0.02        | 0.03 ± 0.02        | 0.07 ± 0.03        | 0.04 ± 0.03        |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| <b>Totale</b>           | [ng/m <sup>3</sup> ] | <b>8,66 ± n.c.</b>            | <b>7,81 ± 2,25</b> | <b>8,14 ± 1,71</b> | <b>9,92 ± 3,49</b> | <b>6,87 ± 2,99</b> |

|                         |                      | Postazione di Parco Antonelli |                     |                     |                     |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                         |                      | Settembre                     | Ottobre             | Novembre            | Dicembre            |
| Naftalene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.758 ± 1.488                 | 0.868 ± 1.006       | 0.906 ± 1.120       | 0.617 ± 0.951       |
| 2-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.424 ± 0.849                 | 0.499 ± 0.476       | 0.552 ± 0.639       | 0.334 ± 0.440       |
| 1-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.780 ± 1.535                 | 0.761 ± 0.823       | 0.808 ± 0.961       | 0.539 ± 0.738       |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.189 ± 0.321                 | 0.237 ± 0.121       | 0.288 ± 0.326       | 0.240 ± 0.285       |
| Acenaftilene            | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.038 ± 0.051                 | 0.409 ± 0.478       | 0.644 ± 0.681       | 0.424 ± 0.471       |
| Acenaftene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.017 ± 0.027                 | 0.107 ± 0.079       | 0.162 ± 0.133       | 0.126 ± 0.116       |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.126 ± 0.217                 | 0.260 ± 0.200       | 0.296 ± 0.188       | 0.284 ± 0.254       |
| Fluorene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.175 ± 0.178                 | 0.798 ± 0.326       | 2.111 ± 2.341       | 1.423 ± 1.894       |
| Fenantrene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 1.721 ± 0.651                 | 3.792 ± 1.721       | 4.240 ± 1.550       | 4.284 ± 2.482       |
| Antracene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.111 ± 0.046                 | 0.301 ± 0.191       | 0.229 ± 0.086       | 0.217 ± 0.189       |
| 1-Metilfenantrene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.329 ± 0.162                 | 0.654 ± 0.368       | 0.524 ± 0.196       | 0.413 ± 0.220       |
| Fluorantene             | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.492 ± 0.249                 | 0.880 ± 0.352       | 1.032 ± 0.332       | 1.166 ± 0.756       |
| Pirene                  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.473 ± 0.235                 | 0.943 ± 0.447       | 0.946 ± 0.330       | 0.910 ± 0.494       |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                  | 0.016 ± 0.011       | 0.017 ± 0.023       | 0.028 ± 0.040       |
| Benzo[a]antracene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.020 ± 0.010                 | 0.089 ± 0.050       | 0.122 ± 0.077       | 0.146 ± 0.117       |
| Crisene                 | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.053 ± 0.028                 | 0.185 ± 0.094       | 0.271 ± 0.117       | 0.324 ± 0.232       |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.07 ± 0.04                   | 0.22 ± 0.13         | 0.50 ± 0.30         | 0.65 ± 0.49         |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.10 ± 0.05         | 0.18 ± 0.10         | 0.21 ± 0.16         |
| Benzo[e]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.02 ± 0.02                   | 0.13 ± 0.07         | 0.20 ± 0.12         | 0.22 ± 0.16         |
| Benzo[a]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.10 ± 0.05         | 0.17 ± 0.11         | 0.17 ± 0.13         |
| Perilene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.04 ± 0.03                   | 0.11 ± 0.05         | 0.18 ± 0.08         | 0.22 ± 0.17         |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.02 ± 0.02                   | 0.15 ± 0.11         | 0.29 ± 0.18         | 0.28 ± 0.19         |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± 0.01         | 0.02 ± 0.01         | 0.03 ± 0.03         |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.03 ± 0.03                   | 0.20 ± 0.12         | 0.28 ± 0.19         | 0.27 ± 0.20         |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± n.c.         | 0.01 ± n.c.         | 0.01 ± n.c.         |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± n.c.         | 0.01 ± n.c.         | 0.01 ± n.c.         |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± n.c.         | 0.01 ± n.c.         | 0.01 ± n.c.         |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                   | 0.01 ± n.c.         | 0.01 ± n.c.         | 0.01 ± n.c.         |
| <b>Totale</b>           | [ng/m <sup>3</sup> ] | <b>5.97 ± 5.35</b>            | <b>11.86 ± 4.79</b> | <b>15.01 ± 6.58</b> | <b>13.58 ± 7.85</b> |

Le concentrazioni medie mensili di IPA nel particolato PTS della postazione di **Poggio Ombriccolo** sono riportate nelle tabelle seguenti:

|                         |                      | Postazione di Poggio Ombriccolo |                    |                    |                    |                    |
|-------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         |                      | Aprile                          | Maggio             | Giugno             | Luglio             | Agosto             |
| Naftalene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.028 ± 0.032                   | 0.005 ± 0.001      | 0.005 ± n.c.       | 0.020 ± 0.025      | 0.540 ± 0.302      |
| 2-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.015 ± 0.014                   | 0.006 ± 0.001      | 0.005 ± n.c.       | 0.036 ± 0.053      | 0.294 ± 0.115      |
| 1-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.022 ± 0.024                   | 0.007 ± 0.004      | 0.005 ± n.c.       | 0.069 ± 0.110      | 0.548 ± 0.249      |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.009 ± 0.002                   | 0.007 ± 0.002      | 0.005 ± n.c.       | 0.026 ± 0.027      | 0.140 ± 0.044      |
| Acenaftilene            | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                    | 0.005 ± n.c.       | 0.020 ± 0.013      | 0.009 ± 0.007      | 0.005 ± n.c.       |
| Acenaftene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                    | 0.005 ± n.c.       | 0.007 ± 0.003      | 0.005 ± n.c.       | 0.005 ± n.c.       |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                    | 0.005 ± n.c.       | 0.005 ± n.c.       | 0.040 ± 0.032      | 0.111 ± 0.019      |
| Fluorene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.120 ± 0.056                   | 0.037 ± 0.016      | 0.010 ± 0.012      | 0.052 ± 0.045      | 0.059 ± 0.021      |
| Fenantrene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.352 ± 0.119                   | 0.242 ± 0.091      | 0.234 ± 0.147      | 1.329 ± 0.831      | 0.563 ± 0.227      |
| Antracene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.007 ± 0.003                   | 0.006 ± 0.002      | 0.005 ± n.c.       | 0.037 ± 0.028      | 0.013 ± 0.012      |
| 1-Metilfenantrene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.059 ± 0.012                   | 0.030 ± 0.004      | 0.023 ± 0.009      | 0.703 ± 0.619      | 0.226 ± 0.048      |
| Fluorantene             | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.105 ± 0.033                   | 0.082 ± 0.028      | 0.071 ± 0.030      | 0.446 ± 0.258      | 0.162 ± 0.057      |
| Pirene                  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.072 ± 0.016                   | 0.052 ± 0.017      | 0.046 ± 0.018      | 0.555 ± 0.455      | 0.220 ± 0.091      |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                    | 0.005 ± n.c.       | 0.005 ± n.c.       | 0.005 ± n.c.       | 0.005 ± n.c.       |
| Benzo[a]antracene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                    | 0.005 ± n.c.       | 0.005 ± n.c.       | 0.008 ± 0.004      | 0.005 ± n.c.       |
| Crisene                 | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.024 ± 0.004                   | 0.015 ± 0.008      | 0.005 ± n.c.       | 0.037 ± 0.006      | 0.017 ± 0.005      |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.03 ± 0.02        | 0.01 ± n.c.        | 0.05 ± 0.02        | 0.01 ± n.c.        |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Benzo[e]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Benzo[a]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Perilene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| <b>Totale</b>           | [ng/m <sup>3</sup> ] | <b>0.96 ± 0.19</b>              | <b>0.65 ± 0.19</b> | <b>0.57 ± 0.21</b> | <b>3.54 ± 2.07</b> | <b>3.03 ± 1.15</b> |

|                         |                      | Postazione di Poggio Ombriccolo |                    |                    |                    |
|-------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         |                      | Settembre                       | Ottobre            | Novembre           | Dicembre           |
| Naftalene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.075 ± 0.140                   | 0.294 ± 0.408      | 0.073 ± 0.068      | 0.022 ± 0.035      |
| 2-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.032 ± 0.054                   | 0.171 ± 0.234      | 0.052 ± 0.023      | 0.048 ± 0.040      |
| 1-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.079 ± 0.137                   | 0.149 ± 0.203      | 0.066 ± 0.015      | 0.051 ± 0.033      |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.039 ± 0.068                   | 0.048 ± 0.061      | 0.028 ± 0.009      | 0.035 ± 0.026      |
| Acenaftilene            | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                    | 0.015 ± 0.014      | 0.059 ± 0.062      | 0.035 ± 0.061      |
| Acenaftene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.006 ± 0.003                   | 0.022 ± 0.024      | 0.027 ± 0.034      | 0.020 ± 0.030      |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.023 ± 0.036                   | 0.039 ± 0.048      | 0.053 ± 0.024      | 0.052 ± 0.032      |
| Fluorene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.033 ± 0.022                   | 0.487 ± 0.599      | 0.446 ± 0.371      | 0.438 ± 0.294      |
| Fenantrene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.375 ± 0.242                   | 0.900 ± 0.238      | 1.429 ± 0.151      | 1.188 ± 0.392      |
| Antracene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.011 ± 0.011                   | 0.023 ± 0.013      | 0.027 ± 0.020      | 0.019 ± 0.019      |
| 1-Metilfenantrene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.122 ± 0.091                   | 0.075 ± 0.052      | 0.127 ± 0.062      | 0.075 ± 0.037      |
| Fluorantene             | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.113 ± 0.070                   | 0.290 ± 0.069      | 0.384 ± 0.144      | 0.343 ± 0.166      |
| Pirene                  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.110 ± 0.086                   | 0.196 ± 0.057      | 0.258 ± 0.083      | 0.204 ± 0.080      |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                    | 0.005 ± n.c.       | 0.005 ± n.c.       | 0.010 ± 0.010      |
| Benzo[a]antracene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                    | 0.021 ± 0.011      | 0.027 ± 0.008      | 0.029 ± 0.022      |
| Crisene                 | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.011 ± 0.008                   | 0.057 ± 0.010      | 0.100 ± 0.028      | 0.111 ± 0.063      |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.07 ± 0.05        | 0.22 ± 0.05        | 0.24 ± 0.13        |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.03 ± 0.03        | 0.07 ± 0.03        | 0.07 ± 0.05        |
| Benzo[e]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.03 ± 0.02        | 0.07 ± 0.02        | 0.07 ± 0.04        |
| Benzo[a]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.02 ± 0.02        | 0.05 ± 0.01        | 0.05 ± 0.03        |
| Perilene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.03 ± 0.03        | 0.07 ± 0.03        | 0.07 ± 0.05        |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.04 ± 0.04        | 0.10 ± 0.02        | 0.09 ± 0.06        |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.04 ± 0.01        | 0.08 ± 0.02        | 0.07 ± 0.05        |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| <b>Totale</b>           | [ng/m <sup>3</sup> ] | <b>1.16 ± 0.50</b>              | <b>3.09 ± 2.00</b> | <b>3.87 ± 0.99</b> | <b>3.40 ± 1.46</b> |

Le concentrazioni medie mensili di IPA nel particolato PTS della postazione di **Bagni S. Agostino** sono riportate di seguito:

|                         |                      | Postazione di Bagni S. Agostino |                    |                    |                    |                    |
|-------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         |                      | Aprile                          | Maggio             | Giugno             | Luglio             | Agosto             |
| Naftalene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.039 ± 0.031                   | 0.032 ± 0.026      | 0.005 ± n.c.       | 0.098 ± 0.160      | 0.592 ± 0.526      |
| 2-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.048 ± 0.044                   | 0.034 ± 0.014      | 0.005 ± n.c.       | 0.110 ± 0.170      | 0.299 ± 0.049      |
| 1-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.078 ± 0.060                   | 0.072 ± 0.039      | 0.005 ± n.c.       | 0.186 ± 0.300      | 0.565 ± 0.211      |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.048 ± 0.018                   | 0.051 ± 0.038      | 0.010 ± 0.007      | 0.096 ± 0.120      | 0.172 ± 0.044      |
| Acenaftilene            | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.009 ± 0.004                   | 0.009 ± 0.007      | 0.041 ± 0.051      | 0.014 ± 0.010      | 0.029 ± 0.018      |
| Acenaftene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.018 ± 0.011                   | 0.010 ± 0.009      | 0.014 ± 0.003      | 0.039 ± 0.060      | 0.008 ± 0.005      |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.040 ± 0.017                   | 0.025 ± 0.017      | 0.015 ± 0.004      | 0.060 ± 0.081      | 0.173 ± 0.104      |
| Fluorene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.156 ± 0.048                   | 0.068 ± 0.052      | 0.042 ± 0.014      | 0.072 ± 0.072      | 0.204 ± 0.141      |
| Fenantrene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.868 ± 0.317                   | 0.481 ± 0.173      | 0.600 ± 0.355      | 0.677 ± 0.318      | 2.245 ± 2.091      |
| Antracene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.041 ± 0.009                   | 0.025 ± 0.017      | 0.015 ± 0.003      | 0.022 ± 0.021      | 0.367 ± 0.452      |
| 1-Metilfenantrene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.134 ± 0.054                   | 0.084 ± 0.026      | 0.115 ± 0.034      | 0.117 ± 0.017      | 0.158 ± 0.092      |
| Fluorantene             | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.200 ± 0.063                   | 0.135 ± 0.041      | 0.171 ± 0.084      | 0.226 ± 0.072      | 0.898 ± 0.892      |
| Pirene                  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.148 ± 0.051                   | 0.112 ± 0.053      | 0.128 ± 0.063      | 0.177 ± 0.058      | 0.736 ± 0.759      |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                    | 0.005 ± n.c.       | 0.005 ± n.c.       | 0.005 ± n.c.       | 0.020 ± 0.021      |
| Benzo[a]antracene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.011 ± 0.010                   | 0.007 ± 0.004      | 0.010 ± 0.007      | 0.017 ± 0.017      | 0.238 ± 0.262      |
| Crisene                 | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.048 ± 0.032                   | 0.021 ± 0.008      | 0.017 ± 0.008      | 0.036 ± 0.008      | 0.264 ± 0.317      |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.03 ± 0.04                     | 0.04 ± 0.01        | 0.03 ± 0.03        | 0.07 ± 0.05        | 0.51 ± 0.64        |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.07 ± 0.09        |
| Benzo[e]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.02 ± 0.01                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.11 ± 0.15        |
| Benzo[a]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.11 ± 0.15        |
| Perilene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.27 ± 0.37        |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.02 ± 0.01                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.17 ± 0.23        |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.03 ± 0.03        |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.11 ± 0.14        |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| <b>Totale</b>           | [ng/m <sup>3</sup> ] | <b>2.05 ± 0.51</b>              | <b>1.32 ± 0.42</b> | <b>1.34 ± 0.64</b> | <b>2.14 ± 0.95</b> | <b>8.40 ± 7.47</b> |

|                         |                      | Postazione di Bagni S. Agostino |                    |                    |                    |
|-------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         |                      | Settembre                       | Ottobre            | Novembre           | Dicembre           |
| Naftalene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.039 ± n.c.                    | 0.066 ± 0.087      | 0.318 ± 0.212      | 0.216 ± 0.237      |
| 2-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.048 ± 0.024                   | 0.125 ± 0.141      | 0.165 ± 0.071      | 0.114 ± 0.095      |
| 1-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.078 ± 0.039                   | 0.117 ± 0.108      | 0.196 ± 0.091      | 0.142 ± 0.121      |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.048 ± 0.027                   | 0.073 ± 0.054      | 0.083 ± 0.042      | 0.074 ± 0.055      |
| Acenaftilene            | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.009 ± 0.003                   | 0.068 ± 0.089      | 0.086 ± 0.052      | 0.099 ± 0.095      |
| Acenaftene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.018 ± n.c.                    | 0.027 ± 0.031      | 0.066 ± 0.035      | 0.046 ± 0.037      |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.040 ± 0.009                   | 0.114 ± 0.154      | 0.134 ± 0.126      | 0.189 ± 0.143      |
| Fluorene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.156 ± 0.028                   | 0.360 ± 0.382      | 0.608 ± 0.292      | 0.574 ± 0.339      |
| Fenantrene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.868 ± 0.385                   | 1.322 ± 0.934      | 2.137 ± 0.816      | 2.532 ± 1.496      |
| Antracene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.041 ± 0.023                   | 0.075 ± 0.084      | 0.053 ± 0.057      | 0.106 ± 0.165      |
| 1-Metilfenantrene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.134 ± 0.056                   | 0.256 ± 0.272      | 0.159 ± 0.062      | 0.213 ± 0.109      |
| Fluorantene             | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.200 ± 0.134                   | 0.401 ± 0.305      | 0.653 ± 0.287      | 0.762 ± 0.504      |
| Pirene                  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.148 ± 0.100                   | 0.276 ± 0.216      | 0.428 ± 0.160      | 0.523 ± 0.317      |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005 ± n.c.                    | 0.010 ± 0.008      | 0.010 ± 0.005      | 0.018 ± 0.021      |
| Benzo[a]antracene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.011 ± 0.006                   | 0.034 ± 0.027      | 0.061 ± 0.026      | 0.105 ± 0.110      |
| Crisene                 | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.048 ± 0.023                   | 0.092 ± 0.065      | 0.157 ± 0.064      | 0.235 ± 0.204      |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.03 ± n.c.                     | 0.15 ± 0.16        | 0.34 ± 0.10        | 0.49 ± 0.37        |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.05 ± 0.06        | 0.12 ± 0.06        | 0.18 ± 0.15        |
| Benzo[e]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.02 ± n.c.                     | 0.04 ± 0.05        | 0.10 ± 0.04        | 0.14 ± 0.09        |
| Benzo[a]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.04 ± 0.04        | 0.08 ± 0.03        | 0.12 ± 0.11        |
| Perilene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.06 ± 0.04        | 0.11 ± 0.07        | 0.18 ± 0.17        |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.02 ± n.c.                     | 0.08 ± 0.07        | 0.15 ± 0.06        | 0.18 ± 0.11        |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.02 ± 0.02        |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.05 ± 0.05        | 0.11 ± 0.04        | 0.13 ± 0.08        |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01 ± n.c.                     | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        | 0.01 ± n.c.        |
| <b>Totale</b>           | [ng/m <sup>3</sup> ] | <b>1.00 ± 0.73</b>              | <b>3.94 ± 3.43</b> | <b>6.37 ± 2.48</b> | <b>7.42 ± 4.63</b> |

Gli andamenti temporali delle concentrazioni degli IPA totali e di alcuni composti sono riportati nelle figure che seguono:



Nel grafico del Benzo(a)pirene (BaP), la linea rossa indica il valore limite  $1 \text{ ng/m}^3$  della normativa italiana.

Dagli istogrammi precedenti, si evidenziano alcuni andamenti:

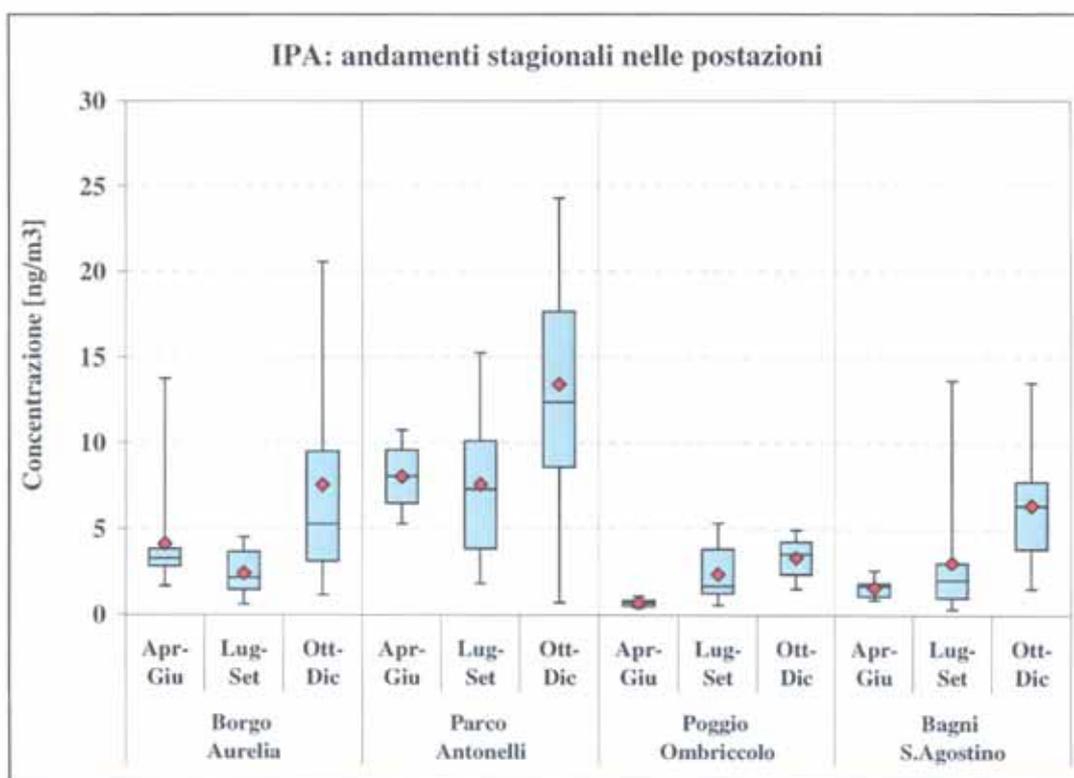
- nella postazione di Parco Antonelli si sono avute quasi sempre le massime concentrazioni mensili di IPA totali ad esclusione del mese di agosto, in cui a Bagni S. Agostino si è avuto un evento locale (presumibilmente un incendio) che ha contribuito in maniera significativa alla concentrazioni di IPA in aria. Le minime concentrazioni di IPA totali si sono avute nella postazione rurale di Poggio Ombriccolo ad esclusione del mese di luglio in cui la concentrazione riscontrata a Poggio Ombriccolo è stata dello stesso ordine di grandezza di quella della postazione semi-urbana di Borgo Aurelia;
- da ottobre a dicembre gli IPA sono aumentati in tutte le postazioni e in particolar modo nelle postazioni di Parco Antonelli e Borgo Aurelia. La media mensile riferita a tutte le postazioni (quadrati uniti da una linea rossa nel primo grafico) illustra bene la significativa crescita avvenuta nei mesi autunnali;
- come si vedrà meglio nelle tabelle che seguono, gli IPA presenti nell'atmosfera di Civitavecchia sono prevalentemente costituiti da composti relativamente leggeri, da 2 a 4 anelli condensati, di cui i più abbondanti sono fenantrene, fluorantene e pirene. Nel periodo "autunnale" (ottobre-dicembre), è però cresciuta la quantità di IPA pesanti (da 5 a 6 anelli), che comprendono la maggior parte dei composti con proprietà genotossiche e cancerogene;
- il benzo(a)pirene, l'unico IPA normato dalla legislazione italiana (valore limite  $1 \text{ ng/m}^3$  - D.M. 25/11/1994), è stato rilevato saltuariamente e a bassa concentrazione nel periodo che va da

aprile a settembre. Da ottobre a dicembre, il benzo(a)pirene è stato rilevato in quasi tutte le postazioni, comunque sempre a concentrazioni di molto inferiori al limite normativo.

Nella figura sottostante sono stati messi a confronto i valori stagionali di concentrazione in aria di IPA totali, raggruppando i dati in trimestri che corrispondono a grandi linee ad un periodo "primaverile" (aprile-giugno), "estivo" (luglio-settembre) ed "autunnale" (ottobre-dicembre) per valutare eventuali andamenti stagionali. Per rappresentare i dati statistici mensili si è ancora utilizzata la rappresentazione grafica a box con "whisker plot" che consente di visualizzare la tendenza centrale e la variabilità (dispersione) di un set di dati. Per ogni serie di dati mensili, sono pertanto rappresentati (dal basso in alto):

- il valore minimo (linea inferiore);
- il primo quartile o 25° percentile (box inferiore);
- la mediana dei valori (linea centrale tra i due box);
- il terzo quartile o 75° percentile (box superiore);
- il valore massimo (linea superiore).

Inoltre, è stato aggiunto il valore medio, rappresentato dal rombo in rosso.



Nella postazione di Parco Antonelli, indipendentemente dalla stagione, si è sempre riscontrata la massima concentrazione media di IPA totali con anche la più ampia escursione di valori.

I valori minimi di IPA totali si sono avuti in "primavera" (Aprile-Giugno) a Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino e in "estate" (Luglio-Settembre) a Borgo Aurelia e Poggio Ombriccolo. La postazione di Bagni S. Agostino ha avuto un incremento estivo del livello medio di concentrazione di IPA a causa delle concentrazioni particolarmente elevate rilevate in un campione di agosto che ha influito notevolmente sui valori medi.

### 3.3.1.1 Valori medi annuali

Nelle tabelle che seguono, sono stati riportati i valori medi **annuali** di concentrazione degli IPA analizzati nel PTS. Per le postazioni di Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino, come introdotto in precedenza (par. 2.1), sono stati eseguiti un numero inferiore di campionamenti, in accordo col protocollo analitico stabilito con ARPA Lazio, in quanto tali postazioni sono da considerarsi di tipo rurale e poco influenzate da attività industriali ed emissioni urbane.

|                         |                      | Borgo Aurelia |           |           |           |            | Parco Antonelli |           |           |           |            |
|-------------------------|----------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|------------|
|                         |                      | Media         | Dev Stand | $N_{tot}$ | $n_{LdR}$ | % >LdR     | Media           | Dev Stand | $N_{tot}$ | $n_{LdR}$ | % >LdR     |
| Naftalene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.107         | n.c.      | 29        | 13        | 45         | 0.451           | 0.79      | 27        | 21        | <b>78</b>  |
| 2-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.074         | n.c.      | 29        | 14        | 48         | 0.273           | 0.44      | 27        | 22        | <b>81</b>  |
| 1-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.135         | n.c.      | 29        | 14        | 48         | 0.526           | 0.81      | 27        | 23        | <b>85</b>  |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.059         | 0.08      | 29        | 17        | <b>59</b>  | 0.169           | 0.18      | 27        | 23        | <b>85</b>  |
| Acenaftilene            | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.020         | n.c.      | 29        | 12        | 41         | 0.046           | 0.04      | 27        | 26        | <b>96</b>  |
| Acenaftene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.021         | 0.03      | 29        | 16        | <b>55</b>  | 0.035           | 0.04      | 27        | 16        | <b>59</b>  |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.047         | 0.05      | 29        | 21        | <b>72</b>  | 0.137           | 0.16      | 27        | 26        | <b>96</b>  |
| Fluorene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.133         | 0.13      | 29        | 29        | <b>100</b> | 0.253           | 0.15      | 27        | 27        | <b>100</b> |
| Fenantrene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 1.414         | 1.55      | 29        | 29        | <b>100</b> | 2.944           | 1.30      | 27        | 27        | <b>100</b> |
| Antracene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.040         | 0.03      | 29        | 29        | <b>100</b> | 0.147           | 0.06      | 27        | 27        | <b>100</b> |
| 1-Metilfenantrene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.292         | 0.21      | 29        | 28        | <b>97</b>  | 0.729           | 0.35      | 27        | 27        | <b>100</b> |
| Fluorantene             | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.383         | 0.31      | 29        | 29        | <b>100</b> | 0.831           | 0.37      | 27        | 27        | <b>100</b> |
| Pirene                  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.273         | 0.18      | 29        | 29        | <b>100</b> | 0.778           | 0.33      | 27        | 27        | <b>100</b> |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005         | n.c.      | 29        | 0         | 0          | 0.007           | n.c.      | 27        | 6         | 22         |
| Benzo[a]antracene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.016         | 0.03      | 29        | 18        | <b>62</b>  | 0.034           | 0.02      | 27        | 27        | <b>100</b> |
| Crisene                 | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.040         | 0.03      | 29        | 28        | <b>97</b>  | 0.081           | 0.04      | 27        | 27        | <b>100</b> |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.07          | 0.09      | 29        | 23        | <b>79</b>  | 0.13            | 0.08      | 27        | 27        | <b>100</b> |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01          | n.c.      | 29        | 1         | 3          | 0.01            | n.c.      | 27        | 1         | 4          |
| Benzo[e]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01          | n.c.      | 29        | 1         | 3          | 0.03            | 0.02      | 27        | 18        | <b>67</b>  |
| Benzo[a]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01          | n.c.      | 29        | 1         | 3          | 0.01            | n.c.      | 27        | 2         | 7          |
| Perilene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01          | n.c.      | 29        | 1         | 3          | 0.03            | n.c.      | 27        | 10        | 37         |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01          | n.c.      | 29        | 0         | 0          | 0.03            | 0.02      | 27        | 14        | <b>52</b>  |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01          | n.c.      | 29        | 0         | 0          | 0.01            | n.c.      | 27        | 0         | 0          |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01          | n.c.      | 29        | 1         | 3          | 0.04            | 0.03      | 27        | 20        | <b>74</b>  |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01          | n.c.      | 29        | 0         | 0          | 0.01            | n.c.      | 27        | 0         | 0          |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01          | n.c.      | 29        | 0         | 0          | 0.01            | n.c.      | 27        | 0         | 0          |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01          | n.c.      | 29        | 0         | 0          | 0.01            | n.c.      | 27        | 0         | 0          |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01          | n.c.      | 29        | 0         | 0          | 0.01            | n.c.      | 27        | 0         | 0          |

|                         |                      | Poggio Ombriccolo |           |           |           |        | Bagni S. Agostino |           |           |           |        |
|-------------------------|----------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|--------|-------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
|                         |                      | Media             | Dev Stand | $N_{tot}$ | $n_{LdR}$ | % >LdR | Media             | Dev Stand | $N_{tot}$ | $n_{LdR}$ | % >LdR |
| Naftalene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.095             | n.c.      | 16        | 6         | 38     | 0.101             | n.c.      | 17        | 7         | 41     |
| 2-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.055             | n.c.      | 16        | 6         | 38     | 0.074             | 0.11      | 17        | 10        | 59     |
| 1-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.106             | n.c.      | 16        | 7         | 44     | 0.133             | 0.21      | 17        | 12        | 71     |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.035             | 0.05      | 16        | 9         | 56     | 0.063             | 0.07      | 17        | 14        | 82     |
| Acenaftilene            | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.008             | n.c.      | 16        | 3         | 19     | 0.016             | 0.02      | 17        | 9         | 53     |
| Acenaftene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.006             | n.c.      | 16        | 2         | 13     | 0.016             | n.c.      | 17        | 8         | 47     |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.029             | n.c.      | 16        | 5         | 31     | 0.048             | 0.06      | 17        | 14        | 82     |
| Fluorene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.049             | 0.04      | 16        | 13        | 81     | 0.088             | 0.08      | 17        | 15        | 88     |
| Fenantrene              | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.532             | 0.53      | 16        | 16        | 100    | 0.783             | 0.82      | 17        | 17        | 100    |
| Antracene               | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.014             | n.c.      | 16        | 6         | 38     | 0.065             | 0.16      | 17        | 14        | 82     |
| 1-Metilfenantrene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.206             | 0.34      | 16        | 16        | 100    | 0.106             | 0.05      | 17        | 17        | 100    |
| Fluorantene             | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.170             | 0.17      | 16        | 16        | 100    | 0.258             | 0.34      | 17        | 17        | 100    |
| Pirene                  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.184             | 0.26      | 16        | 16        | 100    | 0.202             | 0.28      | 17        | 17        | 100    |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005             | n.c.      | 16        | 0         | 0      | 0.007             | n.c.      | 17        | 1         | 6      |
| Benzo[a]antracene       | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.005             | n.c.      | 16        | 1         | 6      | 0.037             | n.c.      | 17        | 8         | 47     |
| Crisene                 | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.018             | 0.01      | 16        | 12        | 75     | 0.057             | 0.11      | 17        | 16        | 94     |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.02              | n.c.      | 16        | 5         | 31     | 0.09              | 0.23      | 17        | 10        | 59     |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01              | n.c.      | 16        | 0         | 0      | 0.02              | n.c.      | 17        | 1         | 6      |
| Benzo[e]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01              | n.c.      | 16        | 0         | 0      | 0.02              | n.c.      | 17        | 2         | 12     |
| Benzo[a]pirene          | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01              | n.c.      | 16        | 0         | 0      | 0.02              | n.c.      | 17        | 1         | 6      |
| Perilene                | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01              | n.c.      | 16        | 0         | 0      | 0.04              | n.c.      | 17        | 1         | 6      |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01              | n.c.      | 16        | 0         | 0      | 0.03              | n.c.      | 17        | 2         | 12     |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01              | n.c.      | 16        | 0         | 0      | 0.01              | n.c.      | 17        | 1         | 6      |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01              | n.c.      | 16        | 0         | 0      | 0.02              | n.c.      | 17        | 1         | 6      |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01              | n.c.      | 16        | 0         | 0      | 0.01              | n.c.      | 17        | 0         | 0      |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01              | n.c.      | 16        | 0         | 0      | 0.01              | n.c.      | 17        | 0         | 0      |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01              | n.c.      | 16        | 0         | 0      | 0.01              | n.c.      | 17        | 0         | 0      |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng/m <sup>3</sup> ] | 0.01              | n.c.      | 16        | 0         | 0      | 0.01              | n.c.      | 17        | 0         | 0      |

Per il calcolo dei valori medi, si sono adottate le seguenti convenzioni, in accordo anche con le indicazioni contenute nel già citato Rapporto ISTISAN 04/15:

- quando per un parametro la concentrazione è stata inferiore al limite di rivelabilità (LdR), i calcoli della media sono stati eseguiti utilizzando la metà del valore del LdR;
- quando tutti i singoli dati di concentrazione sono risultati essere inferiori al LdR, compare uno zero nella pertinente colonna “%>LdR” e il valore medio corrisponde alla metà del LdR;
- nella colonna “n” sono indicati il numero di campioni aventi un valore di concentrazione dell’analita maggiore del LdR;
- la deviazione standard è stata calcolata quando almeno il 50% dei campioni (colonna “%>LdR”) è maggiore del LdR. Sono stati evidenziati in neretto i valori di “%>LdR” maggiori del 50%;
- nelle colonne “ $N_{tot}$ ” è stato indicato il numero di campioni prelevati in ambiente e nelle colonne “ $n_{LdR}$ ” il numero di campioni con concentrazione superiore al LdR.

Facendo un confronto dei dati medi di concentrazione di IPA delle postazioni di Civitavecchia con quelli tipici europei, i valori sono paragonabili a quelli di siti rurali e urbani come risulta dai dati riportati nella tabella seguente, tratta dalla letteratura (<sup>11</sup>).

**Table 5: Summary of recent (not older than 1990) typical European PAH- and BaP concentrations in ng/m<sup>3</sup> as annual mean value.**

| Compound               | Remote site       | Rural site | Urban    | Traffic  | Industrial |
|------------------------|-------------------|------------|----------|----------|------------|
| Acenaphthene           | 0.01              | 0.3-2.6    |          |          | 98         |
| Acenaphthylene         | 0.01              |            |          |          |            |
| Anthracene             | n.d. <sup>*</sup> | 0.04-15    |          | 0.2-0.6  | 1.1        |
| Benzo(a)anthracene     | 0.00-0.02         | 0.01-0.9   | 0.2-1.3  | 0.6-4.2  | 0.37-4.2   |
| Benzo(a)pyrene         | 0.02              | 0.02-1.6   | 0.4-2    | 0.7-3.1  | 0.5-39     |
| Benzo(e)pyrene         | 0.01-0.02         | 0.18-1.1   | 0.2-2.1  | 0.9-3.7  | 0.65-80    |
| Benzo(b)fluoranthene   | 0.00-0.01         | 0.04-0.6   |          |          | 0.3-34     |
| Benzo(g)perylene       | 0.01              | 0.15-1.0   | 0.5-2.8  | 1-4.7    | 0.7-52     |
| Benzo(k)fluoranthene   |                   |            |          |          |            |
| Benzo(k)fluoranthene   |                   | 0.04-0.32  | 0.2-1    |          | 0.3-17     |
| Chrysene               |                   | 0.02-4.4   | 0.3-2.2  |          | 0.3-37     |
| Coronene               | 0.00-0.01         | 0.02-0.5   | 0.1-0.6  | 0.4-2.5  | 0.26-5.2   |
| Dibenz(a,h)anthracene  | n.d.              | 0.02-1.1   | 0.06-0.3 | 0.1-0.4  | 0.05-7.5   |
| Fluoranthene           | 0.14              | 0.04-7.4   |          |          | 42         |
| Fluorene               | 0.2-0.4           | 0.3-46     |          | 9.9-16.7 |            |
| Indeno(1,2,3-cd)pyrene | 0.02-0.04         | 0.04-0.21  | 0.3-2.1  | 1.3-2.6  | 0.4-37     |
| Phenanthrene           | 0.1-0.3           | 0.42-150   |          |          | 16         |
| Pyrene                 | 0.08              | 0.1-6.1    | 0.24-1.2 | 0.2-15   | 75         |

\* Not detected

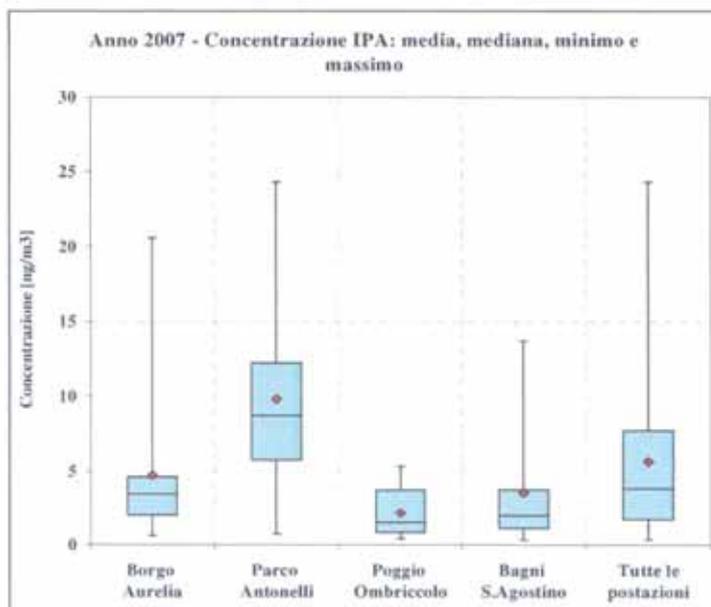
Nella tabella riportata sotto, sono stati sintetizzati alcuni valori statistici delle concentrazioni in aria di **IPA totali** riferiti all'intero periodo di monitoraggio del 2007, espressi ancora in ng/m<sup>3</sup>:

|                | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino | Tutte le postazioni |
|----------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| <b>Media</b>   | <b>4.7</b>    | <b>9.8</b>      | <b>2.2</b>        | <b>3.5</b>        | <b>5.7</b>          |
| Mediana        | 3.4           | 8.7             | 1.5               | 2.0               | 3.8                 |
| 25° percentile | 2.0           | 5.8             | 0.8               | 1.1               | 1.7                 |
| 75° percentile | 4.6           | 12.2            | 3.7               | 3.7               | 7.7                 |
| Minimo         | 0.6           | 0.7             | 0.4               | 0.3               | 0.3                 |
| Massimo        | 20.6          | 24.3            | 5.3               | 13.7              | 24.3                |

Da tali valori si evidenzia la netta differenza tra la postazione urbana di Parco Antonelli in cui la concentrazione media annuale di IPA è più che doppia rispetto alle concentrazioni medie annuali di Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino e più che quadrupla rispetto a quella di Poggio Ombriccolo. Inoltre, mentre media e mediana dei valori sono abbastanza simili per la postazione di Parco Antonelli e Poggio Ombriccolo, indicative di una distribuzione sufficientemente normale dei dati, per le altre due postazioni la media dei risultati è stata influenzata da pochi valori elevati che innalzano il valor medio rispetto alla mediana.

<sup>11</sup> EC Working Group On Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: "Ambient Air Pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)" - Position Paper Annexes, 2001, reperibile dal sito [http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/pp\\_pah.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/pp_pah.pdf)

I valori statistici della tabella precedente sono mostrati in forma grafica nella figura sottostante, utilizzando ancora la rappresentazione a box con "whisker plot". Per le convenzioni grafiche si veda più sopra.



Nella tabella sottostante, sono riportati ulteriori dati di sintesi, distinti per postazione, comprendenti la quantità di IPA totali medi, di IPA a 2-4 anelli e a 5-6 anelli nonché la % di IPA a 5-6 anelli rispetto al totale:

|                                     | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|-------------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| IPA totali [ng/m <sup>3</sup> ]     | 4,7           | 9,8             | 2,2               | 3,5               |
| IPA 2-4 anelli [ng/m <sup>3</sup> ] | 4,2           | 8,9             | 1,9               | 3,0               |
| IPA 5-6 anelli [ng/m <sup>3</sup> ] | 0,5           | 0,9             | 0,3               | 0,5               |
| IPA 5-6 anelli [%]                  | 10            | 9               | 12                | 15                |

Relativamente ai risultati sopra riportati, emergono alcune interessanti osservazioni, riassunte di seguito:

- in tutte le quattro postazioni, gli IPA da 2 a 4 anelli, alchilati e non alchilati, sono stati più abbondanti rispetto a quelli pesanti (5 e 6 anelli). La concentrazione media massima di IPA a 2-4 anelli (IPA volatili) si è avuta nella postazione urbana di Parco Antonelli, la minima a Poggio Ombriccolo;
- gli IPA pesanti, tra i quali si annoverano composti cancerogeni, rappresentano il 9 - 10 % degli IPA totali nelle postazioni di Parco Antonelli e Borgo Aurelia, le più trafficate, e il 12 - 15 % per le altre due postazioni. Il PTS di Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino sembrerebbe pertanto lievemente arricchito in IPA pesanti; più probabilmente, è invece avvenuto che gli IPA a 2 - 4 anelli siano migrati dalla fase solida a quella vapore a causa della loro volatilità, fenomeno che può avvenire durante l'invecchiamento del particolato. Dove le sorgenti di emissione di IPA sono vicine ai punti di campionamento, come è il caso delle postazioni urbane, il particolato di recente emissione è più ricco in IPA a 2 - 4 anelli;
- in termini di concentrazione in aria, la quantità massima di IPA pesanti si è riscontrata nella postazione urbana di Parco Antonelli, dove la loro concentrazione è stata di 2-3 volte superiore a quella delle altre postazioni.

### 3.4 Deposizioni atmosferiche

Come descritto al par. 2.2, le deposizioni atmosferiche, distinte in deposizioni umide ("wet") e secche ("dry"), raccolte con campionatori dedicati, sono state caratterizzate per i seguenti gruppi di parametri:

- **Microinquinanti inorganici:**  
Al, As, Be, Cr, Co, Ni, Cd, Hg, Tl, Se, Te, Sb, Mn, Pd, Pt, Pb, Cu, Rh, Sn, V, Zn, Ti
- **Sostanze influenzanti l'acidità atmosferica:**  
Ca, Na, Mg, K, NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e Cl<sup>-</sup>
- **Idrocarburi aromatici policiclici:**  
Naftalene; 2-Metilnaftalene; 1-Metilnaftalene; 2,6-Dimetilnaftalene; Acenaftilene; Acenaftene; 2,3,5-Trimetilnaftalene; Fluorene; Fenantrene; Antracene; 1-Metilfenantrene; Fluorantene; Pirene; Ciclopenta[c,d]pirene; Benzo[a]antracene; Crisene; Benzo[j]fluorantene; Benzo[b]fluorantene; Benzo[k]fluorantene; Benzo[e]pirene; Benzo[a]pirene; Perilene; Indeno[1,2,3-cd]pirene; Dibenzo[a,h]antracene; Benzo[g,h,i]perilene; Dibenzo[a,e]pirene; Dibenzo[a,h]pirene; Dibenzo[a,i]pirene; Dibenzo[a,l]pirene
- **pH e conducibilità (solo "wet")**

Nel presente rapporto vengono riportati i dati di deposizione, espressi in termini di massa totale e di flussi medi di specie chimiche trasferite a terra, e alcune valutazioni sugli andamenti tipici riscontrati. Per i calcoli, ci si è attenuti alle indicazioni contenute nel Rapporto ISTISAN 06/38 <sup>(12)</sup> che rimanda al già citato Rapporto ISTISAN 04/15 <sup>(6)</sup>.

#### 3.4.1 Deposizioni atmosferiche umide

Tra il 01/04/07 e il 31/12/07, si sono avuti complessivamente 15 eventi umidi, occorsi nei seguenti periodi:

| Primo trimestre<br>(01/04/07 – 30/06/07) | Secondo trimestre<br>(01/07/07 – 30/09/07) | Terzo trimestre<br>01/10/07 - 31/12/07 |
|------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|
| 25/4 – 1/5                               | 5/8 – 11/8                                 | 4/10 – 10/10                           |
| 1/5 – 7/5                                | 23/8 – 29/8                                | 16/10 – 22/10                          |
| 25/5 – 31/5                              | 22/9 – 28/9                                | 22/10 – 28/10                          |
| 31/5 – 6/6                               | -                                          | 28/10 – 03/11                          |
| -                                        | -                                          | 09/11 – 15/11                          |
| -                                        | -                                          | 21/11 – 27/11                          |
| -                                        | -                                          | 09/12 – 15/12                          |
| -                                        | -                                          | 21/12 – 27/12                          |

Questi eventi sono stati caratterizzati per metalli, specie ioniche e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) analizzando sia la fase umida sia l'eventuale particolato insolubile (solo per metalli).

##### 3.4.1.1 Metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide

Per quanto riguarda i metalli pesanti e le specie ioniche, nelle tabelle che seguono sono riportate le deposizioni totali, per unità di superficie, avvenute mensilmente nelle quattro postazioni. Per quanto riguarda i solfati, in fondo a ciascuna tabella sono stati riportati i contributi alla deposizione totale attribuibile ai solfati marini e a quelli non marini <sup>(13)</sup>.

<sup>12</sup> Menichini E., Settimo G., Viviano G.: "Metodi per la determinazione di As, Cd, Ni e idrocarburi policiclici aromatici nelle deposizioni atmosferiche". Rapporto ISTISAN 06/38, 2006.

<sup>13</sup> Si è utilizzata la seguente equazione di Brewer (1975):  $[SO_4^{2-} \text{ non marini}] = [SO_4^{2-}]_{\text{tot}} - 0.246 \times [Na^+]$

Le concentrazioni mensili di metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide della postazione di **Borgo Aurelia** sono mostrate di seguito:

| Postazione                              | Borgo Aurelia                |             |             |        |        |             |             |             |             |             |
|-----------------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|--------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mese                                    |                              | Aprile      | Maggio      | Giugno | Luglio | Agosto      | Settembre   | Ottobre     | Novembre    | Dicembre    |
| Precipitazione                          | [mm]                         | 1.7         | 55.5        | -      | -      | 6.4         | 18.9        | 86.6        | 17.6        | 22.3        |
| Al                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 11.1        | 298.0       | -      | -      | 74          | 57          | 2164        | 441         | 558         |
| As                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 6.8         | 55          | -      | -      | 6           | 19          | 87          | 18          | 22          |
| Be                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.5         | 8.2         | -      | -      | 0.4         | 0.9         | 10.4        | 0.9         | 1.1         |
| Cd                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.1         | 20          | -      | -      | 0.6         | 1.9         | 11.2        | 1.8         | 2.2         |
| Co                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.5         | 2.8         | -      | -      | 0.6         | 1.9         | 8.7         | 1.8         | 2.2         |
| Cr                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.1         | 5.7         | -      | -      | 3.2         | 9.4         | 43.3        | 8.8         | 11.2        |
| Cu                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 21.0        | 121.3       | -      | -      | 13.7        | 18.9        | 102.1       | 49.7        | 51.9        |
| Hg                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.0         | 1.4         | -      | -      | 1.6         | 4.7         | 21.6        | 4.4         | 5.6         |
| Mn                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 6.1         | 342.8       | -      | -      | 3.2         | 23.2        | 191.2       | 70.6        | 102.9       |
| Ni                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.8         | 64.2        | -      | -      | 3.2         | 9.4         | 50.3        | 12.7        | 21.7        |
| Pb                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.6         | 13.8        | -      | -      | 1.6         | 4.7         | 21.6        | 13.4        | 5.6         |
| Pd                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.5         | 16.6        | -      | -      | 1.3         | 3.8         | 65.1        | 5.3         | 14.1        |
| Pt                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.1         | 2.8         | -      | -      | 3.2         | 9.4         | 23.3        | 1.8         | 2.2         |
| Rh                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.1         | 2.8         | -      | -      | 1.6         | 4.7         | 38.5        | 4.4         | 5.6         |
| Sb                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.7         | 7.5         | -      | -      | 2.7         | 3.8         | 19.6        | 3.5         | 4.5         |
| Se                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 4.6         | 42.4        | -      | -      | 4.3         | 9.4         | 259.7       | 52.9        | 67.0        |
| Sn                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.2         | 15.2        | -      | -      | 3.2         | 9.4         | 84.8        | 16.1        | 11.2        |
| Te                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1.4         | 5.5         | -      | -      | 3.2         | 9.4         | 43.3        | 8.8         | 11.2        |
| Ti                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 14.8        | 114.9       | -      | -      | 22.4        | 18.9        | 368.7       | 178.1       | 423.3       |
| Tl                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.1         | 2.8         | -      | -      | 1.6         | 4.7         | 21.6        | 4.4         | 5.6         |
| V                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 3.4         | 31.6        | -      | -      | 9.0         | 18.9        | 139.7       | 17.6        | 22.3        |
| Zn                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 131.0       | 3448        | -      | -      | 62          | 384         | 1298        | 1147        | 1042        |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> totali     | [mg/m <sup>2</sup> ]         | 6.8         | 99.2        | -      | -      | 47.7        | 30.0        | 53.8        | 23.8        | 73.9        |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>            | [mg/m <sup>2</sup> ]         | 8.5         | 81.3        | -      | -      | 34.7        | 16.5        | 116.5       | 24.6        | 62.9        |
| Cl <sup>-</sup>                         | [mg/m <sup>2</sup> ]         | 3.7         | 315.5       | -      | -      | 56.1        | 49.1        | 42.0        | 16.7        | 57.0        |
| Ca                                      | [mg/m <sup>2</sup> ]         | 5.8         | 53.9        | -      | -      | 56.4        | 11.3        | 30.7        | 12.0        | 35.6        |
| Na                                      | [mg/m <sup>2</sup> ]         | 1.5         | 189.9       | -      | -      | 31.3        | 27.9        | 27.5        | 11.1        | 34.1        |
| Mg                                      | [mg/m <sup>2</sup> ]         | 0.8         | 25.7        | -      | -      | 8.0         | 3.9         | 4.6         | 3.6         | 7.2         |
| K                                       | [mg/m <sup>2</sup> ]         | 2.8         | 17.5        | -      | -      | 3.4         | 1.5         | 4.4         | 1.9         | 4.6         |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>            | [mg/m <sup>2</sup> ]         | 0.4         | 11.3        | -      | -      | 1.3         | 1.6         | 20.1        | 2.6         | 6.4         |
| <b>Metalli pesanti totali</b>           | [mg/m <sup>2</sup> ]         | <b>0.20</b> | <b>4.62</b> | -      | -      | <b>0.22</b> | <b>0.63</b> | <b>5.07</b> | <b>2.06</b> | <b>2.39</b> |
| <b>Specie ioniche totali</b>            | [mg/m <sup>2</sup> ]         | <b>30</b>   | <b>794</b>  | -      | -      | <b>239</b>  | <b>142</b>  | <b>300</b>  | <b>96</b>   | <b>282</b>  |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini | [mg/m <sup>2</sup> ]         | 6.5         | 52.5        | -      | -      | 40.0        | 23.1        | 47.1        | 21.0        | 65.5        |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini     | [mg/m <sup>2</sup> ]         | 0.4         | 46.7        | -      | -      | 7.7         | 6.9         | 6.8         | 2.7         | 8.4         |

Le concentrazioni mensili di metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide della postazione di Parco Antonelli sono riportate nella tabella seguente:

| Postazione                                                         | Parco Antonelli |             |        |        |             |             |             |             |             |          |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|--------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
|                                                                    | Mese            | Aprile      | Maggio | Giugno | Luglio      | Agosto      | Settembre   | Ottobre     | Novembre    | Dicembre |
| Precipitazione [mm]                                                | 1.8             | 51.2        | -      | -      | 3.9         | 20.0        | 109.0       | 18.3        | 27.3        |          |
| Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 7               | 190         | -      | -      | 297         | 60          | 2724        | 457         | 683         |          |
| As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 7               | 51          | -      | -      | 4           | 20          | 109         | 18          | 27          |          |
| Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.4             | 8.4         | -      | -      | 0.4         | 1.0         | 15.7        | 0.9         | 1.4         |          |
| Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.6             | 3           | -      | -      | 0.4         | 2.0         | 10.9        | 1.8         | 2.7         |          |
| Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.7             | 2.6         | -      | -      | 0.4         | 2.0         | 10.9        | 1.8         | 2.7         |          |
| Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.1             | 8.0         | -      | -      | 1.9         | 10.0        | 54.5        | 9.1         | 13.7        |          |
| Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.9             | 25.6        | -      | -      | 11.0        | 20.0        | 108.9       | 18.3        | 27.3        |          |
| Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.0             | 1.3         | -      | -      | 1.0         | 5.0         | 27.2        | 4.6         | 6.8         |          |
| Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 3.6             | 268.9       | -      | -      | 1.9         | 10.0        | 160.7       | 9.1         | 59.3        |          |
| Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 2.4             | 45.7        | -      | -      | 12.3        | 10.0        | 57.2        | 9.1         | 16.4        |          |
| Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.1             | 2.6         | -      | -      | 1.0         | 5.0         | 27.2        | 13.1        | 6.8         |          |
| Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.5             | 15.3        | -      | -      | 0.8         | 4.0         | 85.7        | 5.1         | 11.1        |          |
| Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.1             | 2.6         | -      | -      | 1.9         | 10.0        | 32.8        | 1.8         | 2.7         |          |
| Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.1             | 2.6         | -      | -      | 1.0         | 5.0         | 48.0        | 19.4        | 6.8         |          |
| Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.4             | 7.8         | -      | -      | 3.0         | 4.0         | 21.8        | 3.7         | 5.5         |          |
| Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 7.7             | 90.0        | -      | -      | 2.6         | 10.0        | 326.8       | 54.8        | 82.0        |          |
| Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.3             | 13.1        | -      | -      | 1.9         | 10.0        | 59.9        | 9.1         | 13.7        |          |
| Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.2             | 6.6         | -      | -      | 1.9         | 10.0        | 54.5        | 9.1         | 13.7        |          |
| Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 4.3             | 81.2        | -      | -      | 20.2        | 20.0        | 349.8       | 133.7       | 47.5        |          |
| Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 0.1             | 2.6         | -      | -      | 1.0         | 5.0         | 27.2        | 4.6         | 6.8         |          |
| V [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                     | 3.4             | 28.6        | -      | -      | 7.9         | 20.0        | 216.0       | 18.3        | 27.3        |          |
| Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                    | 196             | 624         | -      | -      | 174         | 137         | 141         | 49          | 68          |          |
| SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]           | 4.4             | 103.4       | -      | -      | 39.6        | 25.6        | 259.5       | 176.2       | 98.0        |          |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]            | 3.6             | 64.3        | -      | -      | 25.3        | 18.3        | 187.9       | 113.7       | 74.4        |          |
| Cl <sup>-</sup> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]                         | 1.9             | 252.9       | -      | -      | 54.7        | 107.5       | 148.9       | 111.9       | 94.4        |          |
| Ca [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]                                      | 1.9             | 50.4        | -      | -      | 48.7        | 14.6        | 161.6       | 136.3       | 69.7        |          |
| Na [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]                                      | 1.1             | 151.2       | -      | -      | 31.9        | 59.0        | 93.3        | 73.8        | 57.5        |          |
| Mg [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]                                      | 0.2             | 21.5        | -      | -      | 10.4        | 7.4         | 20.1        | 16.2        | 10.1        |          |
| K [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]                                       | 0.2             | 9.7         | -      | -      | 4.8         | 2.5         | 12.9        | 8.3         | 8.1         |          |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]            | 0.6             | 14.0        | -      | -      | 0.2         | 2.4         | 33.0        | 10.7        | 5.0         |          |
| <b>Metalli pesanti totali</b> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]           | <b>0.24</b>     | <b>1.48</b> | -      | -      | <b>0.55</b> | <b>0.38</b> | <b>4.67</b> | <b>0.85</b> | <b>1.13</b> |          |
| <b>Specie ioniche totali</b> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]            | <b>14</b>       | <b>667</b>  | -      | -      | <b>216</b>  | <b>237</b>  | <b>917</b>  | <b>647</b>  | <b>417</b>  |          |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ] | 4.1             | 66.2        | -      | -      | 31.8        | 11.1        | 236.6       | 158.1       | 83.9        |          |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]     | 0.3             | 37.2        | -      | -      | 7.8         | 14.5        | 23.0        | 18.2        | 14.1        |          |

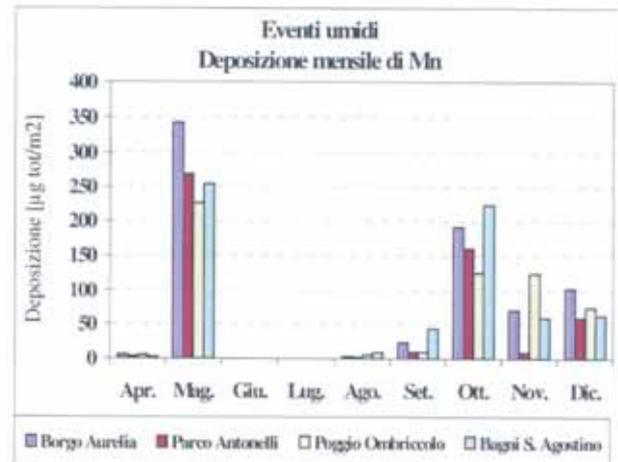
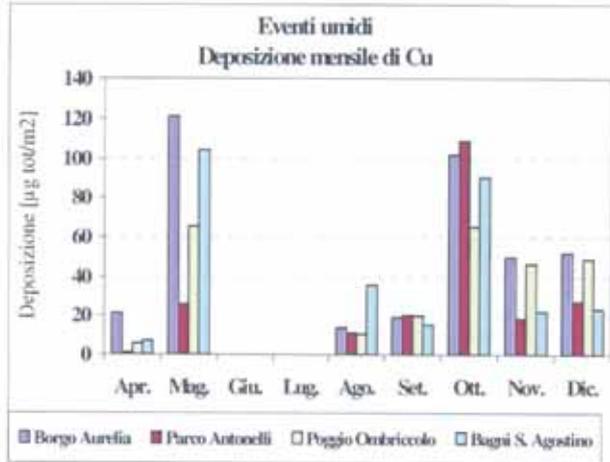
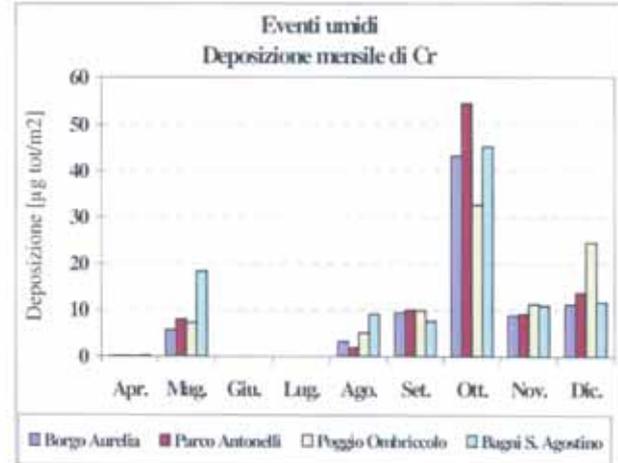
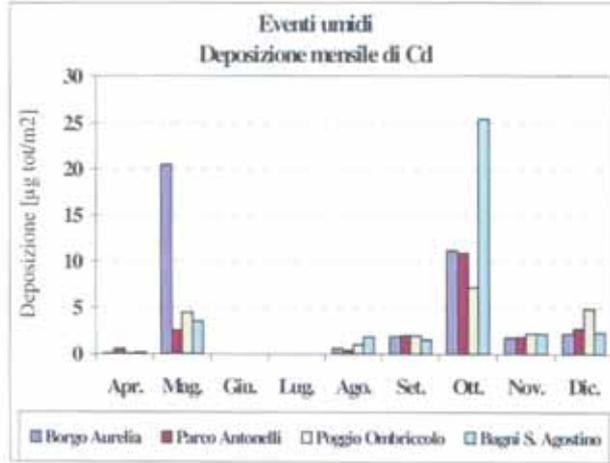
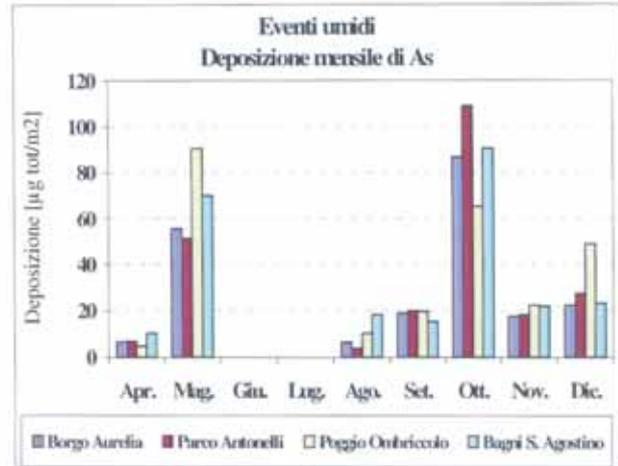
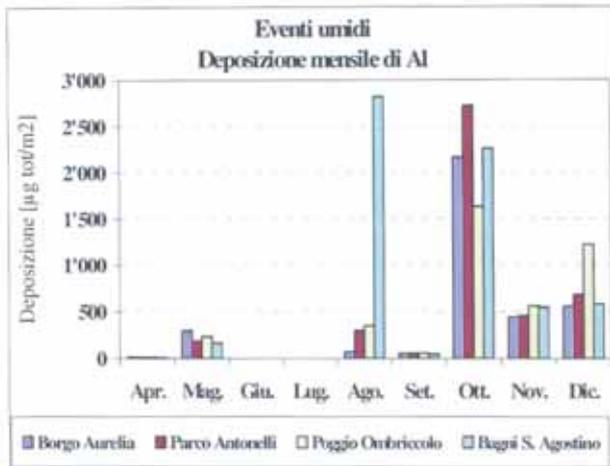
Le concentrazioni mensili di metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide della postazione di Poggio Ombriccolo sono riportate nella tabella seguente:

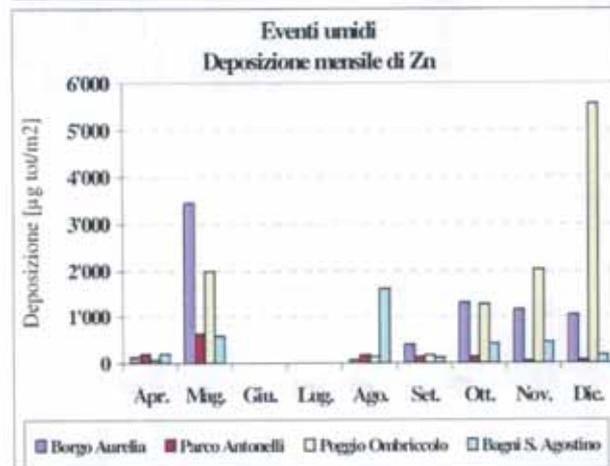
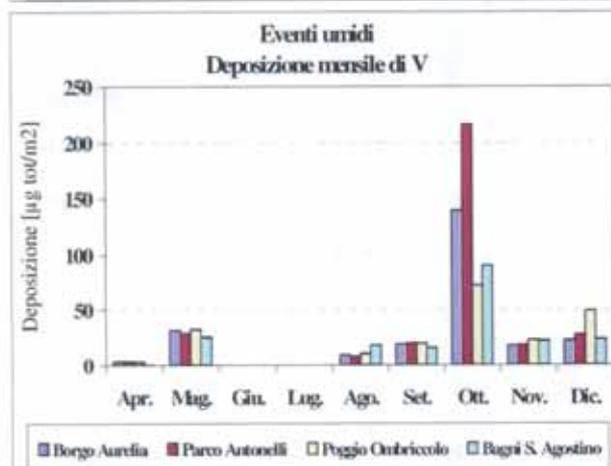
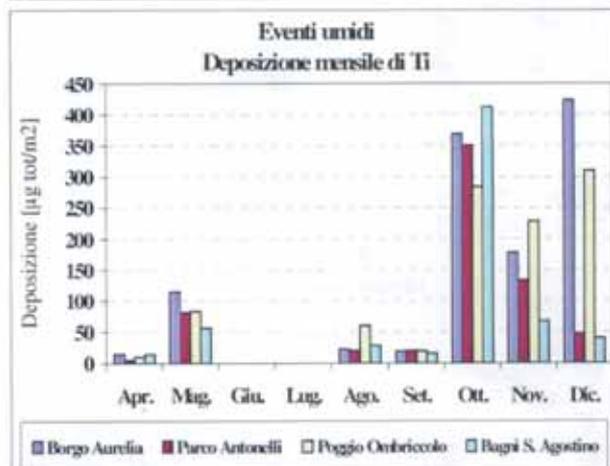
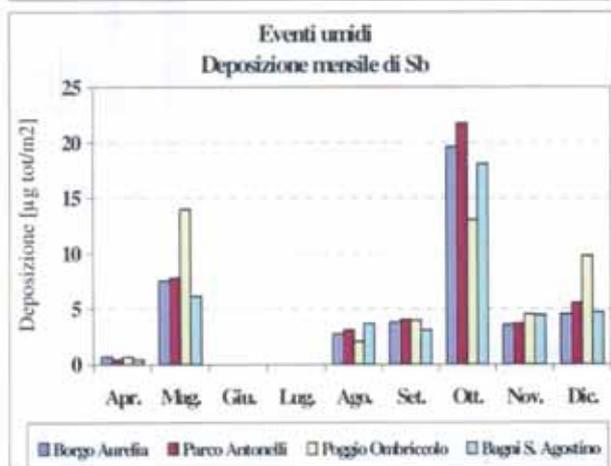
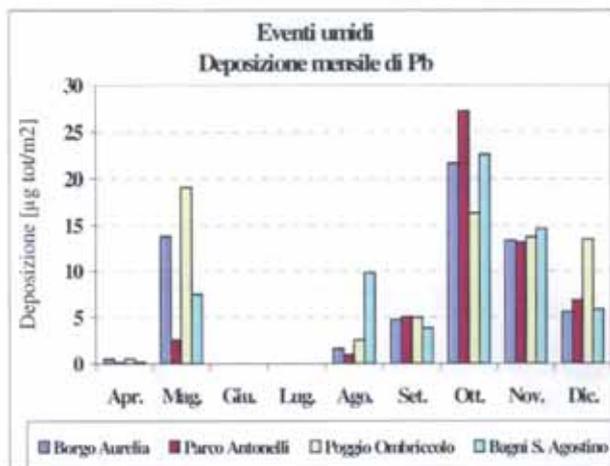
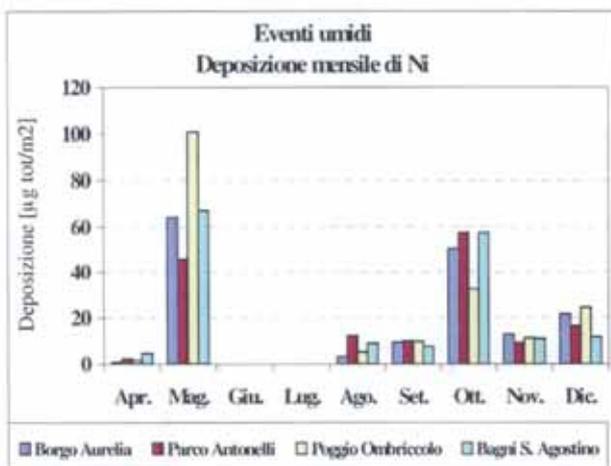
| Postazione                    | Poggio Ombriccolo            |             |             |        |        |             |             |             |             |             |
|-------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|--------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                               | Mese                         | Aprile      | Maggio      | Giugno | Luglio | Agosto      | Settembre   | Ottobre     | Novembre    | Dicembre    |
| Precipitazione                | [mm]                         | 1.1         | 90.3        | -      | -      | 10.3        | 19.8        | 65.3        | 22.4        | 48.9        |
| Al                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 9           | 233         | -      | -      | 349         | 59          | 1631        | 560         | 1223        |
| As                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 5           | 90          | -      | -      | 10          | 20          | 65          | 22          | 49          |
| Be                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.2         | 13.5        | -      | -      | 1.6         | 1.0         | 7.9         | 1.1         | 2.4         |
| Cd                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.1         | 5           | -      | -      | 1.0         | 2.0         | 7.2         | 2.2         | 4.9         |
| Co                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4         | 4.5         | -      | -      | 1.0         | 2.0         | 6.5         | 2.2         | 4.9         |
| Cr                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.1         | 7.3         | -      | -      | 5.2         | 9.9         | 32.6        | 11.2        | 24.5        |
| Cu                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 5.7         | 65.3        | -      | -      | 10.3        | 19.8        | 65.2        | 46.5        | 48.9        |
| Hg                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.0         | 2.3         | -      | -      | 2.6         | 4.9         | 16.3        | 5.6         | 12.2        |
| Mn                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 5.3         | 226.0       | -      | -      | 5.2         | 9.9         | 125.7       | 124.7       | 75.0        |
| Ni                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1.6         | 100.8       | -      | -      | 5.2         | 9.9         | 32.6        | 11.2        | 24.5        |
| Pb                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.6         | 19.1        | -      | -      | 2.6         | 4.9         | 16.3        | 13.7        | 13.5        |
| Pd                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.3         | 27.1        | -      | -      | 11.6        | 4.0         | 47.4        | 7.6         | 20.1        |
| Pt                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.1         | 4.5         | -      | -      | 5.2         | 9.9         | 18.6        | 2.2         | 4.9         |
| Rh                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.1         | 4.5         | -      | -      | 2.6         | 4.9         | 28.7        | 5.6         | 12.2        |
| Sb                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.7         | 14.0        | -      | -      | 2.1         | 4.0         | 13.0        | 4.5         | 9.8         |
| Se                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 4.4         | 73.5        | -      | -      | 18.4        | 9.9         | 195.7       | 67.1        | 146.7       |
| Sn                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.2         | 18.7        | -      | -      | 5.2         | 9.9         | 56.2        | 11.2        | 24.5        |
| Te                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.1         | 9.0         | -      | -      | 46.9        | 9.9         | 32.6        | 11.2        | 24.5        |
| Ti                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 9.9         | 83.2        | -      | -      | 59.6        | 19.8        | 283.9       | 228.3       | 310.0       |
| Tl                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.1         | 4.5         | -      | -      | 2.6         | 4.9         | 16.3        | 5.6         | 12.2        |
| V                             | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 3.0         | 32.4        | -      | -      | 10.3        | 19.8        | 72.4        | 22.4        | 48.9        |
| Zn                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 65          | 1986        | -      | -      | 134         | 168         | 1262        | 2029        | 5559        |
| SO4--                         | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 8.4         | 105.7       | -      | -      | 36.9        | 31.0        | 54.4        | 68.6        | 118.8       |
| NO3-                          | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 9.9         | 74.9        | -      | -      | 41.5        | 24.5        | 28.0        | 13.9        | 38.5        |
| Cl-                           | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 1.7         | 188.1       | -      | -      | 36.3        | 98.8        | 179.7       | 339.2       | 519.9       |
| Ca                            | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 3.6         | 38.2        | -      | -      | 32.4        | 12.3        | 21.8        | 9.4         | 146.6       |
| Na                            | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 1.0         | 116.6       | -      | -      | 22.8        | 54.1        | 122.4       | 202.3       | 321.3       |
| Mg                            | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 0.3         | 15.0        | -      | -      | 6.5         | 8.5         | 12.1        | 17.1        | 41.1        |
| K                             | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 2.3         | 7.8         | -      | -      | 2.4         | 2.9         | 5.9         | 8.4         | 36.3        |
| NH4+                          | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 4.5         | 18.4        | -      | -      | 3.5         | 2.0         | 1.9         | 3.6         | 6.5         |
| <b>Metalli pesanti totali</b> | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | <b>0.11</b> | <b>3.02</b> | -      | -      | <b>0.69</b> | <b>0.41</b> | <b>4.03</b> | <b>3.20</b> | <b>7.65</b> |
| <b>Specie ioniche totali</b>  | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | <b>32</b>   | <b>565</b>  | -      | -      | <b>182</b>  | <b>234</b>  | <b>426</b>  | <b>663</b>  | <b>1229</b> |
| SO4 <sup>-</sup> non marini   | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 8.1         | 77.0        | -      | -      | 31.3        | 17.7        | 24.3        | 18.8        | 39.8        |
| SO4 <sup>-</sup> marini       | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 0.2         | 28.7        | -      | -      | 5.6         | 13.3        | 30.1        | 49.8        | 79.0        |

Le concentrazioni mensili di metalli pesanti e specie ioniche nelle deposizioni umide della postazione di **Bagni S. Agostino** sono riportate di seguito:

| Postazione                                                    | Bagni S. Agostino |             |        |        |             |             |             |             |             |          |
|---------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|--------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
|                                                               | Mese              | Aprile      | Maggio | Giugno | Luglio      | Agosto      | Settembre   | Ottobre     | Novembre    | Dicembre |
| Precipitazione [mm]                                           | 2.7               | 70.1        | -      | -      | 18.2        | 15.3        | 90.5        | 21.9        | 23.2        |          |
| Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 7                 | 163         | -      | -      | 2820        | 46          | 2261        | 547         | 581         |          |
| As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 10                | 70          | -      | -      | 18          | 15          | 90          | 22          | 23          |          |
| Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 0.6               | 10.3        | -      | -      | 1.8         | 0.8         | 9.7         | 1.1         | 1.2         |          |
| Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 0.1               | 3.5         | -      | -      | 1.8         | 1.5         | 25.4        | 2.2         | 2.3         |          |
| Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 0.8               | 3.5         | -      | -      | 1.8         | 1.5         | 9.0         | 2.2         | 2.3         |          |
| Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 0.1               | 18.2        | -      | -      | 9.1         | 7.6         | 45.2        | 10.9        | 11.6        |          |
| Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 6.9               | 104.4       | -      | -      | 35.8        | 15.3        | 90.5        | 21.9        | 23.2        |          |
| Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 0.0               | 1.8         | -      | -      | 4.6         | 3.8         | 22.6        | 5.5         | 5.8         |          |
| Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 2.0               | 254.3       | -      | -      | 9.1         | 43.3        | 223.4       | 58.7        | 62.2        |          |
| Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 4.7               | 66.9        | -      | -      | 9.1         | 7.6         | 57.3        | 10.9        | 11.6        |          |
| Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 0.1               | 7.5         | -      | -      | 9.8         | 3.8         | 22.6        | 14.6        | 5.8         |          |
| Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 0.8               | 21.0        | -      | -      | 3.6         | 3.1         | 66.0        | 8.0         | 16.2        |          |
| Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 0.1               | 3.5         | -      | -      | 9.1         | 7.6         | 21.6        | 2.2         | 2.3         |          |
| Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 0.1               | 3.5         | -      | -      | 4.6         | 3.8         | 36.2        | 5.5         | 5.8         |          |
| Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 0.4               | 6.1         | -      | -      | 3.6         | 3.1         | 18.1        | 4.4         | 4.6         |          |
| Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 12.6              | 57.6        | -      | -      | 9.1         | 7.6         | 271.4       | 65.6        | 69.7        |          |
| Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 0.4               | 14.6        | -      | -      | 9.1         | 7.6         | 103.2       | 10.9        | 11.6        |          |
| Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 2.1               | 7.0         | -      | -      | 13.7        | 7.6         | 45.2        | 10.9        | 11.6        |          |
| Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 13.7              | 56.5        | -      | -      | 28.6        | 15.3        | 412.7       | 67.1        | 39.8        |          |
| Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 0.1               | 3.5         | -      | -      | 4.6         | 3.8         | 22.6        | 5.5         | 5.8         |          |
| V [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                                | 0.1               | 25.2        | -      | -      | 18.2        | 15.3        | 90.5        | 21.9        | 23.2        |          |
| Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                               | 200               | 575         | -      | -      | 1599        | 113         | 413         | 449         | 181         |          |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/m <sup>2</sup> ]            | 6.5               | 108.1       | -      | -      | 70.4        | 25.4        | 101.4       | 95.6        | 40.6        |          |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/m <sup>2</sup> ]             | 6.4               | 63.2        | -      | -      | 42.8        | 15.6        | 89.2        | 72.8        | 43.3        |          |
| Cl <sup>-</sup> [mg/m <sup>2</sup> ]                          | 3.7               | 306.3       | -      | -      | 147.4       | 109.5       | 289.0       | 383.0       | 101.8       |          |
| Ca [mg/m <sup>2</sup> ]                                       | 5.2               | 28.5        | -      | -      | 63.4        | 9.0         | 40.9        | 66.3        | 21.2        |          |
| Na [mg/m <sup>2</sup> ]                                       | 2.3               | 182.4       | -      | -      | 82.0        | 59.3        | 169.5       | 215.3       | 57.7        |          |
| Mg [mg/m <sup>2</sup> ]                                       | 0.5               | 22.9        | -      | -      | 14.5        | 7.0         | 20.9        | 27.4        | 7.3         |          |
| K [mg/m <sup>2</sup> ]                                        | 0.9               | 10.7        | -      | -      | 7.1         | 3.0         | 15.6        | 13.8        | 9.7         |          |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/m <sup>2</sup> ]             | 0.3               | 19.7        | -      | -      | 4.5         | 3.2         | 9.7         | 8.8         | 5.5         |          |
| <b>Metalli pesanti totali</b> [mg/m <sup>2</sup> ]            | <b>0.26</b>       | <b>1.48</b> | -      | -      | <b>4.62</b> | <b>0.33</b> | <b>4.36</b> | <b>1.35</b> | <b>1.10</b> |          |
| <b>Specie ioniche totali</b> [mg/m <sup>2</sup> ]             | <b>26</b>         | <b>742</b>  | -      | -      | <b>432</b>  | <b>232</b>  | <b>736</b>  | <b>883</b>  | <b>287</b>  |          |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> non marini [mg/m <sup>2</sup> ] | 5.9               | 63.2        | -      | -      | 50.2        | 10.8        | 59.7        | 42.7        | 26.4        |          |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> marini [mg/m <sup>2</sup> ]     | 0.6               | 44.9        | -      | -      | 20.2        | 14.6        | 41.7        | 53.0        | 14.2        |          |

Nelle figure che seguono, sono confrontati gli andamenti delle concentrazioni mensili di **metalli pesanti** significativi nelle deposizioni umide del 2007:



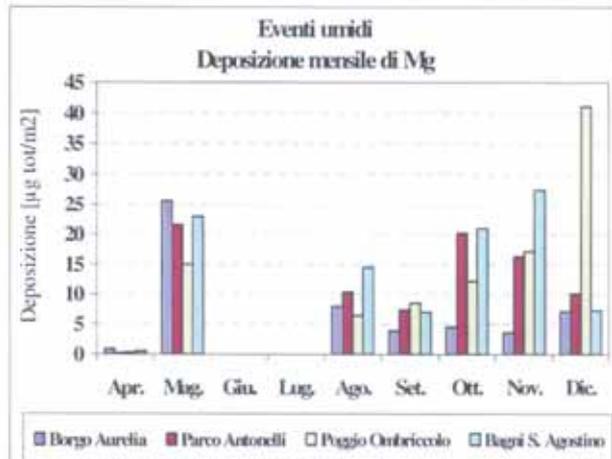
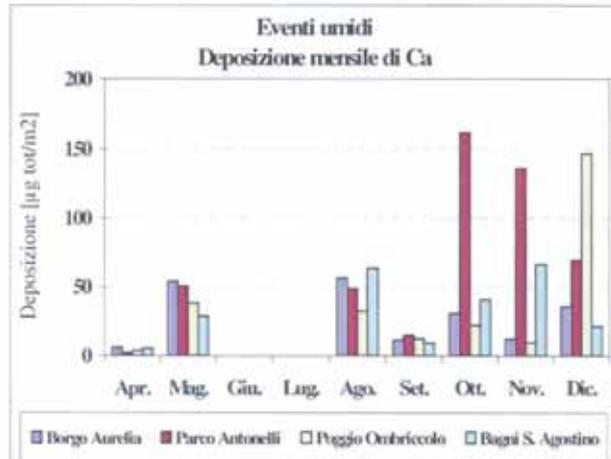
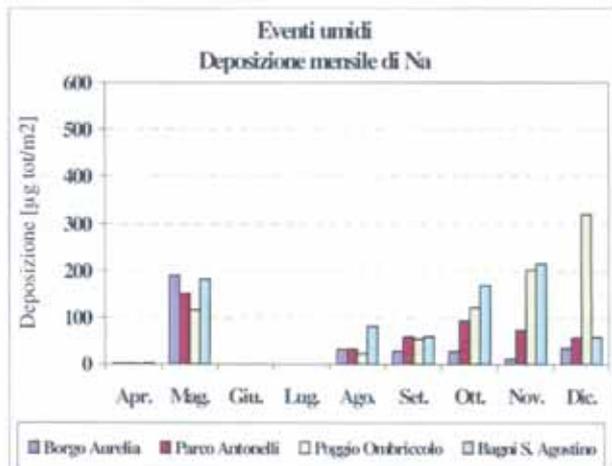
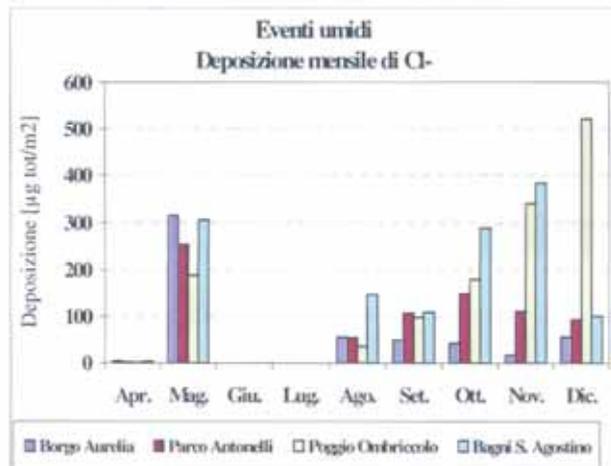
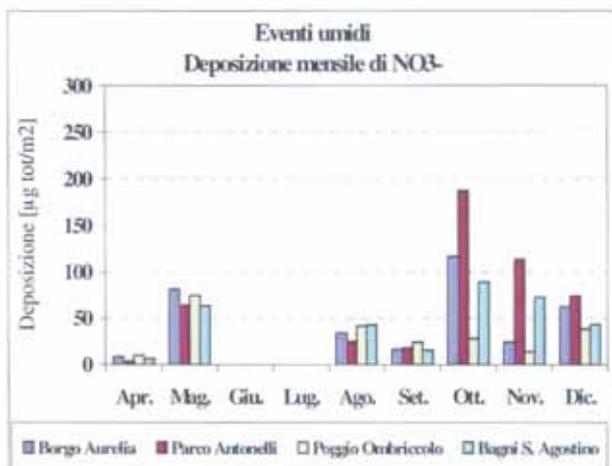
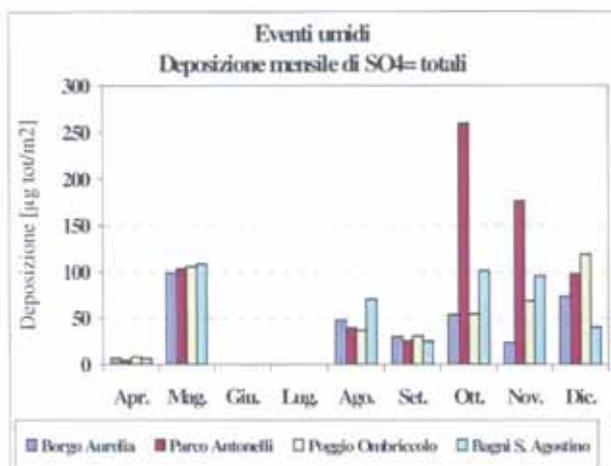


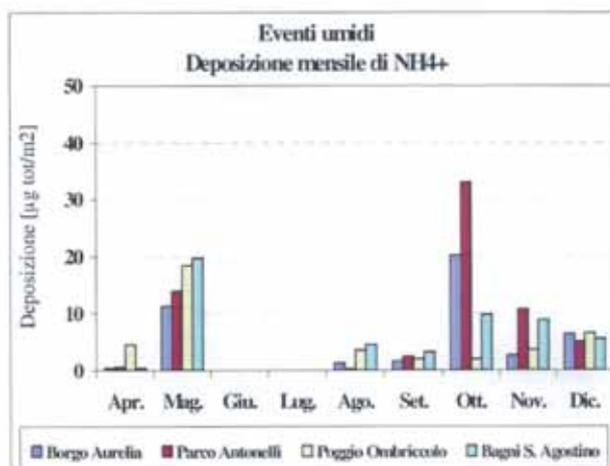
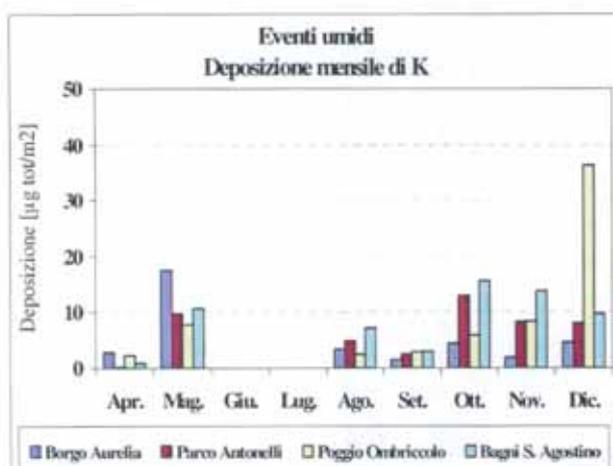
Facendo riferimento alle tabelle e figure precedenti, si possono fare alcune considerazioni relativamente ai metalli pesanti nelle deposizioni umide:

- per tutte le postazioni, il maggiore apporto di metalli da deposizioni umide si è avuto in maggio e ottobre a causa delle elevate precipitazioni avvenute in questi due mesi;
- i metalli pesanti maggiormente presenti nelle deposizioni umide sono stati Al, Mn, Ti e Zn;
- non sembra esserci stata una postazione sistematicamente interessata da deposizioni più abbondanti di metalli pesanti ma saltuariamente si hanno deposizioni più elevate di qualche metallo che sembrano più legate ad apporti terrigeni o ad eventi locali che ad attività antropiche diffuse (ad es.:

Al in agosto a Bagni S. Agostino; Cd in maggio a Borgo Aurelia, Zn tra ottobre e dicembre a Poggio Ombriccolo).

Nelle figure che seguono, sono confrontati invece gli andamenti delle concentrazioni mensili di specie ioniche nelle deposizioni umide:





Per quanto riguarda le specie ioniche, si notino le elevate deposizioni di solfati, nitrati, calcio e ammonio nella postazione di Parco Antonelli avvenute tra ottobre e dicembre. Ciò dovrebbe essere dipeso dal dilavamento della atmosfera sovrastante la zona più urbanizzata che ha trascinato a terra gli ossidi di azoto e zolfo. Dalle tabelle precedenti, infatti, il contributo di solfati marini alla quantità di solfati totali è stato modesto per la postazione di Parco Antonelli, così come per la postazione di Borgo Aurelia, mentre è stato spesso preponderante in ottobre e novembre per le postazioni di Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino.

I sali marini sono state le specie ioniche più abbondanti nelle deposizioni umide, con particolare evidenza nei mesi da ottobre a dicembre per le postazioni di Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino, dove si sono riscontrate elevate deposizioni di sodio e cloruri. Ciò ha influito non solo sulla deposizione dei solfati ma anche su quella di Ca, Mg e K anch'essi componenti dei sali marini.

La conferma della presenza di sali marini si ha dalla valutazione del rapporto in massa tra Na e Cl che, per l'acqua di mare è pari 0,56. Nella tabella sottostante sono riportati i valori dei rapporti Na/Cl nei campioni di deposizioni umide:

| Postazione        | Data Inizio | Data Fine | Na/Cl mass ratio |
|-------------------|-------------|-----------|------------------|
| Borgo Aurelia     | 25.04.07    | 01.05.07  | 0.41             |
| Parco Antonelli   | 25.04.07    | 01.05.07  | <b>0.57</b>      |
| Poggio Ombriccolo | 25.04.07    | 01.05.07  | <b>0.60</b>      |
| Bagni S. Agostino | 25.04.07    | 01.05.07  | 0.62             |
| Borgo Aurelia     | 01.05.07    | 07.05.07  | 0.68             |
| Parco Antonelli   | 01.05.07    | 07.05.07  | 0.64             |
| Poggio Ombriccolo | 01.05.07    | 07.05.07  | 0.69             |
| Bagni S. Agostino | 01.05.07    | 07.05.07  | 0.66             |
| Borgo Aurelia     | 25.05.07    | 31.05.07  | <b>0.59</b>      |
| Parco Antonelli   | 25.05.07    | 31.05.07  | <b>0.59</b>      |
| Poggio Ombriccolo | 25.05.07    | 31.05.07  | <b>0.60</b>      |
| Bagni S. Agostino | 25.05.07    | 31.05.07  | <b>0.58</b>      |
| Borgo Aurelia     | 31.05.07    | 06.06.07  | <b>0.58</b>      |
| Poggio Ombriccolo | 31.05.07    | 06.06.07  | 0.67             |
| Bagni S. Agostino | 31.05.07    | 06.06.07  | 0.62             |
| Borgo Aurelia     | 05.08.07    | 11.08.07  | <b>0.56</b>      |
| Parco Antonelli   | 05.08.07    | 11.08.07  | <b>0.60</b>      |
| Poggio Ombriccolo | 05.08.07    | 11.08.07  | <b>0.58</b>      |
| Bagni S. Agostino | 05.08.07    | 11.08.07  | <b>0.52</b>      |
| Borgo Aurelia     | 23.08.07    | 29.08.07  | <b>0.56</b>      |
| Parco Antonelli   | 23.08.07    | 29.08.07  | <b>0.58</b>      |

| Postazione        | Data Inizio | Data Fine | Na/Cl mass ratio |
|-------------------|-------------|-----------|------------------|
| Poggio Ombriccolo | 23.08.07    | 29.08.07  | 0.68             |
| Bagni S. Agostino | 23.08.07    | 29.08.07  | <b>0.58</b>      |
| Borgo Aurelia     | 22.09.07    | 28.09.07  | <b>0.57</b>      |
| Parco Antonelli   | 22.09.07    | 28.09.07  | <b>0.55</b>      |
| Poggio Ombriccolo | 22.09.07    | 28.09.07  | <b>0.55</b>      |
| Bagni S. Agostino | 22.09.07    | 28.09.07  | <b>0.54</b>      |
| Bagni S. Agostino | 4.10.07     | 10.10.07  | 0.62             |
| Borgo Aurelia     | 4.10.07     | 10.10.07  | 0.64             |
| Parco Antonelli   | 4.10.07     | 10.10.07  | 0.70             |
| Poggio Ombriccolo | 4.10.07     | 10.10.07  | 0.62             |
| Bagni S. Agostino | 16.10.07    | 22.10.07  | 0.62             |
| Borgo Aurelia     | 16.10.07    | 22.10.07  | <b>0.58</b>      |
| Parco Antonelli   | 16.10.07    | 22.10.07  | 0.71             |
| Poggio Ombriccolo | 16.10.07    | 22.10.07  | 0.63             |
| Bagni S. Agostino | 22.10.07    | 28.10.07  | <b>0.61</b>      |
| Borgo Aurelia     | 22.10.07    | 28.10.07  | <b>0.57</b>      |
| Parco Antonelli   | 22.10.07    | 28.10.07  | 0.62             |
| Poggio Ombriccolo | 22.10.07    | 28.10.07  | 0.64             |
| Bagni S. Agostino | 28.10.07    | 3.11.07   | 0.67             |
| Borgo Aurelia     | 28.10.07    | 3.11.07   | 0.63             |
| Parco Antonelli   | 28.10.07    | 3.11.07   | 0.64             |
| Poggio Ombriccolo | 28.10.07    | 3.11.07   | 0.64             |
| Bagni S. Agostino | 9.11.07     | 15.11.07  | <b>0.59</b>      |
| Borgo Aurelia     | 9.11.07     | 15.11.07  | <b>0.54</b>      |
| Parco Antonelli   | 9.11.07     | 15.11.07  | <b>0.56</b>      |
| Poggio Ombriccolo | 9.11.07     | 15.11.07  | <b>0.57</b>      |
| Bagni S. Agostino | 21.11.07    | 27.11.07  | <b>0.59</b>      |
| Borgo Aurelia     | 21.11.07    | 27.11.07  | 0.80             |
| Parco Antonelli   | 21.11.07    | 27.11.07  | 0.88             |
| Poggio Ombriccolo | 21.11.07    | 27.11.07  | 1.09             |
| Bagni S. Agostino | 3.12.07     | 9.12.07   | 0.71             |
| Poggio Ombriccolo | 3.12.07     | 9.12.07   | <b>0.57</b>      |
| Bagni S. Agostino | 9.12.07     | 15.12.07  | 0.64             |
| Borgo Aurelia     | 9.12.07     | 15.12.07  | <b>0.56</b>      |
| Parco Antonelli   | 9.12.07     | 15.12.07  | <b>0.56</b>      |
| Poggio Ombriccolo | 9.12.07     | 15.12.07  | <b>0.57</b>      |
| Bagni S. Agostino | 21.12.07    | 27.12.07  | 1.09             |
| Borgo Aurelia     | 21.12.07    | 27.12.07  | 1.18             |
| Parco Antonelli   | 21.12.07    | 27.12.07  | <b>0.57</b>      |
| Poggio Ombriccolo | 21.12.07    | 27.12.07  | 0.63             |

Nella tabella precedente sono stati evidenziati con sfondo azzurro i campioni in cui il rapporto Na/Cl rimane compreso entro  $\pm$  il 10% del rapporto nell'acqua di mare. Questi campioni possono essere considerati influenzati da masse di aria marina di origine molto recente. E' noto dalla letteratura<sup>(14)</sup> che masse di aria marina meno recenti subiscono un progressivo impoverimento del contenuto di Cl<sup>-</sup> a causa della reazione con HNO<sub>3</sub> che porta alla formazione di HCL, il quale si volatilizza. La conseguenza è che nelle precipitazioni umide si può avere un rapporto Na/Cl anche molto maggiore di 0,56. Anche adottando il criterio di identificazione più restrittivo, la presenza di cloruro di sodio nella maggior parte dei campioni è molto evidente e ciò influisce, come già introdotto, sulla deposizione di altre specie ioniche comunque presenti nello spray marino.

<sup>14</sup> D. Moller (1990), Tellus B 42, 254-262

Nella tabella che segue sono riassunte le **deposizioni totali annue di metalli pesanti e specie ioniche** avvenute nel 2007 e dovute a precipitazioni umide:

| Postazione                               |                              | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|------------------------------------------|------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Al                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 3603          | 4418            | 4063              | 6424              |
| As                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 214           | 237             | 262               | 249               |
| Be                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 22            | 28              | 28                | 25                |
| Cd                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 38            | 21              | 22                | 37                |
| Co                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 18            | 21              | 22                | 21                |
| Cr                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 82            | 97              | 91                | 103               |
| Cu                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 379           | 212             | 262               | 298               |
| Hg                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 39            | 46              | 44                | 44                |
| Mn                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 740           | 513             | 572               | 653               |
| Ni                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 162           | 153             | 186               | 168               |
| Pb                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 61            | 56              | 71                | 64                |
| Pd                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 107           | 123             | 118               | 119               |
| Pt                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 43            | 52              | 45                | 46                |
| Rh                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 58            | 83              | 59                | 59                |
| Sb                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 42            | 46              | 48                | 40                |
| Se                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 440           | 574             | 516               | 494               |
| Sn                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 140           | 108             | 126               | 158               |
| Te                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 83            | 96              | 134               | 98                |
| Ti                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1141          | 657             | 995               | 634               |
| Tl                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 41            | 47              | 46                | 46                |
| V                                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 243           | 322             | 209               | 194               |
| Zn                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 7511          | 1388            | 11204             | 3531              |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 335'288       | 706'861         | 423'797           | 447'965           |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>             | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 344'950       | 487'553         | 231'365           | 333'213           |
| Cl <sup>-</sup>                          | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 540'158       | 772'179         | 1'363'740         | 1'340'620         |
| Ca                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 205'588       | 483'245         | 264'292           | 234'639           |
| Na                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 323'453       | 467'898         | 840'507           | 768'546           |
| Mg                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 53'743        | 85'924          | 100'560           | 100'462           |
| K                                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 36'076        | 46'476          | 65'971            | 60'786            |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>             | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 43'612        | 65'824          | 40'401            | 51'756            |
| <b>Metalli pesanti totali</b>            | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | <b>15.2</b>   | <b>9.3</b>      | <b>19.1</b>       | <b>13.5</b>       |
| <b>Specie ioniche totali</b>             | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | <b>1883</b>   | <b>3116</b>     | <b>3331</b>       | <b>3338</b>       |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> non marini | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 256           | 592             | 217               | 259               |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> marini     | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 80            | 115             | 207               | 189               |
| NaCl                                     | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 864           | 1240            | 2204              | 2109              |

Come si può osservare, le deposizioni più abbondanti sono state dovute alle specie ioniche e, tra queste, quella attribuibile al cloruro di sodio come sale (NaCl) è stata preponderante, variando tra gli 0,8  $\text{g}/\text{m}^2$  depositati complessivamente nella postazione di Borgo Aurelia agli oltre 2  $\text{g}/\text{m}^2$  depositati nelle postazioni di Poggio Ombriccolo e Bagni S. Agostino.

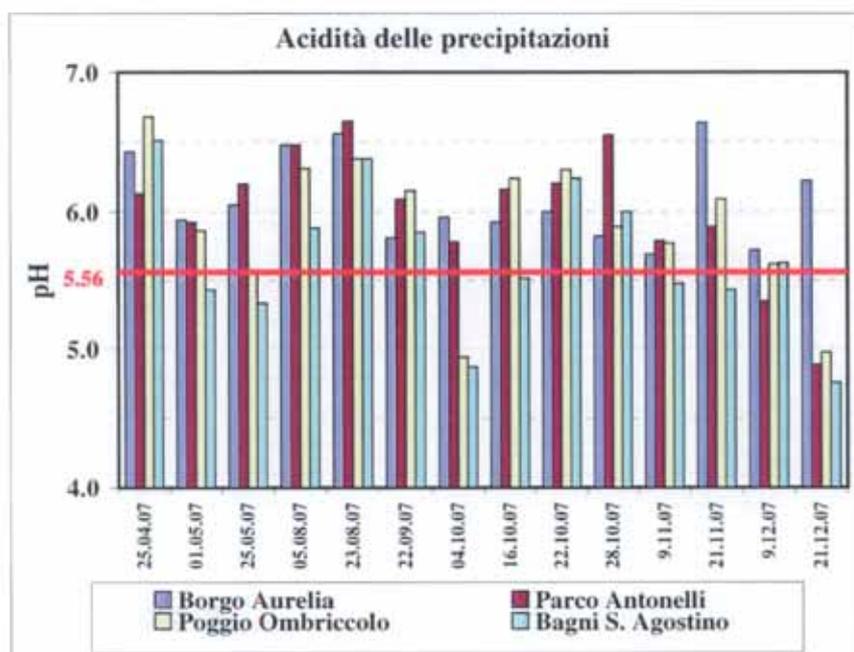
Nella tabella sottostante, è stato invece riportato il rateo di deposizione medio giornaliero da deposizioni umide di ciascun metallo pesante e specie ionica determinato ed espresso in  $\mu\text{g tot}/\text{m}^2/\text{d}$  o  $\text{mg tot}/\text{m}^2/\text{d}$ :

| Postazione                    |                                     | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|-------------------------------|-------------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Al                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 13.2          | 16.2            | 14.9              | 23.5              |
| As                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.78          | 0.87            | 0.96              | 0.91              |
| Be                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.08          | 0.10            | 0.10              | 0.09              |
| Cd                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.14          | 0.08            | 0.08              | 0.14              |
| Co                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.07          | 0.08            | 0.08              | 0.08              |
| Cr                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.30          | 0.36            | 0.33              | 0.38              |
| Cu                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 1.39          | 0.78            | 0.96              | 1.09              |
| Hg                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.14          | 0.17            | 0.16              | 0.16              |
| Mn                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 2.71          | 1.88            | 2.09              | 2.39              |
| Ni                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.59          | 0.56            | 0.68              | 0.62              |
| Pb                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.22          | 0.20            | 0.26              | 0.24              |
| Pd                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.39          | 0.45            | 0.43              | 0.44              |
| Pt                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.16          | 0.19            | 0.17              | 0.17              |
| Rh                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.21          | 0.30            | 0.21              | 0.22              |
| Sb                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.15          | 0.17            | 0.18              | 0.15              |
| Se                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 1.61          | 2.10            | 1.89              | 1.81              |
| Sn                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.51          | 0.40            | 0.46              | 0.58              |
| Tc                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.30          | 0.35            | 0.49              | 0.36              |
| Ti                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 4.18          | 2.41            | 3.64              | 2.32              |
| Tl                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.15          | 0.17            | 0.17              | 0.17              |
| V                             | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.89          | 1.18            | 0.77              | 0.71              |
| Zn                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 27.5          | 5.1             | 41.0              | 12.9              |
| SO4--                         | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 1228          | 2589            | 1552              | 1641              |
| NO3-                          | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 1264          | 1786            | 847               | 1221              |
| Cl-                           | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 1979          | 2828            | 4995              | 4911              |
| Ca                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 753           | 1770            | 968               | 859               |
| Na                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 1185          | 1714            | 3079              | 2815              |
| Mg                            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 197           | 315             | 368               | 368               |
| K                             | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 132           | 170             | 242               | 223               |
| NH4+                          | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 160           | 241             | 148               | 190               |
| <b>Metalli pesanti totali</b> | $[\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}]$   | <b>0.06</b>   | <b>0.03</b>     | <b>0.07</b>       | <b>0.05</b>       |
| <b>Specie ioniche totali</b>  | $[\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}]$   | <b>6.9</b>    | <b>11.4</b>     | <b>12.2</b>       | <b>12.2</b>       |

Il minore rateo di deposizione giornaliera di specie ioniche si è avuto nella postazione di Borgo Aurelia ed è circa la metà di quello riscontrato nelle altre postazioni. Per quanto invece riguarda i ratei di deposizione di metalli pesanti, la minima velocità di deposizione giornaliera si è avuta a Parco Antonelli.

Per quanto concerne l'apporto di acidità al terreno dato dagli eventi umidi, esso risulta poco significativo. Infatti, il pH misurato nelle precipitazioni, nella maggior parte dei casi, non può considerarsi acido se si considera che il pH naturale di una pioggia deve essere pari a 5,56. Come è noto,

tale pH è dovuto alla reazione di equilibrio tra la CO<sub>2</sub> atmosferica e la fase acquosa aerodispersa che forma acido carbonico, un acido debole. Nella figura che segue sono riportati sotto forma di istogramma i valori di pH riscontrati nelle deposizioni umide:



Appare evidente dalla figura precedente che in pochi eventi si è misurato un pH inferiore a 5.56 e solo in cinque eventi si è misurato un pH compreso tra 4.5 e 5.

Un ulteriore modo per valutare l'acidità delle precipitazioni in funzione delle caratteristiche del sito è quello di calcolare il rapporto tra H<sup>+</sup> e somma di solfati e nitrati, tutti espressi in meq/L, e da questo calcolare la % di acidità neutralizzata. Infatti, l'acidità atmosferica è data dalla presenza di acido solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e nitrico (HNO<sub>3</sub>). Se questi due acidi vengono neutralizzati da sali alcalini aerodispersi o ammoniaca, la precipitazione appare neutra (fatto salvo l'equilibrio dell'acido carbonico). Ovviamente, a questo meccanismo di neutralizzazione contribuiscono significativamente le polveri cristalli, locali o da trasporto da lunga distanza, sospese in aria. Nel caso delle precipitazioni di Civitavecchia, dalla tabella sottostante si può osservare che l'acidità neutralizzata è variata tra 82 e 100%, confermando gli effetti di neutralizzazione da sostanze alcaline.

| Postazione         | Data Inizio | Data Fine | pH   | H <sup>+</sup> /(S04+NO3) | % Acidità neutralizzata |
|--------------------|-------------|-----------|------|---------------------------|-------------------------|
| Borgo Aurelia      | 25.4.07     | 1.5.07    | 6.43 | 0.002                     | 100                     |
| Parco Antonelli    | 25.4.07     | 1.5.07    | 6.13 | 0.009                     | 99                      |
| Poggio Ombriccolo  | 25.4.07     | 1.5.07    | 6.68 | 0.001                     | 100                     |
| Bagni S. Agostino  | 25.4.07     | 1.5.07    | 6.51 | 0.004                     | 100                     |
| Borgo Aurelia      | 1.5.07      | 7.5.07    | 5.94 | 0.022                     | 98                      |
| Parco Antonelli    | 1.5.07      | 7.5.07    | 5.92 | 0.022                     | 98                      |
| Poggio Ombriccolo  | 1.5.07      | 7.5.07    | 5.86 | 0.039                     | 96                      |
| Bagni S. Agostino  | 1.5.07      | 7.5.07    | 5.43 | 0.094                     | 91                      |
| Borgo Aurelia      | 25.5.07     | 31.5.07   | 6.05 | 0.013                     | 99                      |
| Parco Antonelli    | 25.5.07     | 31.5.07   | 6.20 | 0.008                     | 99                      |
| Poggio. Ombriccolo | 25.5.07     | 31.5.07   | 5.56 | 0.061                     | 94                      |
| Bagni S. Agostino  | 25.5.07     | 31.5.07   | 5.33 | 0.072                     | 93                      |

| Postazione        | Data Inizio | Data Fine | pH   | H <sup>+</sup> /(S04+NO3) | % Acidità neutralizzata |
|-------------------|-------------|-----------|------|---------------------------|-------------------------|
| Borgo Aurelia     | 31.5.07     | 6.6.07    | 6.04 | 0.016                     | 98                      |
| Poggio Ombriccolo | 31.5.07     | 6.6.07    | 5.45 | 0.109                     | 89                      |
| Bagni S. Agostino | 31.5.07     | 6.6.07    | 5.68 | 0.054                     | 95                      |
| Borgo Aurelia     | 05.08.07    | 11.08.07  | 6.48 | 0.001                     | 100                     |
| Parco Antonelli   | 05.08.07    | 11.08.07  | 6.48 | 0.002                     | 100                     |
| Poggio Ombriccolo | 05.08.07    | 11.08.07  | 6.31 | 0.004                     | 100                     |
| Bagni S. Agostino | 05.08.07    | 11.08.07  | 5.88 | 0.014                     | 99                      |
| Borgo Aurelia     | 23.08.07    | 29.08.07  | 6.56 | 0.001                     | 100                     |
| Parco Antonelli   | 23.08.07    | 29.08.07  | 6.65 | 0.001                     | 100                     |
| Poggio Ombriccolo | 23.08.07    | 29.08.07  | 6.38 | 0.003                     | 100                     |
| Bagni S. Agostino | 23.08.07    | 29.08.07  | 6.38 | 0.003                     | 100                     |
| Borgo Aurelia     | 22.09.07    | 28.09.07  | 5.81 | 0.033                     | 97                      |
| Parco Antonelli   | 22.09.07    | 28.09.07  | 6.09 | 0.020                     | 98                      |
| Poggio Ombriccolo | 22.09.07    | 28.09.07  | 6.15 | 0.013                     | 99                      |
| Bagni S. Agostino | 22.09.07    | 28.09.07  | 5.85 | 0.028                     | 97                      |
| Borgo Aurelia     | 04.10.07    | 10.10.07  | 5.96 | 0.007                     | 99                      |
| Parco Antonelli   | 04.10.07    | 10.10.07  | 5.78 | 0.010                     | 99                      |
| Poggio Ombriccolo | 04.10.07    | 10.10.07  | 4.94 | 0.119                     | 88                      |
| Bagni S. Agostino | 04.10.07    | 10.10.07  | 4.87 | 0.085                     | 91                      |
| Borgo Aurelia     | 16.10.07    | 22.10.07  | 5.92 | 0.017                     | 98                      |
| Parco Antonelli   | 16.10.07    | 22.10.07  | 6.16 | 0.007                     | 99                      |
| Poggio Ombriccolo | 16.10.07    | 22.10.07  | 6.24 | 0.005                     | 99                      |
| Bagni S. Agostino | 16.10.07    | 22.10.07  | 5.52 | 0.057                     | 94                      |
| Borgo Aurelia     | 22.10.07    | 28.10.07  | 6.00 | 0.017                     | 98                      |
| Parco Antonelli   | 22.10.07    | 28.10.07  | 6.20 | 0.015                     | 99                      |
| Poggio Ombriccolo | 22.10.07    | 28.10.07  | 6.30 | 0.007                     | 99                      |
| Bagni S. Agostino | 22.10.07    | 28.10.07  | 6.24 | 0.009                     | 99                      |
| Borgo Aurelia     | 28.10.07    | 3.11.07   | 5.82 | 0.023                     | 98                      |
| Parco Antonelli   | 28.10.07    | 3.11.07   | 6.55 | 0.005                     | 100                     |
| Poggio Ombriccolo | 28.10.07    | 3.11.07   | 5.89 | 0.020                     | 98                      |
| Bagni S. Agostino | 28.10.07    | 3.11.07   | 5.92 | 0.015                     | 98                      |
| Borgo Aurelia     | 9.11.07     | 15.11.07  | 5.69 | 0.024                     | 98                      |
| Parco Antonelli   | 9.11.07     | 15.11.07  | 5.79 | 0.020                     | 98                      |
| Poggio Ombriccolo | 9.11.07     | 15.11.07  | 5.77 | 0.016                     | 98                      |
| Bagni S. Agostino | 9.11.07     | 15.11.07  | 5.47 | 0.046                     | 95                      |
| Borgo Aurelia     | 21.11.07    | 27.11.07  | 6.64 | 0.003                     | 100                     |
| Parco Antonelli   | 21.11.07    | 27.11.07  | 5.89 | 0.033                     | 97                      |
| Poggio Ombriccolo | 21.11.07    | 27.11.07  | 6.09 | 0.009                     | 99                      |
| Bagni S. Agostino | 21.11.07    | 27.11.07  | 5.43 | 0.043                     | 96                      |
| Poggio Ombriccolo | 3.12.07     | 9.12.07   | 4.59 | 0.147                     | 85                      |
| Bagni S. Agostino | 3.12.07     | 9.12.07   | 5.53 | 0.094                     | 91                      |
| Borgo Aurelia     | 9.12.07     | 15.12.07  | 5.72 | 0.029                     | 97                      |
| Parco Antonelli   | 9.12.07     | 15.12.07  | 5.35 | 0.096                     | 90                      |
| Poggio Ombriccolo | 9.12.07     | 15.12.07  | 5.62 | 0.051                     | 95                      |
| Bagni S. Agostino | 9.12.07     | 15.12.07  | 5.63 | 0.035                     | 96                      |
| Borgo Aurelia     | 21.12.07    | 27.12.07  | 6.22 | 0.012                     | 99                      |
| Parco Antonelli   | 21.12.07    | 27.12.07  | 4.89 | 0.120                     | 88                      |
| Poggio Ombriccolo | 21.12.07    | 27.12.07  | 4.98 | 0.119                     | 88                      |
| Bagni S. Agostino | 21.12.07    | 27.12.07  | 4.76 | 0.185                     | 82                      |

### 3.4.1.2 Idrocarburi aromatici policiclici (IPA) nelle deposizioni umide

Le analisi chimiche di caratterizzazione degli IPA nelle deposizioni umide hanno messo in evidenza un modestissimo contenuto di tali composti. In tutti i campioni, inoltre, sono stati rilevati solo IPA a 2 o 3 anelli, i più volatili tra quelli determinati, con frequente presenza soprattutto di derivati alchilati. Ciò non è singolare in quanto gli IPA pesanti in aria sono associati al particolato e, nelle deposizioni umide ("wet only"), mancando quest'ultimo, è raro riscontrare concentrazioni significative di IPA.

Nelle tabelle che seguono, sono riportati i valori di **deposizione totale per m<sup>2</sup>** nel periodo di indagine, calcolati utilizzando le concentrazioni riscontrate nei campioni o la metà del limite di rivelabilità (LdR), in accordo con quanto riportato nel rapporto ISTISAN 06/38 (v. par. 3.4).

I valori della postazione di **Borgo Aurelia** sono riportati di seguito:

| Postazione              |                       | Borgo Aurelia |             |        |        |             |            |             |             |             |
|-------------------------|-----------------------|---------------|-------------|--------|--------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Mese                    |                       | Aprile        | Maggio      | Giugno | Luglio | Agosto      | Settembre  | Ottobre     | Novembre    | Dicembre    |
| Precipitazione          | [mm]                  | 2.5           | 76.5        | 0      | 0      | 3.1         | 19.3       | 78.5        | 18.1        | 24.8        |
| Naftalene               | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 271         | -      | -      | 35          | 18         | 765         | 450         | 801         |
| 2-Metilnaftalene        | [ng /m <sup>2</sup> ] | 79            | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 457         | 932         | 273         |
| 1-Metilnaftalene        | [ng /m <sup>2</sup> ] | 81            | 53          | -      | -      | 2405        | 18         | 642         | 541         | 676         |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng /m <sup>2</sup> ] | 114           | 53          | -      | -      | 591         | 18         | 191         | 318         | 426         |
| Acenaftilene            | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 123         | 35          | 53          |
| Acenaftene              | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 71          | 135         | 102         |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 176         | -      | -      | 35          | 18         | 1906        | 2045        | 1312        |
| Fluorene                | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 102         | -      | -      | 35          | 18         | 114         | 80          | 70          |
| Fenantrene              | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 278         | -      | -      | 35          | 18         | 575         | 477         | 306         |
| Antracene               | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 71          | 35          | 35          |
| 1-Metilfenantrene       | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 276         | -      | -      | 35          | 18         | 389         | 776         | 35          |
| Fluorantene             | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 420         | 277         | 193         |
| Pirene                  | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 263         | 205         | 117         |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 71          | 54          | 35          |
| Benzo[a]antracene       | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 99          | 72          | 35          |
| Crisene                 | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18            | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 135         | 136         | 80          |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44            | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 251         | 258         | 106         |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44            | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Benzo[e]pirene          | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44            | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Benzo[a]pirene          | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44            | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Perilene                | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44            | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44            | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44            | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44            | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44            | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44            | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44            | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44            | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| <b>Totale</b>           | [ng /m <sup>2</sup> ] | <b>1033</b>   | <b>3274</b> | -      | -      | <b>4548</b> | <b>812</b> | <b>8870</b> | <b>7991</b> | <b>5819</b> |

I valori riscontrati nella postazione di **Parco Antonelli** sono mostrati nella tabella sottostante:

| Postazione                                    | Parco Antonelli |             |          |          |             |             |             |             |              |          |
|-----------------------------------------------|-----------------|-------------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------|
|                                               | Mese            | Aprile      | Maggio   | Giugno   | Luglio      | Agosto      | Settembre   | Ottobre     | Novembre     | Dicembre |
| Precipitazione [mm]                           | 2.5             | 65.5        | 0        | 0        | 5.7         | 20.8        | 94.1        | 16.3        | 23.8         |          |
| Naftalene [ng /m <sup>3</sup> ]               | 18              | 186         | -        | -        | 35          | 212         | 625         | 107         | 3046         |          |
| 2-Metilnaftalene [ng /m <sup>3</sup> ]        | 18              | 53          | -        | -        | 35          | 18          | 1148        | 178         | 823          |          |
| 1-Metilnaftalene [ng /m <sup>3</sup> ]        | 18              | 150         | -        | -        | 1535        | 361         | 630         | 108         | 1176         |          |
| 2,6-Dimetilnaftalene [ng /m <sup>3</sup> ]    | 18              | 53          | -        | -        | 558         | 18          | 366         | 328         | 448          |          |
| Acenaftilene [ng /m <sup>3</sup> ]            | 18              | 53          | -        | -        | 35          | 18          | 348         | 35          | 39           |          |
| Acenaftene [ng /m <sup>3</sup> ]              | 18              | 53          | -        | -        | 35          | 18          | 53          | 239         | 67           |          |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene [ng /m <sup>3</sup> ] | 18              | 53          | -        | -        | 35          | 18          | 935         | 2416        | 3431         |          |
| Fluorene [ng /m <sup>3</sup> ]                | 18              | 107         | -        | -        | 35          | 18          | 117         | 173         | 55           |          |
| Fenantrene [ng /m <sup>3</sup> ]              | 18              | 302         | -        | -        | 35          | 18          | 488         | 674         | 157          |          |
| Antracene [ng /m <sup>3</sup> ]               | 18              | 53          | -        | -        | 35          | 18          | 53          | 35          | 18           |          |
| 1-Metilfenantrene [ng /m <sup>3</sup> ]       | 18              | 275         | -        | -        | 35          | 18          | 621         | 103         | 47           |          |
| Fluorantene [ng /m <sup>3</sup> ]             | 18              | 142         | -        | -        | 35          | 18          | 370         | 243         | 128          |          |
| Pirene [ng /m <sup>3</sup> ]                  | 18              | 53          | -        | -        | 35          | 18          | 312         | 191         | 88           |          |
| Ciclopenta[c,d]pirene [ng /m <sup>3</sup> ]   | 18              | 53          | -        | -        | 35          | 18          | 53          | 35          | 18           |          |
| Benzo[a]antracene [ng /m <sup>3</sup> ]       | 18              | 53          | -        | -        | 35          | 18          | 80          | 60          | 18           |          |
| Crisene [ng /m <sup>3</sup> ]                 | 18              | 53          | -        | -        | 35          | 18          | 174         | 97          | 74           |          |
| Benzo[b+j]fluorantene [ng /m <sup>3</sup> ]   | 44              | 132         | -        | -        | 88          | 44          | 219         | 150         | 90           |          |
| Benzo[k]fluorantene [ng /m <sup>3</sup> ]     | 44              | 132         | -        | -        | 88          | 44          | 159         | 106         | 53           |          |
| Benzo[e]pirene [ng /m <sup>3</sup> ]          | 44              | 132         | -        | -        | 88          | 44          | 159         | 106         | 53           |          |
| Benzo[a]pirene [ng /m <sup>3</sup> ]          | 44              | 132         | -        | -        | 88          | 44          | 159         | 106         | 53           |          |
| Perilene [ng /m <sup>3</sup> ]                | 44              | 132         | -        | -        | 88          | 44          | 159         | 106         | 53           |          |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng /m <sup>3</sup> ]  | 44              | 132         | -        | -        | 88          | 44          | 159         | 106         | 53           |          |
| Dibenzo[a, h]antracene [ng /m <sup>3</sup> ]  | 44              | 132         | -        | -        | 88          | 44          | 159         | 106         | 53           |          |
| Benzo[g,h,i]perilene [ng /m <sup>3</sup> ]    | 44              | 132         | -        | -        | 88          | 44          | 159         | 106         | 53           |          |
| Dibenzo[a,e]pirene [ng /m <sup>3</sup> ]      | 44              | 132         | -        | -        | 88          | 44          | 159         | 106         | 53           |          |
| Dibenzo[a,h]pirene [ng /m <sup>3</sup> ]      | 44              | 132         | -        | -        | 88          | 44          | 159         | 106         | 53           |          |
| Dibenzo[a,i]pirene [ng /m <sup>3</sup> ]      | 44              | 132         | -        | -        | 88          | 44          | 159         | 106         | 53           |          |
| Dibenzo[a, l]pirene [ng /m <sup>3</sup> ]     | 44              | 132         | -        | -        | 88          | 44          | 159         | 106         | 53           |          |
| <b>Totale</b> [ng /m <sup>3</sup> ]           | <b>812</b>      | <b>3279</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>3646</b> | <b>1349</b> | <b>8339</b> | <b>6338</b> | <b>10305</b> |          |

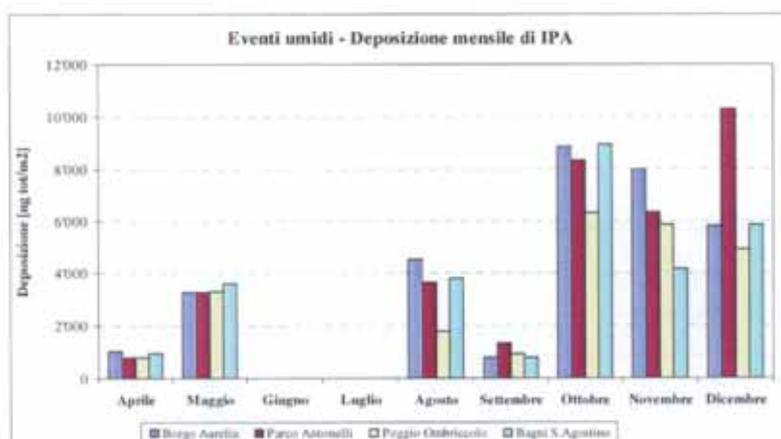
I valori relativi alla postazione di **Poggio Ombriccolo** sono mostrati di seguito:

| Postazione              |                       | Poggio Ombriccolo |             |        |        |             |            |             |             |             |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|-------------|--------|--------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Mese                    |                       | Aprile            | Maggio      | Giugno | Luglio | Agosto      | Settembre  | Ottobre     | Novembre    | Dicembre    |
| Precipitazione          | [mm]                  | 2.8               | 82.0        | 0      | 0      | 10.4        | 21.3       | 62.1        | 21.7        | 40.5        |
| Naftalene               | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 315         | -      | -      | 208         | 143        | 462         | 234         | 558         |
| 2-Metilnaftalene        | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 177         | -      | -      | 35          | 18         | 328         | 262         | 106         |
| 1-Metilnaftalene        | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 283         | -      | -      | 35          | 18         | 398         | 175         | 218         |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 352         | 263         | 103         |
| Acenaftilene            | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 71          | 35          | 55          |
| Acenaftene              | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 109         | 169         | 113         |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 648         | 2035        | 970         |
| Fluorene                | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 71          | 103         | 111         |
| Fenantrene              | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 197         | -      | -      | 35          | 18         | 285         | 411         | 406         |
| Antracene               | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 71          | 35          | 35          |
| 1-Metilfenantrene       | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 160         | -      | -      | 35          | 18         | 289         | 86          | 205         |
| Fluorantene             | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 238         | 255         | 311         |
| Pirene                  | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 183         | 180         | 187         |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 71          | 35          | 35          |
| Benzo[a]antracene       | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 92          | 65          | 35          |
| Crisene                 | [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 53          | -      | -      | 35          | 18         | 104         | 105         | 115         |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44                | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 232         | 199         |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44                | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Benzo[e]pirene          | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44                | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Benzo[a]pirene          | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44                | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Perilene                | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44                | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44                | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44                | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44                | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44                | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44                | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44                | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng /m <sup>2</sup> ] | 44                | 132         | -      | -      | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |
| <b>Totale</b>           | [ng /m <sup>2</sup> ] | <b>812</b>        | <b>3301</b> | -      | -      | <b>1796</b> | <b>937</b> | <b>6311</b> | <b>5846</b> | <b>4927</b> |

I valori relativi alla postazione di **Bagni S. Agostino** sono riportati di seguito:

| Postazione                                    | Bagni S. Agostino |             |          |          |             |            |             |             |             |          |
|-----------------------------------------------|-------------------|-------------|----------|----------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|----------|
|                                               | Mese              | Aprile      | Maggio   | Giugno   | Luglio      | Agosto     | Settembre   | Ottobre     | Novembre    | Dicembre |
| Precipitazione [mm]                           | 2.8               | 74.8        | 0        | 0        | 17.4        | 14.2       | 81.8        | 21.9        | 16.4        |          |
| Naftalene [ng /m <sup>2</sup> ]               | 18                | 331         | -        | -        | 35          | 18         | 687         | 285         | 851         |          |
| 2-Metilnaftalene [ng /m <sup>2</sup> ]        | 18                | 137         | -        | -        | 35          | 18         | 831         | 172         | 209         |          |
| 1-Metilnaftalene [ng /m <sup>2</sup> ]        | 18                | 212         | -        | -        | 1188        | 18         | 864         | 155         | 410         |          |
| 2,6-Dimetilnaftalene [ng /m <sup>2</sup> ]    | 168               | 53          | -        | -        | 1052        | 18         | 752         | 154         | 202         |          |
| Acenaftilene [ng /m <sup>2</sup> ]            | 18                | 53          | -        | -        | 35          | 18         | 71          | 35          | 35          |          |
| Acenaftene [ng /m <sup>2</sup> ]              | 18                | 53          | -        | -        | 35          | 18         | 71          | 56          | 64          |          |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene [ng /m <sup>2</sup> ] | 18                | 53          | -        | -        | 35          | 18         | 1039        | 1031        | 1863        |          |
| Fluorene [ng /m <sup>2</sup> ]                | 18                | 119         | -        | -        | 35          | 18         | 95          | 53          | 35          |          |
| Fenantrene [ng /m <sup>2</sup> ]              | 18                | 358         | -        | -        | 35          | 18         | 477         | 279         | 302         |          |
| Antracene [ng /m <sup>2</sup> ]               | 18                | 53          | -        | -        | 35          | 18         | 71          | 35          | 35          |          |
| 1-Metilfenantrene [ng /m <sup>2</sup> ]       | 18                | 186         | -        | -        | 35          | 18         | 473         | 155         | 72          |          |
| Fluorantene [ng /m <sup>2</sup> ]             | 18                | 153         | -        | -        | 35          | 18         | 311         | 193         | 222         |          |
| Pirene [ng /m <sup>2</sup> ]                  | 18                | 110         | -        | -        | 35          | 18         | 246         | 133         | 111         |          |
| Ciclopenta[c,d]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]   | 18                | 53          | -        | -        | 35          | 18         | 71          | 35          | 35          |          |
| Benzo[a]antracene [ng /m <sup>2</sup> ]       | 18                | 53          | -        | -        | 35          | 18         | 100         | 35          | 35          |          |
| Crisene [ng /m <sup>2</sup> ]                 | 18                | 53          | -        | -        | 35          | 18         | 149         | 82          | 109         |          |
| Benzo[b+j]fluorantene [ng /m <sup>2</sup> ]   | 44                | 132         | -        | -        | 88          | 44         | 333         | 106         | 106         |          |
| Benzo[k]fluorantene [ng /m <sup>2</sup> ]     | 44                | 132         | -        | -        | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |          |
| Benzo[e]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]          | 44                | 132         | -        | -        | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |          |
| Benzo[a]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]          | 44                | 132         | -        | -        | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |          |
| Perilene [ng /m <sup>2</sup> ]                | 44                | 132         | -        | -        | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |          |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]  | 44                | 132         | -        | -        | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |          |
| Dibenzo[a, h]antracene [ng /m <sup>2</sup> ]  | 44                | 132         | -        | -        | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |          |
| Benzo[g,h,i]perilene [ng /m <sup>2</sup> ]    | 44                | 132         | -        | -        | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |          |
| Dibenzo[a,e]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]      | 44                | 132         | -        | -        | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |          |
| Dibenzo[a,h]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]      | 44                | 132         | -        | -        | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |          |
| Dibenzo[a,i]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]      | 44                | 132         | -        | -        | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |          |
| Dibenzo[a, l]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]     | 44                | 132         | -        | -        | 88          | 44         | 212         | 106         | 106         |          |
| <b>Totale</b> [ng /m <sup>2</sup> ]           | <b>962</b>        | <b>3617</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>3792</b> | <b>812</b> | <b>8969</b> | <b>4160</b> | <b>5859</b> |          |

Nella figura che segue sono stati riportati gli andamenti delle deposizioni mensili di IPA nelle quattro postazioni:



Da tale figura si può cogliere bene l'aumento delle deposizioni di IPA avvenute nei mesi da ottobre a dicembre. Poiché gli IPA sono emessi principalmente da processi di combustione, il loro aumento è riconducibile alla maggiore incidenza delle emissioni dovute a combustibili fossili nel periodo invernale, non necessariamente da sorgenti locali in quanto sono ben noti i meccanismi di trasporto a lunga distanza di tali composti, e ai fattori atmosferici e meteorologici che impediscono la loro dispersione.

Nella tabella che segue sono riassunte le deposizioni complessive di IPA avvenute nel 2007, espresse in  $\text{ng}/\text{m}^2$ :

| Postazione              |                            | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccollo | Bagni S. Agostino |
|-------------------------|----------------------------|---------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| Naftalene               | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 2357          | 4229            | 1936               | 2224              |
| 2-Metilnaftalene        | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 1846          | 2272            | 944                | 1419              |
| 1-Metilnaftalene        | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 4415          | 3978            | 1144               | 2864              |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 1711          | 1789            | 841                | 2397              |
| Acenaftilene            | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 335           | 546             | 285                | 265               |
| Acenaftene              | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 431           | 482             | 514                | 314               |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 5509          | 6906            | 3776               | 4056              |
| Fluorene                | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 437           | 522             | 408                | 373               |
| Fenantrene              | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 1706          | 1692            | 1370               | 1486              |
| Antracene               | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 265           | 229             | 265                | 265               |
| 1-Metilfenantrene       | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 1547          | 1117            | 811                | 957               |
| Fluorantene             | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 1014          | 953             | 928                | 949               |
| Pirene                  | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 708           | 714             | 673                | 670               |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 283           | 229             | 265                | 265               |
| Benzo[a]antracene       | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 330           | 281             | 316                | 294               |
| Crisene                 | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 476           | 469             | 448                | 464               |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 924           | 768             | 952                | 854               |
| Benzo[k]fluorantene     | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 732           | 626             | 732                | 732               |
| Benzo[e]pirene          | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 732           | 626             | 732                | 732               |
| Benzo[a]pirene          | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 732           | 626             | 732                | 732               |
| Perilene                | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 732           | 626             | 732                | 732               |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 732           | 626             | 732                | 732               |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 732           | 626             | 732                | 732               |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 732           | 626             | 732                | 732               |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 732           | 626             | 732                | 732               |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 732           | 626             | 732                | 732               |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 732           | 626             | 732                | 732               |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | 732           | 626             | 732                | 732               |
| <b>Totale</b>           | [ $\text{ng}/\text{m}^2$ ] | <b>32346</b>  | <b>34068</b>    | <b>23929</b>       | <b>28170</b>      |

Dalla tabella precedente, si può notare che le deposizioni dovute a IPA sono state piuttosto uniformi in tutte le postazioni e sono rimaste comprese tra 24 ÷ 34 µg complessivi per m<sup>2</sup>.

Nella tabella sottostante, sono stati invece riportati i ratei di deposizione giornaliera, espressi in ng/m<sup>2</sup>/d, calcolati dai precedenti dati di deposizione complessiva:

| Postazione              |                        | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|-------------------------|------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Naftalene               | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 8.6           | 15.4            | 7.1               | 8.1               |
| 2-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 6.7           | 8.3             | 3.4               | 5.2               |
| 1-Metilnaftalene        | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 16.1          | 14.5            | 4.2               | 10.5              |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 6.2           | 6.5             | 3.1               | 8.7               |
| Acenaftilene            | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 1.2           | 2.0             | 1.0               | 1.0               |
| Acenaftene              | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 1.6           | 1.8             | 1.9               | 1.1               |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 20.1          | 25.2            | 13.8              | 14.8              |
| Fluorene                | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 1.6           | 1.9             | 1.5               | 1.4               |
| Fenantrene              | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 6.2           | 6.2             | 5.0               | 5.4               |
| Antracene               | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 1.0           | 0.8             | 1.0               | 1.0               |
| 1-Metilfenantrene       | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 5.6           | 4.1             | 3.0               | 3.5               |
| Fluorantene             | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 3.7           | 3.5             | 3.4               | 3.5               |
| Pirene                  | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 2.6           | 2.6             | 2.5               | 2.4               |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 1.0           | 0.8             | 1.0               | 1.0               |
| Benzo[a]antracene       | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 1.2           | 1.0             | 1.2               | 1.1               |
| Crisene                 | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 1.7           | 1.7             | 1.6               | 1.7               |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 3.4           | 2.8             | 3.5               | 3.1               |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 2.7           | 2.3             | 2.7               | 2.7               |
| Benzo[e]pirene          | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 2.7           | 2.3             | 2.7               | 2.7               |
| Benzo[a]pirene          | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 2.7           | 2.3             | 2.7               | 2.7               |
| Perilene                | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 2.7           | 2.3             | 2.7               | 2.7               |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 2.7           | 2.3             | 2.7               | 2.7               |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 2.7           | 2.3             | 2.7               | 2.7               |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 2.7           | 2.3             | 2.7               | 2.7               |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 2.7           | 2.3             | 2.7               | 2.7               |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 2.7           | 2.3             | 2.7               | 2.7               |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 2.7           | 2.3             | 2.7               | 2.7               |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng/m <sup>2</sup> /d] | 2.7           | 2.3             | 2.7               | 2.7               |
| <b>Totale</b>           | [ng/m <sup>2</sup> /d] | <b>118</b>    | <b>124</b>      | <b>87</b>         | <b>103</b>        |

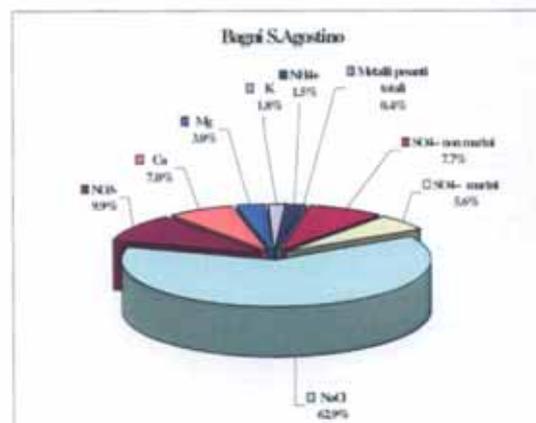
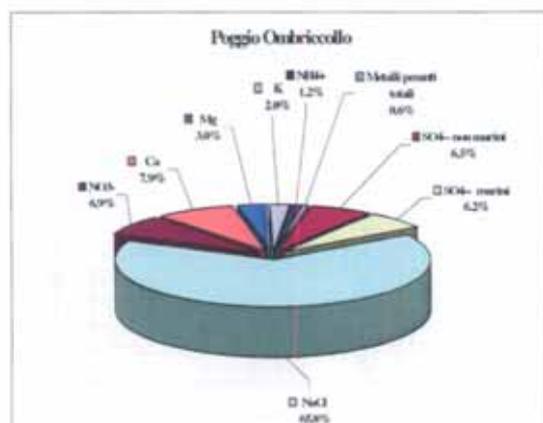
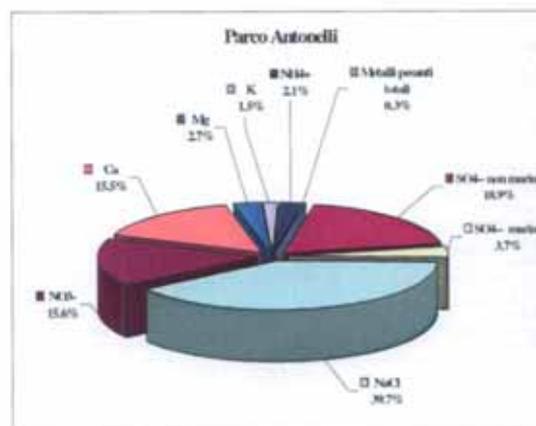
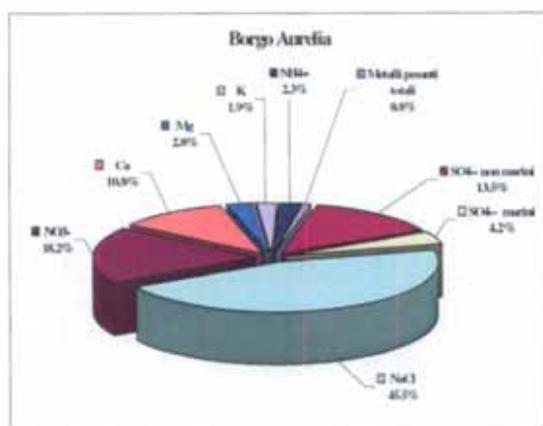
La deposizione giornaliera per unità di superficie da eventi umidi appare quindi piuttosto modesta.

### 3.4.1.3 Composizione delle deposizioni umide

Nella tabella sottostante sono state riportate le distribuzioni % delle specie determinate nelle deposizioni umide nel 2007. Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici non sono stati conteggiati in quanto sono quantitativamente trascurabili rispetto alle altre specie determinate (metalli e specie ioniche). Per quanto riguarda i solfati, è stata distinta la componente di origine marina da quella antropogenica (solfati non marini; per le modalità di calcolo v. par. 3.4.1.1):

| Postazione                               |     | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccollo | Bagni S. Agostino |
|------------------------------------------|-----|---------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| Metalli pesanti totali                   | [%] | 0.8           | 0.3             | 0.6                | 0.4               |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> non marini | [%] | 13.5          | 18.9            | 6.5                | 7.7               |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> marini     | [%] | 4.2           | 3.7             | 6.2                | 5.6               |
| NaCl                                     | [%] | 45.5          | 39.7            | 65.8               | 62.9              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>             | [%] | 18.2          | 15.6            | 6.9                | 9.9               |
| Ca                                       | [%] | 10.8          | 15.5            | 7.9                | 7.0               |
| Mg                                       | [%] | 2.8           | 2.7             | 3.0                | 3.0               |
| K                                        | [%] | 1.9           | 1.5             | 2.0                | 1.8               |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>             | [%] | 2.3           | 2.1             | 1.2                | 1.5               |

Nel complesso, la deposizione di metalli pesanti ha rappresentato molto meno del 1% delle deposizioni di specie inorganiche dovute ad eventi umidi mentre il cloruro di sodio ha contato per circa il 40 – 66% a seconda della postazione. I grafici a torta sotto riportati mettono ben in evidenza gli apporti delle varie specie:



### 3.4.2 Deposizioni atmosferiche secche

Nel primo anno di monitoraggio, si sono raccolte, per ciascuna postazione, nove deposizioni secche mensili. Queste deposizioni sono state caratterizzate per metalli, specie ioniche e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), analizzando la fase solida lisciviabile con acqua o solventi e il particolato insolubile (solo per metalli). Gli analiti di interesse sono gli stessi ricercati nel particolato aerodisperso e nelle deposizioni umide.

#### 3.4.2.1 Metalli e specie ioniche nelle deposizioni secche

Nelle tabelle seguenti sono mostrate le entità di deposizioni secche per superficie unitaria di metalli e specie ioniche, espresse in  $\mu\text{g}$  depositati per  $\text{m}^2$ , avvenute mensilmente nelle quattro postazioni. Per ogni parametro, si sono distinti gli apporti dati dalla frazione lisciviabile con acqua (Lisc.) e quelli dovuti alla polvere insolubile in acqua (Ins.). I calcoli per i parametri risultati inferiori al limite di rivelabilità analitico sono stati eseguiti in accordo con quanto riportato nel rapporto ISTISAN 06/38 (v. par. 3.4), utilizzando la metà del limite di rivelabilità. I parametri che non sono stati determinati in una delle due frazioni (lisciviabile ed insolubile) riportano la dicitura "n.d." (non determinato).

Le deposizioni secche mensili avvenute nella postazione di **Borgo Aurelia** sono riportate di seguito:

| Postazione                                           | Borgo Aurelia |           |            |           |            |            |            |            |            |           |
|------------------------------------------------------|---------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
|                                                      | Aprile        |           | Maggio     |           | Giugno     |            | Luglio     |            | Agosto     |           |
| Mese                                                 | Lisc.         | Ins.      | Lisc.      | Ins.      | Lisc.      | Ins.       | Lisc.      | Ins.       | Lisc.      | Ins.      |
| Fraz. Deposizione                                    | Lisc.         | Ins.      | Lisc.      | Ins.      | Lisc.      | Ins.       | Lisc.      | Ins.       | Lisc.      | Ins.      |
| Al [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 38            | 15'655    | 131        | 13'852    | 8          | 26'712     | 118        | 36'094     | 179        | 22'115    |
| As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 7.6           | 1.5       | 7.6        | 1.5       | 7.6        | 1.5        | 7.6        | 52.4       | 7.6        | 1.5       |
| Be [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 0.4           | 8.1       | 0.4        | 1.0       | 0.4        | 2.0        | 0.4        | 6.1        | 0.4        | 1.7       |
| Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 3.8           | 3.8       | 3.8        | 3.8       | 3.8        | 73.8       | 3.8        | 3.8        | 3.8        | 3.8       |
| Co [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 0.4           | 18.4      | 0.4        | 3.9       | 0.4        | 12.0       | 0.4        | 17.0       | 0.4        | 6.5       |
| Cr [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 1.9           | 55.6      | 1.9        | 59.3      | 1.9        | 89.1       | 1.9        | 488.2      | 1.9        | 63.8      |
| Cu [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 168           | 1'988     | 61         | 277       | 22         | 788        | 53         | 358        | 33         | 154       |
| Hg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | n.d.          | 0.08      | n.d.       | 0.58      | n.d.       | 0.04       | n.d.       | 0.47       | n.d.       | 0.17      |
| Mn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 6             | 810       | 228        | 256       | 209        | 524        | 435        | 728        | 487        | 247       |
| Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 15            | 245       | 15         | 120       | 15         | 210        | 15         | 295        | 15         | 120       |
| Pb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 1.1           | 0.4       | 0.4        | 95.0      | 2.8        | 181.5      | 0.4        | 68.6       | 0.4        | 35.5      |
| Pd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 2.3           | 2.3       | 18.7       | 5.1       | 2.3        | 250.0      | 2.3        | 2.3        | 2.3        | 2.3       |
| Pt [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 3.0           | 3.0       | 3.0        | 3.0       | 3.0        | 3.0        | 3.0        | 3.0        | 3.0        | 3.0       |
| Rh [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 2.7           | 2.7       | 2.7        | 2.7       | 2.7        | 9.8        | 1.9        | 0.2        | 1.9        | 0.2       |
| Sb [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 7.6           | 7.6       | 7.6        | 7.6       | 7.6        | 7.6        | 7.6        | 7.6        | 7.6        | 7.6       |
| Se [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 11.4          | 49.2      | 11.4       | 15.1      | 11.4       | 16.3       | 11.4       | 342.8      | 58.5       | 15.1      |
| Sn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 61            | 61        | 61         | 198       | 61         | 960        | 61         | 2          | 61         | 2         |
| Te [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 0.8           | 1.5       | 0.8        | 1.5       | 0.8        | 1.5        | 0.8        | 1.5        | 0.8        | 1.5       |
| Ti [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 112           | 392       | 47         | 246       | 99         | 403        | 8          | 81         | 8          | 411       |
| Tl [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 1.3           | 103.8     | 0.4        | 0.2       | 0.4        | 0.2        | 0.4        | 31.4       | 0.4        | 18.1      |
| V [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                       | 14.8          | 34.1      | 59.4       | 34.1      | 30.3       | 34.1       | 35.1       | 7.6        | 14.7       | 7.6       |
| Zn [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 1'649         | 17'162    | 1'884      | 3'691     | 1'468      | 10'282     | 974        | 6'718      | 1'390      | 3'461     |
| SO4-- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                   | 24'425        | n.d.      | 40'587     | n.d.      | 62'907     | n.d.       | 37'111     | n.d.       | 52'296     | n.d.      |
| NO3- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                    | 29'961        | n.d.      | 45'116     | n.d.      | 33'498     | n.d.       | 52'712     | n.d.       | 68'246     | n.d.      |
| Cl- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                     | 22'728        | n.d.      | 88'490     | n.d.      | 66'512     | n.d.       | 39'125     | n.d.       | 68'761     | n.d.      |
| PO4--- [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                  | 189           | n.d.      | 189        | n.d.      | 189        | n.d.       | 189        | n.d.       | 189        | n.d.      |
| Ca [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 46'601        | 42'261    | 45'154     | 32'074    | 112'817    | 66'762     | 74'676     | 68'360     | 87'574     | 21'933    |
| Na [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 12'012        | 227       | 50'350     | 227       | 37'482     | 227        | 24'213     | 2'469      | 38'217     | 1'060     |
| Mg [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                      | 4'128         | 5'491     | 7'657      | 3'658     | 7'301      | 9'944      | 4'847      | 7'733      | 5'877      | 4'370     |
| K [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                       | 12'194        | 5'161     | 18'851     | 2'756     | 7'331      | 5'267      | 7'157      | 6'682      | 4'325      | 3'798     |
| NH4+ [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]                    | 1'098         | n.d.      | 2'249      | n.d.      | 189        | n.d.       | 189        | n.d.       | 189        | n.d.      |
| <b>Totale nella fraz.</b> [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ] | <b>155</b>    | <b>90</b> | <b>301</b> | <b>58</b> | <b>330</b> | <b>123</b> | <b>242</b> | <b>131</b> | <b>328</b> | <b>58</b> |

| Postazione                | Borgo Aurelia                |             |             |             |             |             |             |             |             |
|---------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                           | Settembre                    |             | Ottobre     |             | Novembre    |             | Dicembre    |             |             |
| Mese                      | Lisc.                        | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        |             |
| Fraz. Deposizione         | Lisc.                        | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        |             |
| Al                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 8           | 18'283      | 200         | 4'275       | 200         | 9'073       | 200         | 11'127      |
| As                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 7.6         | 1.5         | 7.6         | 78.4        | 7.6         | 3.0         | 7.6         | 3.0         |
| Be                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4         | 2.5         | 0.4         | 0.2         | 0.4         | 0.2         | 1.1         | 0.2         |
| Cd                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 3.8         | 3.8         | 0.8         | 0.8         | 0.8         | 0.3         | 0.8         | 0.3         |
| Co                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4         | 9.8         | 0.8         | 1.3         | 0.8         | 2.1         | 0.8         | 2.2         |
| Cr                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1.9         | 134.8       | 3.8         | 28.2        | 3.8         | 18.6        | 3.8         | 16.0        |
| Cu                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 9           | 351         | 25          | 27          | 51          | 124         | 8           | 75          |
| Hg                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | <i>n.d.</i> | 0.15        | <i>n.d.</i> | 0.11        | <i>n.d.</i> | 0.04        | <i>n.d.</i> | 0.12        |
| Mn                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 102         | 472         | 17          | 60          | 4           | 189         | 4           | 152         |
| Ni                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 15          | 170         | 4           | 9           | 4           | 40          | 4           | 12          |
| Pb                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4         | 52.6        | 1.9         | 3.4         | 12.3        | 51.5        | 1.9         | 22.9        |
| Pd                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 2.3         | 2.3         | 7.1         | 2.4         | 1.5         | 0.6         | 1.5         | 0.6         |
| Pt                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 3.0         | 3.0         | 0.8         | 0.3         | 0.8         | 0.3         | 0.8         | 0.3         |
| Rh                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1.9         | 0.2         | 1.9         | 0.4         | 1.9         | 0.2         | 1.9         | 0.2         |
| Sb                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 7.6         | 7.6         | 1.5         | 0.8         | 1.5         | 0.8         | 1.5         | 0.8         |
| Se                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 11.4        | 15.1        | 22.7        | 9.1         | 22.7        | 9.1         | 22.7        | 9.1         |
| Sn                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 61          | 38          | 4           | 2           | 4           | 13          | 4           | 2           |
| Te                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.8         | 1.5         | 3.8         | 1.5         | 3.8         | 1.5         | 3.8         | 1.5         |
| Ti                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 263         | 574         | 8           | 147         | 202         | 205         | 8           | 255         |
| Tl                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4         | 28.4        | 1.9         | 2.4         | 1.9         | 0.8         | 1.9         | 0.8         |
| V                         | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4         | 7.6         | 104.0       | 15.1        | 7.6         | 15.1        | 7.6         | 15.1        |
| Zn                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1'251       | 5'155       | 1'851       | 166         | 1'402       | 1'982       | 20          | 188         |
| SO4--                     | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 4'688       | <i>n.d.</i> | 44'995      | <i>n.d.</i> | 35'770      | <i>n.d.</i> | 16'117      | <i>n.d.</i> |
| NO3-                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 29'764      | <i>n.d.</i> | 52'311      | <i>n.d.</i> | 22'956      | <i>n.d.</i> | 27'401      | <i>n.d.</i> |
| Cl-                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 205'435     | <i>n.d.</i> | 45'533      | <i>n.d.</i> | 150'837     | <i>n.d.</i> | 67'792      | <i>n.d.</i> |
| PO4---                    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 189         | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> |
| Ca                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 82'030      | 24'311      | 67'701      | 4'091       | 49'373      | 8'491       | 31'749      | 7'424       |
| Na                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 102'592     | 530         | 25'849      | 515         | 85'658      | 515         | 39'436      | 515         |
| Mg                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 14'958      | 3'557       | 7'528       | 941         | 12'239      | 1'771       | 5'923       | 1'591       |
| K                         | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 37'558      | 3'354       | 7'771       | 611         | 13'890      | 1'374       | 8'096       | 3'480       |
| NH4+                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 2'060       | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> | 863         | <i>n.d.</i> |
| <b>Totale nella fraz.</b> | <b>[mg /m<sup>2</sup>]</b>   | <b>481</b>  | <b>57</b>   | <b>254</b>  | <b>11</b>   | <b>373</b>  | <b>24</b>   | <b>198</b>  | <b>25</b>   |

Le deposizioni secche mensili avvenute nella postazione di **Parco Antonelli** sono mostrate di seguito:

| Postazione                                      | Parco Antonelli |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|-------------------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                 | Aprile          |             | Maggio      |             | Giugno      |             | Luglio      |             | Agosto      |             |
| Mese                                            | Lisc.           | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        |
| Fraz. Deposizione                               | Lisc.           | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        |
| Al [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 23              | 8'596       | 72          | 15'829      | 242         | 24'152      | 261         | 21'186      | 228         | 48'865      |
| As [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 7,6             | 1,5         | 7,6         | 1,5         | 7,6         | 1,5         | 7,6         | 39,2        | 51,6        | 1,5         |
| Be [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 0,4             | 0,1         | 0,4         | 0,1         | 0,4         | 0,1         | 0,4         | 1,7         | 0,4         | 2,6         |
| Cd [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 3,8             | 3,8         | 3,8         | 3,8         | 3,8         | 3,8         | 3,8         | 3,8         | 3,8         | 3,8         |
| Co [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 1,6             | 5,7         | 0,4         | 2,9         | 0,4         | 3,9         | 0,4         | 6,4         | 0,4         | 10,9        |
| Cr [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 1,9             | 86,0        | 1,9         | 101,3       | 1,9         | 110,8       | 1,9         | 329,5       | 1,9         | 201,2       |
| Cu [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 58              | 148         | 200         | 19          | 75          | 124         | 120         | 182         | 83          | 186         |
| Hg [µg /m <sup>2</sup> ]                        | <i>n.d.</i>     | 0,04        | <i>n.d.</i> | 0,04        | <i>n.d.</i> | 0,04        | <i>n.d.</i> | 0,48        | <i>n.d.</i> | 0,47        |
| Mn [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 232             | 241         | 117         | 301         | 215         | 392         | 473         | 436         | 667         | 731         |
| Ni [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 15              | 67          | 15          | 71          | 15          | 90          | 15          | 172         | 15          | 191         |
| Pb [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 1,0             | 0,4         | 5,7         | 56,9        | 2,0         | 53,7        | 3,7         | 28,7        | 1,3         | 63,4        |
| Pd [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 2,3             | 2,3         | 2,3         | 7,1         | 2,3         | 5,0         | 2,3         | 2,3         | 2,3         | 2,3         |
| Pt [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 3,0             | 3,0         | 3,0         | 3,0         | 3,0         | 3,0         | 3,0         | 3,0         | 3,0         | 3,0         |
| Rh [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 2,7             | 2,7         | 2,7         | 2,7         | 2,7         | 2,7         | 1,9         | 0,2         | 1,9         | 0,2         |
| Sb [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 7,6             | 7,6         | 7,6         | 7,6         | 7,6         | 7,6         | 7,6         | 7,6         | 7,6         | 7,6         |
| Se [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 11,4            | 15,1        | 11,4        | 15,1        | 11,4        | 15,6        | 11,4        | 184,9       | 11,4        | 31,2        |
| Sn [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 61              | 61          | 61          | 83          | 61          | 99          | 61          | 2           | 61          | 2           |
| Te [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 0,8             | 1,5         | 0,8         | 1,5         | 0,8         | 1,5         | 0,8         | 1,5         | 0,8         | 1,5         |
| Ti [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 228             | 274         | 158         | 337         | 120         | 510         | 8           | 58          | 23          | 1324        |
| Tl [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 0,8             | 34,0        | 0,4         | 0,2         | 0,4         | 0,2         | 1,5         | 12,8        | 0,4         | 32,0        |
| V [µg /m <sup>2</sup> ]                         | 105,5           | 34,1        | 59,2        | 34,1        | 3,0         | 34,1        | 76,3        | 7,6         | 27,1        | 7,6         |
| Zn [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 290             | 841         | 187         | 173         | 2           | 183         | 666         | 471         | 281         | 553         |
| SO4-- [µg /m <sup>2</sup> ]                     | 50'130          | <i>n.d.</i> | 107'447     | <i>n.d.</i> | 75'221      | <i>n.d.</i> | 47'312      | <i>n.d.</i> | 57'469      | <i>n.d.</i> |
| NO3- [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 45'775          | <i>n.d.</i> | 32'074      | <i>n.d.</i> | 40'549      | <i>n.d.</i> | 46'411      | <i>n.d.</i> | 51'826      | <i>n.d.</i> |
| Cl- [µg /m <sup>2</sup> ]                       | 53'364          | <i>n.d.</i> | 108'477     | <i>n.d.</i> | 64'883      | <i>n.d.</i> | 47'737      | <i>n.d.</i> | 59'605      | <i>n.d.</i> |
| PO4-- [µg /m <sup>2</sup> ]                     | 189             | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> |
| Ca [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 96'299          | 30'332      | 132'970     | 24'372      | 168'650     | 59'567      | 112'408     | 29'613      | 129'608     | 71'328      |
| Na [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 28'962          | 227         | 69'238      | 227         | 37'580      | 227         | 29'234      | 1'504       | 34'513      | 3'192       |
| Mg [µg /m <sup>2</sup> ]                        | 4'521           | 3'143       | 11'997      | 3'292       | 8'604       | 6'809       | 5'408       | 3'578       | 6'748       | 10'535      |
| K [µg /m <sup>2</sup> ]                         | 4'506           | 4'404       | 36'391      | 3'450       | 9'240       | 5'055       | 7'180       | 3'778       | 7'051       | 9'918       |
| NH4+ [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 189             | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 3'098       | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 1'984       | <i>n.d.</i> |
| <b>Totale nella fraz.</b> [mg /m <sup>2</sup> ] | <b>285</b>      | <b>49</b>   | <b>500</b>  | <b>48</b>   | <b>409</b>  | <b>97</b>   | <b>298</b>  | <b>62</b>   | <b>350</b>  | <b>147</b>  |

| Postazione                                    | Parco Antonelli |             |             |             |             |             |             |             |
|-----------------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                               | Settembre       |             | Ottobre     |             | Novembre    |             | Dicembre    |             |
| Mese                                          | Lisc.           | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        |
| Fraz. Deposizione                             | Lisc.           | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        |
| Al [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 8               | 17'374      | 200         | 11'936      | 200         | 25'336      | 200         | 17'070      |
| As [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 7.6             | 1.5         | 7.6         | 200.1       | 7.6         | 74.0        | 7.6         | 19.2        |
| Be [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 0.4             | 0.2         | 0.4         | 0.2         | 0.4         | 0.2         | 0.4         | 0.5         |
| Cd [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 3.8             | 3.8         | 0.8         | 2.7         | 0.8         | 0.3         | 0.8         | 0.3         |
| Co [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 0.4             | 4.7         | 0.8         | 3.3         | 0.8         | 8.4         | 0.8         | 3.7         |
| Cr [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 1.9             | 78.3        | 3.8         | 53.7        | 3.8         | 66.1        | 3.8         | 50.4        |
| Cu [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 9               | 79          | 68          | 80          | 69          | 245         | 78          | 142         |
| Hg [µg /m <sup>2</sup> ]                      | <i>n.d.</i>     | 0.29        | <i>n.d.</i> | 0.26        | <i>n.d.</i> | 0.58        | <i>n.d.</i> | 0.26        |
| Mn [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 111             | 359         | 53          | 307         | 185         | 592         | 4           | 355         |
| Ni [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 15              | 74          | 4           | 39          | 4           | 40          | 4           | 16          |
| Pb [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 0.4             | 20.0        | 1.9         | 12.5        | 7.9         | 72.4        | 1.9         | 61.0        |
| Pd [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 2.3             | 2.3         | 7.1         | 2.6         | 1.5         | 0.6         | 1.5         | 0.6         |
| Pt [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 3.0             | 3.0         | 0.8         | 0.3         | 0.8         | 0.3         | 0.8         | 0.3         |
| Rh [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 1.9             | 0.2         | 1.9         | 0.2         | 1.9         | 0.2         | 1.9         | 0.2         |
| Sb [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 7.6             | 7.6         | 1.5         | 4.5         | 1.5         | 4.8         | 1.5         | 5.2         |
| Se [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 11.4            | 15.1        | 22.7        | 9.1         | 22.7        | 9.1         | 22.7        | 9.1         |
| Sn [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 61              | 8           | 4           | 9           | 4           | 2           | 4           | 2           |
| Te [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 0.8             | 1.5         | 3.8         | 1.5         | 3.8         | 1.5         | 3.8         | 1.5         |
| Ti [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 447             | 689         | 8           | 331         | 414         | 1063        | 8           | 392         |
| Tl [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 0.4             | 10.5        | 1.9         | 7.7         | 1.9         | 0.8         | 1.9         | 0.8         |
| V [µg /m <sup>2</sup> ]                       | 27.0            | 58.0        | 121.4       | 15.1        | 7.6         | 63.5        | 7.6         | 41.9        |
| Zn [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 221             | 0.4         | 713         | 386         | 59          | 511         | 978         | 236         |
| SO4-- [µg /m <sup>2</sup> ]                   | 2'651           | <i>n.d.</i> | 45'078      | <i>n.d.</i> | 49'592      | <i>n.d.</i> | 28'219      | <i>n.d.</i> |
| NO3- [µg /m <sup>2</sup> ]                    | 42'359          | <i>n.d.</i> | 39'799      | <i>n.d.</i> | 11'247      | <i>n.d.</i> | 6'968       | <i>n.d.</i> |
| Cl- [µg /m <sup>2</sup> ]                     | 149'882         | <i>n.d.</i> | 51'039      | <i>n.d.</i> | 156'327     | <i>n.d.</i> | 86'339      | <i>n.d.</i> |
| PO4--- [µg /m <sup>2</sup> ]                  | 189             | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> |
| Ca [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 125'450         | 24'160      | 131'743     | 22'145      | 105'546     | 53'892      | 89'460      | 33'913      |
| Na [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 73'502          | 530         | 25'637      | 515         | 79'644      | 3'306       | 47'426      | 1'663       |
| Mg [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 11'792          | 3'105       | 8'270       | 2'728       | 11'997      | 5'141       | 8'127       | 3'973       |
| K [µg /m <sup>2</sup> ]                       | 16'495          | 3'576       | 18'245      | 2'861       | 14'488      | 5'641       | 9'589       | 4'079       |
| NH4+ [µg /m <sup>2</sup> ]                    | 826             | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> |
| <b>Totale nella fraz. [mg /m<sup>2</sup>]</b> | <b>424</b>      | <b>50</b>   | <b>321</b>  | <b>42</b>   | <b>430</b>  | <b>96</b>   | <b>278</b>  | <b>62</b>   |

Le deposizioni secche mensili avvenute nella postazione di **Poggio Ombriccolo** sono riportate nella tabella sottostante:

| Postazione                                    | Poggio Ombriccolo |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|-----------------------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                               | Aprile            |             | Maggio      |             | Giugno      |             | Luglio      |             | Agosto      |             |
| Mese                                          | Lisc.             | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        |
| Fraz. Deposizione                             | Lisc.             | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        |
| Al [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 8                 | 4'052       | 147         | 9'013       | 92          | 19'116      | 166         | 38'863      | 226         | 22'176      |
| As [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 7.6               | 1.5         | 7.6         | 1.5         | 7.6         | 1.5         | 7.6         | 54.7        | 7.6         | 1.5         |
| Be [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 1.5               | 0.1         | 0.4         | 0.1         | 0.4         | 0.1         | 0.4         | 1.9         | 0.4         | 0.2         |
| Cd [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 3.8               | 3.8         | 3.8         | 3.8         | 3.8         | 3.8         | 3.8         | 3.8         | 3.8         | 15.1        |
| Co [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 1.6               | 2.3         | 0.4         | 1.4         | 0.4         | 3.9         | 0.4         | 13.6        | 0.4         | 6.2         |
| Cr [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 1.9               | 11.0        | 1.9         | 32.2        | 1.9         | 64.1        | 1.9         | 96.9        | 1.9         | 48.1        |
| Cu [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 54                | 19          | 9           | 19          | 9           | 19          | 9           | 111         | 9           | 40          |
| Hg [µg /m <sup>2</sup> ]                      | <i>n.d.</i>       | 0.04        | <i>n.d.</i> | 0.05        | <i>n.d.</i> | 0.04        | <i>n.d.</i> | 0.15        | <i>n.d.</i> | 0.29        |
| Mn [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 196               | 152         | 228         | 100         | 536         | 237         | 329         | 437         | 460         | 254         |
| Ni [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 15                | 15          | 15          | 39          | 15          | 75          | 15          | 218         | 15          | 107         |
| Pb [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 0.4               | 0.4         | 7.9         | 156.5       | 0.4         | 34.0        | 0.4         | 29.4        | 1.4         | 16.9        |
| Pd [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 2.3               | 2.3         | 2.3         | 3.1         | 5.2         | 6.8         | 2.3         | 2.3         | 2.3         | 2.3         |
| Pt [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 3.0               | 3.0         | 3.0         | 3.0         | 3.0         | 3.0         | 3.0         | 3.0         | 3.0         | 3.0         |
| Rh [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 2.7               | 2.7         | 2.7         | 4.5         | 2.7         | 2.7         | 1.9         | 0.2         | 1.9         | 0.2         |
| Sb [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 7.6               | 7.6         | 7.6         | 7.6         | 7.6         | 7.6         | 7.6         | 7.6         | 7.6         | 7.6         |
| Se [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 11.4              | 15.1        | 11.4        | 15.1        | 11.4        | 18.7        | 11.4        | 338.7       | 11.4        | 15.1        |
| Sn [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 61                | 61          | 61          | 61          | 61          | 61          | 61          | 2           | 61          | 2           |
| Te [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 0.8               | 1.5         | 0.8         | 1.5         | 0.8         | 1.5         | 0.8         | 1.5         | 0.8         | 1.5         |
| Ti [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 116               | 71          | 28          | 144         | 165         | 249         | 8           | 61          | 8           | 421         |
| Tl [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 1.4               | 6.7         | 0.4         | 0.2         | 0.4         | 0.2         | 0.4         | 13.2        | 0.4         | 7.7         |
| V [µg /m <sup>2</sup> ]                       | 10.1              | 34.1        | 15.9        | 34.1        | 0.4         | 34.1        | 8.9         | 7.6         | 5.8         | 7.6         |
| Zn [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 832               | 182         | 470         | 0.4         | 181         | 0.4         | 187         | 552         | 471         | 265         |
| SO4-- [µg /m <sup>2</sup> ]                   | 48'199            | <i>n.d.</i> | 41'867      | <i>n.d.</i> | 111'870     | <i>n.d.</i> | 21'032      | <i>n.d.</i> | 58'976      | <i>n.d.</i> |
| NO3- [µg /m <sup>2</sup> ]                    | 82'000            | <i>n.d.</i> | 51'463      | <i>n.d.</i> | 135'523     | <i>n.d.</i> | 45'177      | <i>n.d.</i> | 74'017      | <i>n.d.</i> |
| Cl- [µg /m <sup>2</sup> ]                     | 42'473            | <i>n.d.</i> | 105'698     | <i>n.d.</i> | 142'354     | <i>n.d.</i> | 30'385      | <i>n.d.</i> | 68'004      | <i>n.d.</i> |
| PO4--- [µg /m <sup>2</sup> ]                  | 5'794             | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> |
| Ca [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 56'378            | 2'802       | 129'630     | 4'976       | 112'340     | 14'776      | 56'378      | 10'997      | 58'097      | 9'164       |
| Na [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 24'554            | 227         | 63'611      | 227         | 84'673      | 227         | 25'849      | 1'127       | 39'284      | 530         |
| Mg [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 4'567             | 1'060       | 10'414      | 2'001       | 13'186      | 5'756       | 4'181       | 5'900       | 6'468       | 4'688       |
| K [µg /m <sup>2</sup> ]                       | 14'610            | 1'526       | 9'535       | 1'506       | 9'891       | 3'624       | 3'378       | 5'872       | 6'983       | 3'950       |
| NH4+ [µg /m <sup>2</sup> ]                    | 3'037             | <i>n.d.</i> | 553         | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 712         | <i>n.d.</i> |
| <b>Totale nella fraz. [mg /m<sup>2</sup>]</b> | <b>283</b>        | <b>10</b>   | <b>414</b>  | <b>18</b>   | <b>611</b>  | <b>44</b>   | <b>188</b>  | <b>65</b>   | <b>314</b>  | <b>42</b>   |

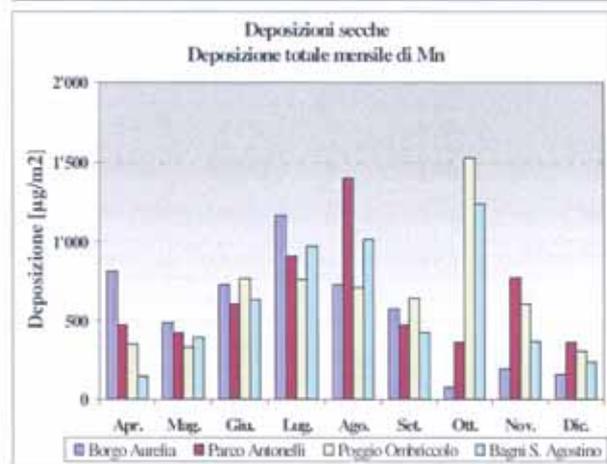
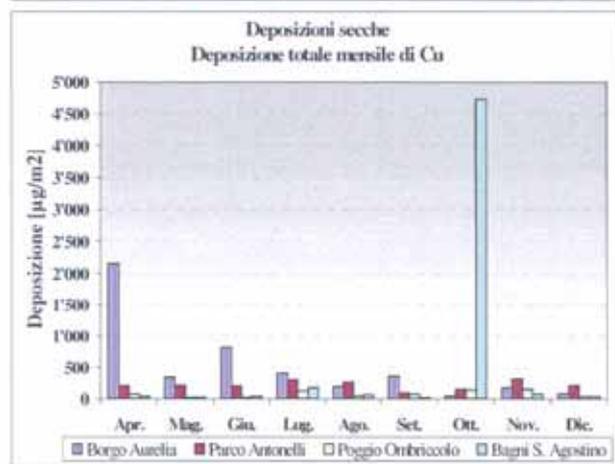
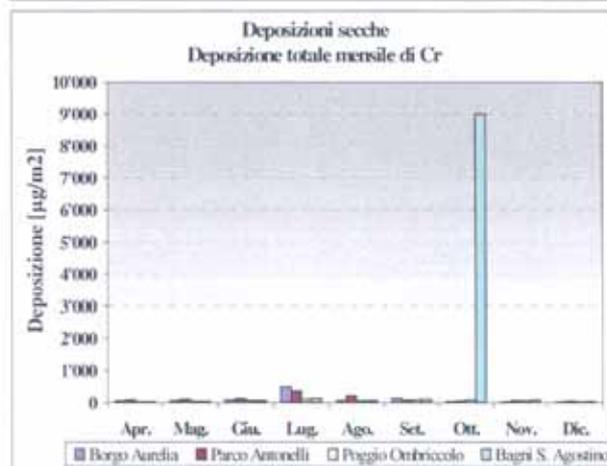
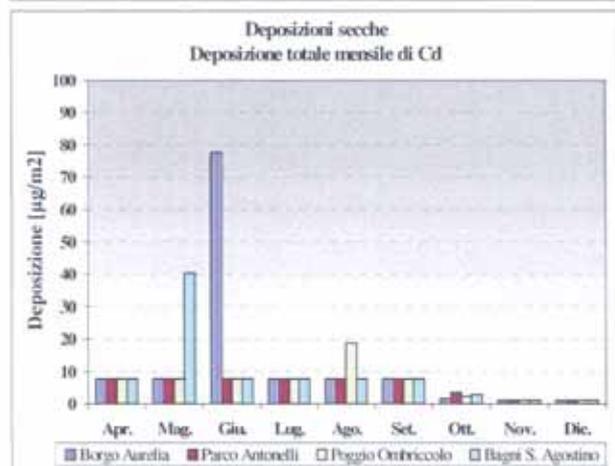
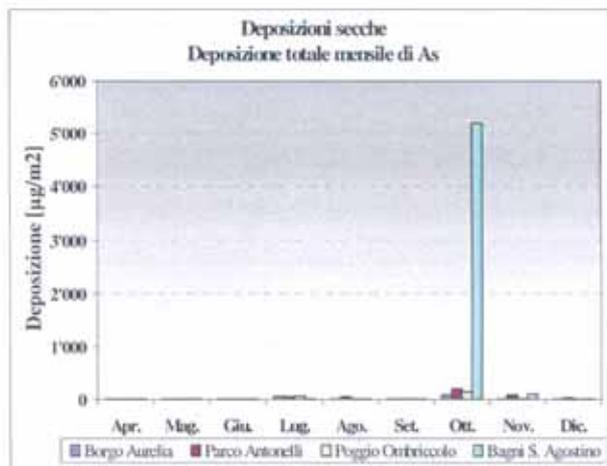
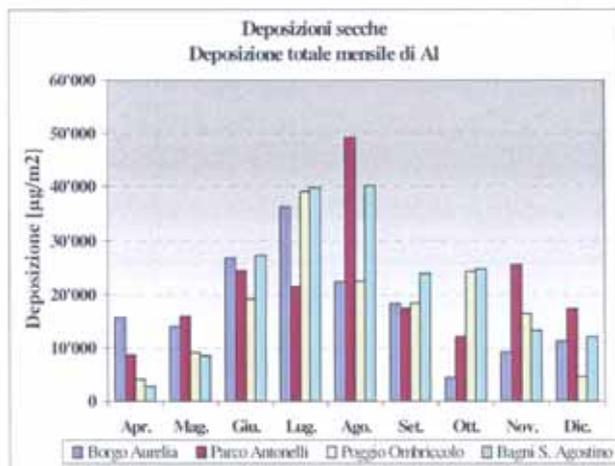
| Postazione                |                              | Poggio Ombriccolo |             |             |             |              |             |             |             |
|---------------------------|------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Mese                      |                              | Settembre         |             | Ottobre     |             | Novembre     |             | Dicembre    |             |
| Fraz. Deposizione         |                              | Lisc.             | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.        | Ins.        | Lisc.       | Ins.        |
| Al                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 8                 | 18'358      | 200         | 24'069      | 200          | 16'255      | 200         | 4'415       |
| As                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 7.6               | 1.5         | 7.6         | 131.9       | 7.6          | 3.0         | 7.6         | 3.0         |
| Be                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4               | 0.2         | 0.4         | 0.2         | 0.4          | 0.2         | 0.4         | 0.2         |
| Cd                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 3.8               | 3.8         | 0.8         | 1.5         | 0.8          | 0.3         | 0.8         | 0.3         |
| Co                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4               | 9.6         | 0.8         | 8.4         | 0.8          | 10.4        | 0.8         | 1.0         |
| Cr                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1.9               | 89.5        | 3.8         | 81.0        | 3.8          | 43.2        | 3.8         | 20.0        |
| Cu                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 9                 | 61          | 84          | 59          | 45           | 102         | 25          | 21          |
| Hg                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | <i>n.d.</i>       | 0.44        | <i>n.d.</i> | 0.67        | <i>n.d.</i>  | 0.17        | <i>n.d.</i> | 0.04        |
| Mn                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 6                 | 640         | 4           | 1521        | 114          | 498         | 269         | 36          |
| Ni                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 15                | 149         | 4           | 73          | 46           | 49          | 21          | 9           |
| Pb                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4               | 15.5        | 1.9         | 22.1        | 6.4          | 52.5        | 1.9         | 17.6        |
| Pd                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 2.3               | 2.3         | 7.1         | 2.6         | 1.5          | 0.6         | 1.5         | 0.6         |
| Pt                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 3.0               | 3.0         | 0.8         | 0.3         | 0.8          | 0.3         | 0.8         | 0.3         |
| Rh                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1.9               | 0.2         | 1.9         | 0.2         | 1.9          | 0.2         | 1.9         | 0.2         |
| Sb                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 7.6               | 7.6         | 1.5         | 3.7         | 1.5          | 0.8         | 1.5         | 0.8         |
| Se                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 11.4              | 15.1        | 22.7        | 9.1         | 22.7         | 9.1         | 22.7        | 9.1         |
| Sn                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 61                | 2           | 4           | 5           | 4            | 2           | 4           | 2           |
| Te                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.8               | 1.5         | 3.8         | 1.5         | 3.8          | 1.5         | 3.8         | 1.5         |
| Ti                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 92                | 751         | 8           | 432         | 407          | 395         | 8           | 83          |
| Tl                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4               | 8.7         | 1.9         | 14.5        | 1.9          | 0.8         | 1.9         | 0.8         |
| V                         | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4               | 7.6         | 103.2       | 15.1        | 22.9         | 39.5        | 7.6         | 15.1        |
| Zn                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 366               | 659         | 840         | 557         | 918          | 538         | 1'417       | 3           |
| SO4--                     | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 591               | <i>n.d.</i> | 31'272      | <i>n.d.</i> | 130'660      | <i>n.d.</i> | 116'702     | <i>n.d.</i> |
| NO3-                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 62'293            | <i>n.d.</i> | 27'545      | <i>n.d.</i> | 194'385      | <i>n.d.</i> | 182'843     | <i>n.d.</i> |
| Cl-                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 74'684            | <i>n.d.</i> | 37'436      | <i>n.d.</i> | 421'806      | <i>n.d.</i> | 290'154     | <i>n.d.</i> |
| PO4---                    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 189               | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> | 200          | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> |
| Ca                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 38'520            | 5'909       | 92'065      | 10'512      | 84'537       | 4'146       | 89'551      | 274         |
| Na                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 44'419            | 530         | 19'858      | 515         | 244'977      | 515         | 165'916     | 515         |
| Mg                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 5'847             | 3'388       | 5'589       | 5'341       | 29'628       | 3'561       | 22'842      | 656         |
| K                         | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 8'164             | 3'329       | 13'882      | 4'783       | 13'898       | 2'084       | 10'611      | 151         |
| NH4+                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 12'353            | <i>n.d.</i> | 765         | <i>n.d.</i> | 9'073        | <i>n.d.</i> | 10'626      | <i>n.d.</i> |
| <b>Totale nella fraz.</b> | <b>[mg /m<sup>2</sup>]</b>   | <b>248</b>        | <b>34</b>   | <b>230</b>  | <b>48</b>   | <b>1'131</b> | <b>28</b>   | <b>891</b>  | <b>6</b>    |

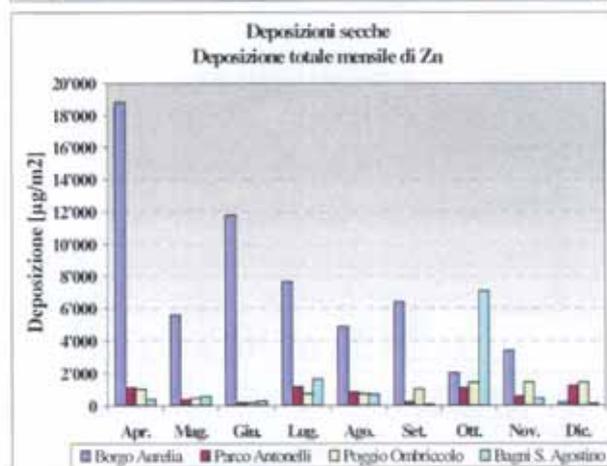
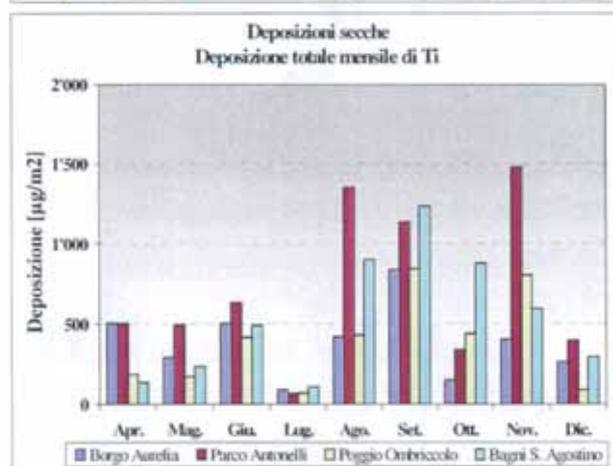
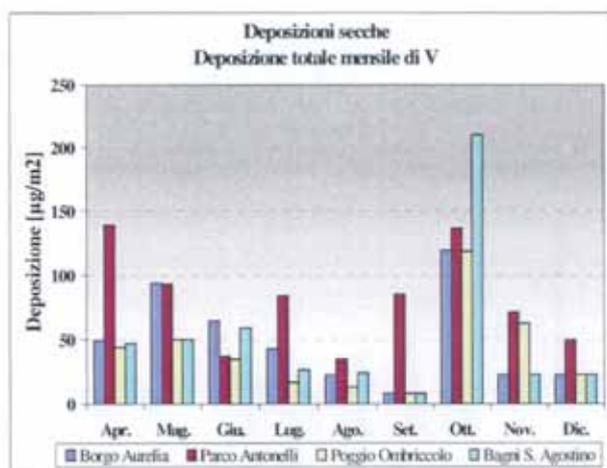
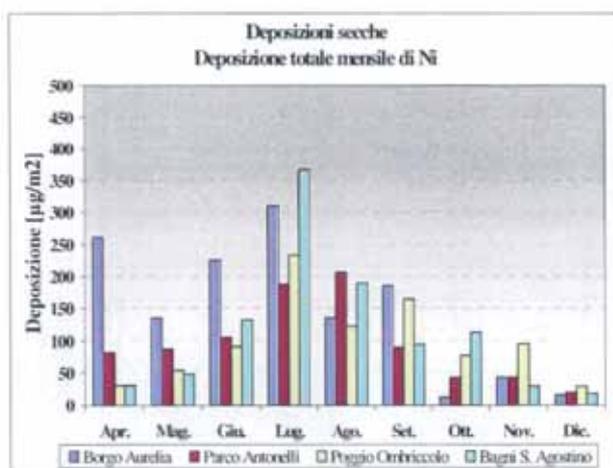
Le deposizioni secche mensili occorse nella postazione di **Bagni S. Agostino** sono mostrate nella tabella che segue:

| Postazione                                    | Bagni S. Agostino |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|-----------------------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mese                                          | Aprile            |             | Maggio      |             | Giugno      |             | Luglio      |             | Agosto      |             |
| Fraz. Deposizione                             | Lisc.             | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        |
| Al [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 8                 | 2'724       | 186         | 8'346       | 130         | 27'068      | 158         | 39'596      | 195         | 39'928      |
| As [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 7.6               | 1.5         | 7.6         | 1.5         | 7.6         | 1.5         | 7.6         | 1.5         | 7.6         | 1.5         |
| Be [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 0.4               | 1.2         | 0.4         | 0.1         | 0.4         | 0.1         | 0.4         | 3.1         | 0.4         | 1.4         |
| Cd [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 3.8               | 3.8         | 36.6        | 3.8         | 3.8         | 3.8         | 3.8         | 3.8         | 3.8         | 3.8         |
| Co [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 0.4               | 1.6         | 0.4         | 1.3         | 0.4         | 8.7         | 0.4         | 13.6        | 0.4         | 9.8         |
| Cr [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 1.9               | 11.3        | 1.9         | 35.6        | 1.9         | 59.0        | 1.9         | 123.3       | 1.9         | 65.3        |
| Cu [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 23                | 19          | 9           | 19          | 9           | 31          | 42          | 135         | 9           | 61          |
| Hg [µg /m <sup>2</sup> ]                      | <i>n.d.</i>       | 0.04        | <i>n.d.</i> | 0.04        | <i>n.d.</i> | 0.04        | <i>n.d.</i> | 0.32        | <i>n.d.</i> | 0.32        |
| Mn [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 19                | 127         | 253         | 138         | 268         | 369         | 6           | 968         | 527         | 487         |
| Ni [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 15                | 15          | 15          | 33          | 15          | 117         | 128         | 239         | 15          | 174         |
| Pb [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 0.4               | 0.4         | 4.1         | 20.6        | 1.8         | 37.4        | 7.1         | 27.7        | 0.4         | 22.7        |
| Pd [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 2.3               | 2.3         | 50.8        | 11.1        | 2.3         | 43.0        | 2.3         | 2.3         | 2.3         | 2.3         |
| Pt [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 3.0               | 3.0         | 3.0         | 3.0         | 3.0         | 3.0         | 3.0         | 3.0         | 3.0         | 3.0         |
| Rh [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 2.7               | 2.7         | 2.7         | 2.7         | 2.7         | 2.7         | 1.9         | 0.2         | 1.9         | 0.2         |
| Sb [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 7.6               | 7.6         | 7.6         | 7.6         | 7.6         | 7.6         | 7.6         | 7.6         | 7.6         | 7.6         |
| Se [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 11.4              | 15.1        | 11.4        | 15.1        | 11.4        | 22.7        | 35.5        | 472.6       | 11.4        | 42.2        |
| Sn [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 61                | 61          | 61          | 61          | 61          | 61          | 61          | 2           | 61          | 2           |
| Te [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 0.8               | 1.5         | 0.8         | 1.5         | 0.8         | 1.5         | 0.8         | 1.5         | 0.8         | 1.5         |
| Ti [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 81                | 55          | 86          | 152         | 109         | 382         | 8           | 99          | 8           | 892         |
| Tl [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 0.4               | 4.3         | 0.4         | 0.2         | 0.4         | 0.2         | 2.7         | 13.2        | 0.4         | 11.8        |
| V [µg /m <sup>2</sup> ]                       | 13.0              | 34.1        | 15.9        | 34.1        | 24.8        | 34.1        | 18.7        | 7.6         | 16.3        | 7.6         |
| Zn [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 98                | 311         | 416         | 151         | 19          | 239         | 972         | 683         | 288         | 401         |
| SO4-- [µg /m <sup>2</sup> ]                   | 32'711            | <i>n.d.</i> | 51'372      | <i>n.d.</i> | 69'321      | <i>n.d.</i> | 86'241      | <i>n.d.</i> | 60'104      | <i>n.d.</i> |
| NO3- [µg /m <sup>2</sup> ]                    | 41'693            | <i>n.d.</i> | 43'511      | <i>n.d.</i> | 40'905      | <i>n.d.</i> | 48'441      | <i>n.d.</i> | 57'704      | <i>n.d.</i> |
| Cl- [µg /m <sup>2</sup> ]                     | 31'900            | <i>n.d.</i> | 117'232     | <i>n.d.</i> | 85'203      | <i>n.d.</i> | 187'478     | <i>n.d.</i> | 84'658      | <i>n.d.</i> |
| PO4--- [µg /m <sup>2</sup> ]                  | 189               | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> |
| Ca [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 39'353            | 10'414      | 113'408     | 8'535       | 150'594     | 44'495      | 111'408     | 13'981      | 87'824      | 23'251      |
| Na [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 18'805            | 227         | 67'678      | 227         | 48'827      | 227         | 109'409     | 1'283       | 46'722      | 1'091       |
| Mg [µg /m <sup>2</sup> ]                      | 4'862             | 1'098       | 13'822      | 1'828       | 12'443      | 9'172       | 38'004      | 5'815       | 7'437       | 8'142       |
| K [µg /m <sup>2</sup> ]                       | 13'814            | 2'662       | 19'676      | 1'584       | 14'981      | 5'714       | 23'001      | 6'014       | 6'998       | 7'509       |
| NH4+ [µg /m <sup>2</sup> ]                    | 189               | <i>n.d.</i> | 2'302       | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> | 644         | <i>n.d.</i> | 189         | <i>n.d.</i> |
| <b>Totale nella fraz. [mg /m<sup>2</sup>]</b> | <b>184</b>        | <b>18</b>   | <b>430</b>  | <b>21</b>   | <b>423</b>  | <b>88</b>   | <b>606</b>  | <b>69</b>   | <b>353</b>  | <b>82</b>   |

| Postazione                |                              | Bagni S. Agostino |             |             |             |             |             |             |             |
|---------------------------|------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mese                      |                              | Settembre         |             | Ottobre     |             | Novembre    |             | Dicembre    |             |
| Fraz. Deposizione         |                              | Lisc.             | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        | Lisc.       | Ins.        |
| Al                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 8                 | 23'872      | 200         | 24'448      | 200         | 13'127      | 200         | 11'886      |
| As                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 7.6               | 1.5         | 1972        | 3210        | 7.6         | 95.8        | 7.6         | 3.0         |
| Be                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4               | 0.2         | 0.4         | 2.1         | 0.4         | 0.2         | 0.4         | 0.2         |
| Cd                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 3.8               | 3.8         | 0.8         | 1.9         | 0.8         | 0.3         | 0.8         | 0.3         |
| Co                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4               | 3.7         | 0.8         | 6.8         | 0.8         | 6.1         | 0.8         | 2.1         |
| Cr                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1.9               | 96.3        | 295.2       | 8700.8      | 3.8         | 80.0        | 3.8         | 31.6        |
| Cu                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 9                 | 3           | 117         | 4'606       | 8           | 70          | 8           | 36          |
| Hg                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | <i>n.d.</i>       | 0.21        | <i>n.d.</i> | 0.04        | <i>n.d.</i> | 0.14        | <i>n.d.</i> | 0.11        |
| Mn                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 133               | 290         | 285         | 950         | 60          | 307         | 128         | 107         |
| Ni                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 15                | 79          | 4           | 109         | 4           | 25          | 4           | 14          |
| Pb                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4               | 12.4        | 1.9         | 39.7        | 1.9         | 28.3        | 1.9         | 20.5        |
| Pd                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 2.3               | 2.3         | 18.9        | 5.1         | 1.5         | 0.6         | 1.5         | 0.6         |
| Pt                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 3.0               | 3.0         | 0.8         | 0.3         | 0.8         | 0.3         | 0.8         | 0.3         |
| Rh                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1.9               | 0.2         | 1.9         | 0.5         | 1.9         | 0.2         | 1.9         | 0.2         |
| Sb                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 7.6               | 7.6         | 1.5         | 8.0         | 1.5         | 0.8         | 1.5         | 0.8         |
| Se                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 11.4              | 15.1        | 22.7        | 9.1         | 22.7        | 9.1         | 22.7        | 9.1         |
| Sn                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 61                | 2           | 4           | 58          | 4           | 2           | 4           | 2           |
| Te                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.8               | 1.5         | 3.8         | 1.5         | 3.8         | 1.5         | 3.8         | 1.5         |
| Ti                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 208               | 1025        | 8           | 871         | 152         | 442         | 8           | 290         |
| Tl                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4               | 6.7         | 1.9         | 25.2        | 1.9         | 0.8         | 1.9         | 0.8         |
| V                         | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 0.4               | 7.6         | 194.9       | 15.1        | 7.6         | 15.1        | 7.6         | 15.1        |
| Zn                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 73                | 0.4         | 2'626       | 4'437       | 128         | 292         | 97          | 3           |
| SO4--                     | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 3'711             | <i>n.d.</i> | 95'254      | <i>n.d.</i> | 46'540      | <i>n.d.</i> | 43'601      | <i>n.d.</i> |
| NO3-                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 43'011            | <i>n.d.</i> | 53'144      | <i>n.d.</i> | 37'868      | <i>n.d.</i> | 34'718      | <i>n.d.</i> |
| Cl-                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 159'584           | <i>n.d.</i> | 53'508      | <i>n.d.</i> | 226'603     | <i>n.d.</i> | 99'767      | <i>n.d.</i> |
| PO4---                    | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 189               | <i>n.d.</i> | 9'641       | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> | 24'561      | <i>n.d.</i> |
| Ca                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 73'146            | 10'436      | 108'720     | 26'917      | 44'124      | 7'895       | 32'483      | 3'452       |
| Na                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 86'483            | 530         | 35'937      | 515         | 127'654     | 515         | 53'932      | 515         |
| Mg                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 14'238            | 4'090       | 20'396      | 6'291       | 15'178      | 2'617       | 10'838      | 1'904       |
| K                         | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 16'601            | 4'496       | 19'063      | 5'587       | 7'619       | 2'153       | 3'507       | 1'604       |
| NH4+                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1'863             | <i>n.d.</i> | 200         | <i>n.d.</i> | 1'303       | <i>n.d.</i> | 4'294       | <i>n.d.</i> |
| <b>Totale nella fraz.</b> | <b>[mg/m<sup>2</sup>]</b>    | <b>399</b>        | <b>45</b>   | <b>402</b>  | <b>87</b>   | <b>508</b>  | <b>28</b>   | <b>308</b>  | <b>20</b>   |

Nelle figure che seguono, sono mostrati gli andamenti caratteristici per alcuni metalli pesanti. I valori riportati sono la somma delle quantità riscontrate nella frazione lisciviabile con acqua e nella frazione insolubile, tutte espresse in  $\mu\text{g}$  depositati per  $\text{m}^2$ .

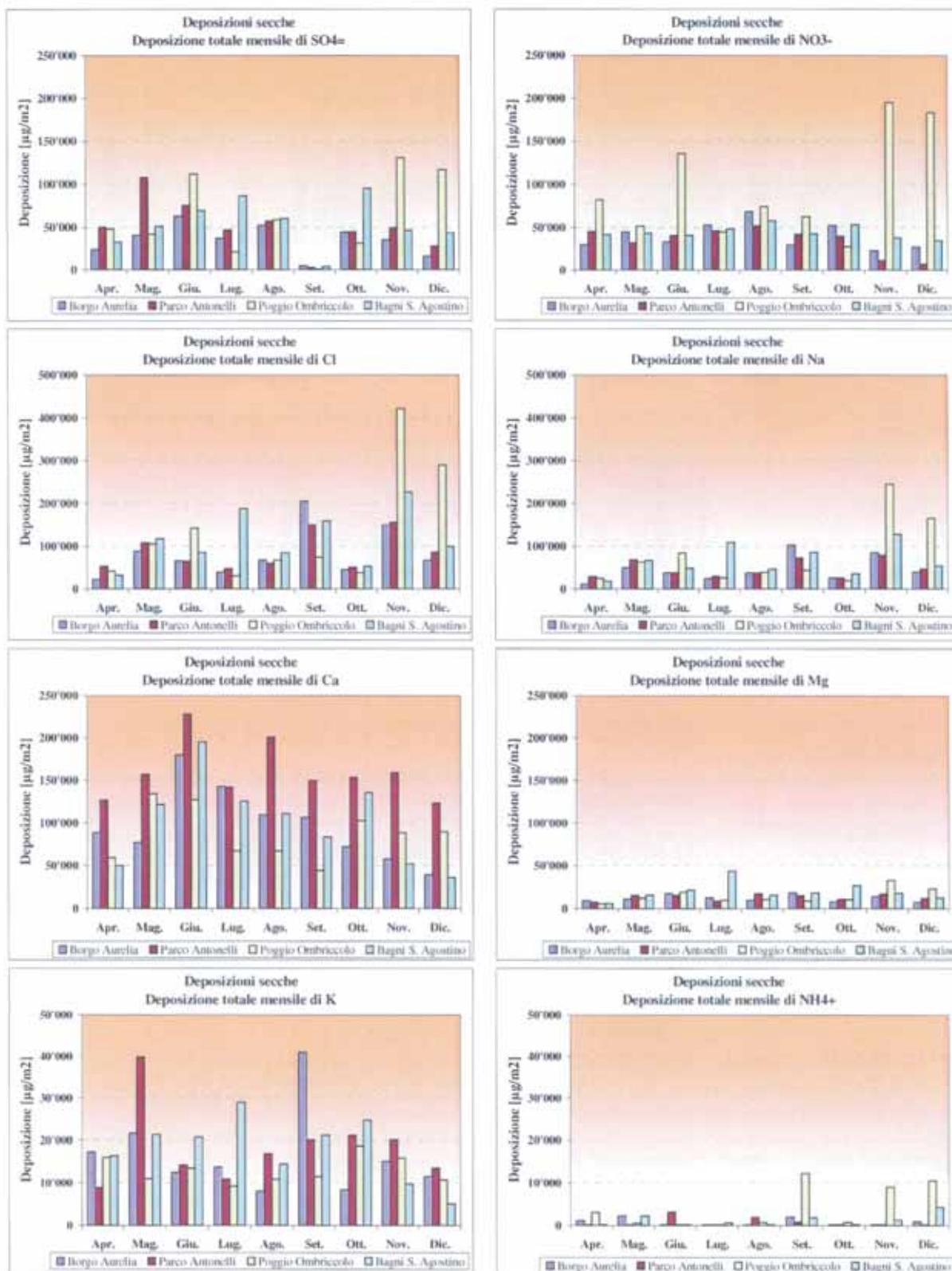




Facendo riferimento alle tabelle e figure precedenti, relativamente ai **metalli pesanti**, si possono fare le seguenti osservazioni:

- nella frazione insolubile della deposizione secca si è normalmente rinvenuta la maggior parte dei metalli pesanti. Significative quantità di **Mn**, **Ti**, **V** e **Zn** si sono talvolta riscontrate anche nella frazione lisciviabile;
- le deposizioni secche di **Al**, **Ni** e **Mn** hanno avuto un andamento temporale piuttosto simile: crescente da Aprile ad Agosto e in diminuzione fino a Dicembre. Molto probabilmente questi metalli hanno avuto una sorgente comune, per altro non individuata;
- in Ottobre vi è stata una forte deposizione secca di particolato contenente **As**, **Cr**, **Cu** e **V** nella postazione di Bagni S. Agostino, la cui ragione non è nota;
- escludendo l'anomalia delle deposizioni avvenute ad ottobre, **Cu** e **Zn** sono stati molto abbondanti nelle deposizioni secche di Borgo Aurelia con anche un andamento temporale molto simile, non riscontrabile nelle altre postazioni. E' possibile, quindi, che vi sia stata una sorgente locale influenzante in maniera significativa le deposizioni secche di tale postazione;
- il **V** è stato quasi sempre molto più abbondante nelle deposizioni secche di Parco Antonelli rispetto alle altre postazioni, salvo l'innalzamento generalizzato avvenuto in ottobre in tutte le postazioni.

Nelle figure che seguono sono mostrati invece gli andamenti temporali delle specie ioniche nelle deposizioni secche, sempre espressi in  $\mu\text{g}$  depositati per  $\text{m}^2$ :



Relativamente alle specie ioniche, si possono fare le seguenti osservazioni:

- l'aspetto più interessante sono le elevate deposizioni secche di solfati, nitrati, ammonio e cloruro di sodio, questo ultimo sicuramente attribuibile allo spray marino, che sono avvenute nella postazione di Poggio Ombriccolo in novembre e dicembre. Un andamento analogo, sebbene in misura meno evidente, si è avuto nello stesso periodo anche a Bagni S. Agostino. Se ai solfati totali può aver contribuito l'apporto dei solfati marini, la deposizione anomala di ammonio e nitrati potrebbe invece essere stata dovuta all'utilizzo di concimi inorganici (in particolare nitrato di ammonio) nei campi attorno la postazione di Poggio Ombriccolo. Probabilmente a causa del particolare regime dei venti, le operazioni di concimazione hanno influito anche sulla postazione di Borgo Aurelia;
- sempre nella postazione di Poggio Ombriccolo, vi sono state deposizioni consistenti di ammonio in aprile e settembre. Dato che la deposizione di ammonio in aprile è coincisa con una analoga elevata deposizione di nitrati, è possibile che si sia trattato ancora di operazioni agricole di concimazione chimica. A settembre, è possibile che siano stati utilizzati concimi azotati di tipo ureico, che notoriamente liberano ammoniaca, dato non vi è stata una deposizione anomala di nitrati;
- significative sono state pure le deposizioni di calcio, specie nella postazione di Parco Antonelli. Poiché il clcio è stato rilevato sia nella frazione lisciviabile con acqua sia nella deposizione insolubile (v. tabelle precedenti) dovrebbe essere perlopiù di origine terrigena.
- come prevedibile data la vicinanza al mare, sodio e cloruri sono tra loro molto ben correlati, provenendo da deposizioni secche di sali marini.

Come già visto per le deposizioni umide (v. par. 3.4.1.1), anche nelle deposizioni secche il valore del rapporto in massa tra sodio e cloruri è molto prossimo a quello dell'acqua di mare, pari a **0,56**. Nella tabella sottostante sono stati evidenziati i campioni nei quali il rapporto Na/Cl rimane compreso entro +/- il 10% del rapporto nell'acqua di mare:

| Postazione        | Mese      | Na/Cl<br>mass ratio |
|-------------------|-----------|---------------------|
| Borgo Aurelia     | Aprile    | <b>0.53</b>         |
| Parco Antonelli   | Aprile    | <b>0.54</b>         |
| Poggio Ombriccolo | Aprile    | <b>0.58</b>         |
| Bagni S. Agostino | Aprile    | <b>0.59</b>         |
| Borgo Aurelia     | Maggio    | <b>0.57</b>         |
| Parco Antonelli   | Maggio    | 0.64                |
| Poggio Ombriccolo | Maggio    | <b>0.60</b>         |
| Bagni S. Agostino | Maggio    | <b>0.58</b>         |
| Borgo Aurelia     | Giugno    | <b>0.56</b>         |
| Parco Antonelli   | Giugno    | <b>0.58</b>         |
| Poggio Ombriccolo | Giugno    | <b>0.60</b>         |
| Bagni S. Agostino | Giugno    | <b>0.57</b>         |
| Borgo Aurelia     | Luglio    | 0.62                |
| Parco Antonelli   | Luglio    | <b>0.61</b>         |
| Poggio Ombriccolo | Luglio    | 0.85                |
| Bagni S. Agostino | Luglio    | <b>0.58</b>         |
| Borgo Aurelia     | Agosto    | <b>0.56</b>         |
| Parco Antonelli   | Agosto    | <b>0.58</b>         |
| Poggio Ombriccolo | Agosto    | <b>0.58</b>         |
| Bagni S. Agostino | Agosto    | <b>0.55</b>         |
| Borgo Aurelia     | Settembre | 0.50                |
| Parco Antonelli   | Settembre | 0.49                |
| Poggio Ombriccolo | Settembre | <b>0.59</b>         |
| Bagni S. Agostino | Settembre | <b>0.54</b>         |
| Borgo Aurelia     | Ottobre   | <b>0.57</b>         |
| Parco Antonelli   | Ottobre   | 0.50                |
| Poggio Ombriccolo | Ottobre   | <b>0.53</b>         |
| Bagni S. Agostino | Ottobre   | 0.67                |

| Postazione        | Mese     | Na/Cl<br>mass ratio |
|-------------------|----------|---------------------|
| Borgo Aurelia     | Novembre | 0.57                |
| Parco Antonelli   | Novembre | 0.51                |
| Poggio Ombriccolo | Novembre | 0.57                |
| Bagni S. Agostino | Novembre | 0.56                |
| Borgo Aurelia     | Dicembre | 0.58                |
| Parco Antonelli   | Dicembre | 0.55                |
| Poggio Ombriccolo | Dicembre | 0.58                |
| Bagni S. Agostino | Dicembre | 0.54                |

Nella tabella che segue, sono riassunti i valori di deposizione totale secca di metalli e specie ioniche nelle quattro postazioni di Civitavecchia avvenute durante il 2007. I valori riportati sono comprensivi per ciascun parametro del contributo dato dalla frazione lisciviabile e da quella insolubile in acqua.

| Postazione                               |                              | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|------------------------------------------|------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Al                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 158'266       | 191'778         | 157'562           | 192'281           |
| As                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 213           | 452             | 268               | 5'350             |
| Be                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 26            | 9               | 7                 | 12                |
| Cd                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 119           | 51              | 61                | 83                |
| Co                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 78            | 56              | 63                | 58                |
| Cr                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 976           | 1'100           | 509               | 9'517             |
| Cu                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 4'572         | 1'965           | 704               | 5'213             |
| Hg                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 2             | 2               | 2                 | 1                 |
| Mn                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 4'932         | 5'771           | 6'017             | 5'423             |
| Ni                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 1'323         | 862             | 895               | 1'019             |
| Pb                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 533           | 395             | 366               | 230               |
| Pd                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 308           | 49              | 49                | 154               |
| Pt                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 40            | 40              | 40                | 40                |
| Rh                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 36            | 28              | 30                | 29                |
| Sb                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 98            | 110             | 101               | 105               |
| Se                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 664           | 441             | 582               | 771               |
| Sn                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 1'651         | 639             | 569               | 622               |
| Te                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 30            | 30              | 30                | 30                |
| Ti                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 3'466         | 6'392           | 3'447             | 4'874             |
| Tl                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 195           | 108             | 62                | 73                |
| V                                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 444           | 731             | 370               | 469               |
| Zn                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 60'695        | 6'750           | 8'439             | 11'233            |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 318'895       | 463'120         | 561'168           | 488'855           |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>             | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 361'967       | 317'010         | 855'245           | 400'994           |
| Cl <sup>-</sup>                          | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 755'213       | 777'653         | 1'212'993         | 1'045'934         |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 1'736         | 1'736           | 7'341             | 35'539            |
| Ca                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 873'380       | 1'441'456       | 781'053           | 910'436           |
| Na                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 422'094       | 437'128         | 717'555           | 600'577           |
| Mg                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 109'512       | 119'767         | 135'073           | 178'176           |
| K                                        | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 149'656       | 165'948         | 117'776           | 162'584           |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>             | [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 7'239         | 7'075           | 37'497            | 11'174            |
| <b>Metalli pesanti totali</b>            | [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]   | <b>239</b>    | <b>218</b>      | <b>180</b>        | <b>238</b>        |
| <b>Specie ioniche totali</b>             | [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]   | <b>3'000</b>  | <b>3'731</b>    | <b>4'426</b>      | <b>3'834</b>      |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> non marini | [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]   | 215           | 356             | 385               | 341               |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> marini     | [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]   | 104           | 108             | 177               | 148               |
| NaCl                                     | [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]   | 1177          | 1215            | 1931              | 1647              |

Nella tabella precedente sono stati distinti i contributi dei solfati marini alla deposizione di solfati totali e la deposizione di cloruro di sodio. Quest'ultima ha costituito dal 30 al 40% della deposizione delle specie determinate, come appare anche dalla tabella seguente, in cui i dati della tabella precedente sono stati espressi in termini di distribuzione %, raggruppando insieme tutti i metalli pesanti.

| Postazione                               |     | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccollo | Bagni S. Agostino |
|------------------------------------------|-----|---------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| Metalli pesanti totali                   | [%] | 7.4           | 5.5             | 3.9                | 5.8               |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> non marini | [%] | 6.6           | 9.0             | 8.4                | 8.4               |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> marini     | [%] | 3.2           | 2.7             | 3.8                | 3.6               |
| NaCl                                     | [%] | 36.4          | 30.8            | 41.9               | 40.4              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>             | [%] | 11.2          | 8.0             | 18.6               | 9.8               |
| Cu                                       | [%] | 27.0          | 36.5            | 17.0               | 22.4              |
| Mg                                       | [%] | 3.4           | 3.0             | 2.9                | 4.4               |
| K                                        | [%] | 4.6           | 4.2             | 2.6                | 4.0               |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>             | [%] | 0.2           | 0.2             | 0.8                | 0.3               |

Si noti che la maggior parte della deposizione secca di metalli pesanti, che costituisce peraltro il 4 - 7% della deposizione secca delle specie determinate, è stata dovuta in massima parte a deposizioni di Al, Cu, Mn, Ti e, soprattutto, Zn.

Infine, il rateo giornaliero di deposizione secca di metalli pesanti e specie ioniche, espresso in  $\mu\text{g}$  depositati per  $\text{m}^2$  al **giorno**, calcolato dai valori di deposizione del primo anno di monitoraggio, è mostrato nella tabella seguente:

| Postazione                    |                                       | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccollo | Bagni S. Agostino |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| Al                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 604           | 732             | 601                | 734               |
| As                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.81          | 1.73            | 1.02               | 20.42             |
| Be                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.10          | 0.03            | 0.03               | 0.05              |
| Cd                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.45          | 0.19            | 0.23               | 0.32              |
| Co                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.30          | 0.21            | 0.24               | 0.22              |
| Cr                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 3.73          | 4.20            | 1.94               | 36.33             |
| Cu                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 17.5          | 7.5             | 2.7                | 19.9              |
| Hg                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.01          | 0.01            | 0.01               | 0.00              |
| Mn                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 18.8          | 22.0            | 23.0               | 20.7              |
| Ni                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 5.05          | 3.29            | 3.42               | 3.89              |
| Pb                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 2.03          | 1.51            | 1.40               | 0.88              |
| Pd                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 1.18          | 0.19            | 0.19               | 0.59              |
| Pt                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.15          | 0.15            | 0.15               | 0.15              |
| Rh                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.14          | 0.11            | 0.11               | 0.11              |
| Sb                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.37          | 0.42            | 0.38               | 0.40              |
| Se                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 2.54          | 1.68            | 2.22               | 2.94              |
| Sn                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 6.30          | 2.44            | 2.17               | 2.37              |
| Te                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.11          | 0.11            | 0.11               | 0.11              |
| Ti                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 13.2          | 24.4            | 13.2               | 18.6              |
| Tl                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.74          | 0.41            | 0.24               | 0.28              |
| V                             | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 1.70          | 2.79            | 1.41               | 1.79              |
| Zn                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 232           | 26              | 32                 | 43                |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 1217          | 1768            | 2142               | 1866              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 1382          | 1210            | 3264               | 1531              |
| Cl <sup>-</sup>               | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 2882          | 2968            | 4630               | 3992              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 6.63          | 6.63            | 28.0               | 135.6             |
| Ca                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 3334          | 5502            | 2981               | 3475              |
| Na                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 1611          | 1668            | 2739               | 2292              |
| Mg                            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 418           | 457             | 516                | 680               |
| K                             | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 571           | 633             | 450                | 621               |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 27.6          | 27.0            | 143.1              | 42.6              |

### 3.4.2.2 Idrocarburi Aromatici policiclici (IPA) nelle deposizioni secche

Nelle tabelle che seguono, sono riportate le deposizioni secche totali mensili di Idrocarburi Aromatici Policiclici (IPA), espresse in **ng per m<sup>2</sup>**, nelle quattro postazioni. Per il calcolo si sono utilizzati i criteri già descritti al par. 3.2, ovvero: nel caso di valori di concentrazione inferiori al limite di rivelabilità (LdR), per il calcolo della deposizione rateo si è utilizzato la metà del LdR.

I valori di deposizione secca di IPA riscontrati nella postazione di **Borgo Aurelia** sono mostrati di seguito:

| Postazione                                   | Borgo Aurelia |              |              |              |              |              |              |              |              |          |
|----------------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
|                                              | Mese          | Aprile       | Maggio       | Giugno       | Luglio       | Agosto       | Settembre    | Ottobre      | Novembre     | Dicembre |
| Naftalene [ng/m <sup>2</sup> ]               | 55            | 243          | 18           | 18           | 83           | 470          | 76           | 72           | 1'056        |          |
| 2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]        | 18            | 156          | 18           | 18           | 56           | 517          | 70           | 18           | 301          |          |
| 1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]        | 76            | 272          | 18           | 59           | 121          | 707          | 114          | 18           | 528          |          |
| 2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]    | 18            | 18           | 18           | 18           | 18           | 273          | 55           | 18           | 235          |          |
| Acenaftilene [ng/m <sup>2</sup> ]            | 18            | 18           | 18           | 18           | 18           | 118          | 18           | 18           | 18           |          |
| Acenaftene [ng/m <sup>2</sup> ]              | 18            | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           |          |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ] | 18            | 18           | 18           | 18           | 18           | 58           | 18           | 701          | 390          |          |
| Fluorene [ng/m <sup>2</sup> ]                | 18            | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           |          |
| Fenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]              | 137           | 403          | 18           | 58           | 18           | 143          | 113          | 143          | 174          |          |
| Antracene [ng/m <sup>2</sup> ]               | 18            | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 102          |          |
| 1-Metilfenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]       | 18            | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           |          |
| Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]             | 190           | 443          | 98           | 58           | 18           | 18           | 164          | 971          | 230          |          |
| Pirene [ng/m <sup>2</sup> ]                  | 194           | 330          | 84           | 55           | 18           | 18           | 123          | 295          | 170          |          |
| Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]   | 62            | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           |          |
| Benzo[a]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]       | 136           | 147          | 91           | 83           | 18           | 187          | 353          | 18           | 74           |          |
| Crisene [ng/m <sup>2</sup> ]                 | 173           | 149          | 18           | 18           | 18           | 230          | 209          | 18           | 203          |          |
| Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]   | 146           | 53           | 222          | 53           | 53           | 259          | 53           | 182          | 166          |          |
| Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]     | 53            | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Benzo[e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]          | 53            | 53           | 53           | 53           | 53           | 196          | 53           | 53           | 53           |          |
| Benzo[a]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]          | 139           | 53           | 53           | 53           | 53           | 171          | 53           | 53           | 53           |          |
| Perilene [ng/m <sup>2</sup> ]                | 53            | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]  | 53            | 53           | 53           | 53           | 53           | 209          | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]  | 53            | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>2</sup> ]    | 169           | 53           | 53           | 53           | 53           | 282          | 144          | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]      | 53            | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a,h]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]      | 53            | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a,i]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]      | 53            | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a, l]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]     | 53            | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| <b>Totale [ng/m<sup>2</sup>]</b>             | <b>2'096</b>  | <b>2'919</b> | <b>1'306</b> | <b>1'142</b> | <b>1'124</b> | <b>4'314</b> | <b>2'128</b> | <b>3'140</b> | <b>4'297</b> |          |

I valori di deposizione secca di IPA riscontrati nella postazione di **Parco Antonelli** sono riportati nella tabella seguente:

| Postazione                                   | Parco Antonelli |              |              |              |              |               |              |              |              |          |
|----------------------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------|
|                                              | Mese            | Aprile       | Maggio       | Giugno       | Luglio       | Agosto        | Settembre    | Ottobre      | Novembre     | Dicembre |
| Naftalene [ng/m <sup>2</sup> ]               | 177             | 152          | 75           | 18           | 64           | 1'017         | 77           | 67           | 1'107        |          |
| 2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]        | 123             | 18           | 18           | 18           | 18           | 1'331         | 18           | 18           | 304          |          |
| 1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]        | 271             | 121          | 18           | 53           | 82           | 1'833         | 18           | 18           | 540          |          |
| 2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]    | 87              | 79           | 18           | 18           | 18           | 767           | 18           | 18           | 157          |          |
| Acenaftilene [ng/m <sup>2</sup> ]            | 18              | 18           | 18           | 18           | 18           | 61            | 18           | 18           | 54           |          |
| Acenaftene [ng/m <sup>2</sup> ]              | 18              | 18           | 18           | 18           | 18           | 79            | 18           | 18           | 18           |          |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ] | 18              | 18           | 18           | 18           | 18           | 18            | 18           | 301          | 340          |          |
| Fluorene [ng/m <sup>2</sup> ]                | 18              | 18           | 18           | 18           | 18           | 137           | 18           | 18           | 18           |          |
| Fenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]              | 297             | 185          | 177          | 92           | 122          | 448           | 105          | 117          | 185          |          |
| Antracene [ng/m <sup>2</sup> ]               | 125             | 18           | 18           | 18           | 18           | 61            | 18           | 18           | 18           |          |
| 1-Metilfenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]       | 18              | 18           | 18           | 18           | 18           | 129           | 18           | 18           | 18           |          |
| Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]             | 167             | 211          | 349          | 119          | 112          | 687           | 120          | 169          | 239          |          |
| Pirene [ng/m <sup>2</sup> ]                  | 335             | 244          | 287          | 125          | 115          | 685           | 114          | 150          | 189          |          |
| Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]   | 155             | 18           | 350          | 18           | 18           | 18            | 18           | 18           | 18           |          |
| Benzo[a]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]       | 348             | 237          | 159          | 68           | 68           | 300           | 53           | 57           | 73           |          |
| Crisene [ng/m <sup>2</sup> ]                 | 424             | 149          | 164          | 111          | 132          | 748           | 112          | 143          | 196          |          |
| Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]   | 275             | 53           | 948          | 247          | 195          | 785           | 53           | 213          | 319          |          |
| Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]     | 53              | 53           | 53           | 53           | 53           | 289           | 53           | 53           | 53           |          |
| Benzo[e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]          | 300             | 53           | 223          | 53           | 53           | 652           | 53           | 53           | 173          |          |
| Benzo[a]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]          | 338             | 53           | 214          | 53           | 53           | 383           | 53           | 53           | 53           |          |
| Perilene [ng/m <sup>2</sup> ]                | 53              | 373          | 53           | 53           | 53           | 297           | 53           | 53           | 53           |          |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]  | 149             | 53           | 420          | 53           | 53           | 548           | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]  | 53              | 53           | 53           | 53           | 53           | 137           | 53           | 53           | 53           |          |
| Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>2</sup> ]    | 427             | 53           | 451          | 166          | 53           | 915           | 53           | 53           | 195          |          |
| Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]      | 134             | 53           | 53           | 53           | 53           | 53            | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a,h]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]      | 53              | 53           | 53           | 53           | 53           | 53            | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a,i]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]      | 53              | 53           | 53           | 53           | 53           | 53            | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a, l]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]     | 139             | 53           | 53           | 53           | 53           | 53            | 53           | 53           | 53           |          |
| <b>Totale [ng/m<sup>2</sup>]</b>             | <b>4'623</b>    | <b>2'475</b> | <b>4'347</b> | <b>1'687</b> | <b>1'632</b> | <b>12'537</b> | <b>1'393</b> | <b>1'957</b> | <b>4'634</b> |          |

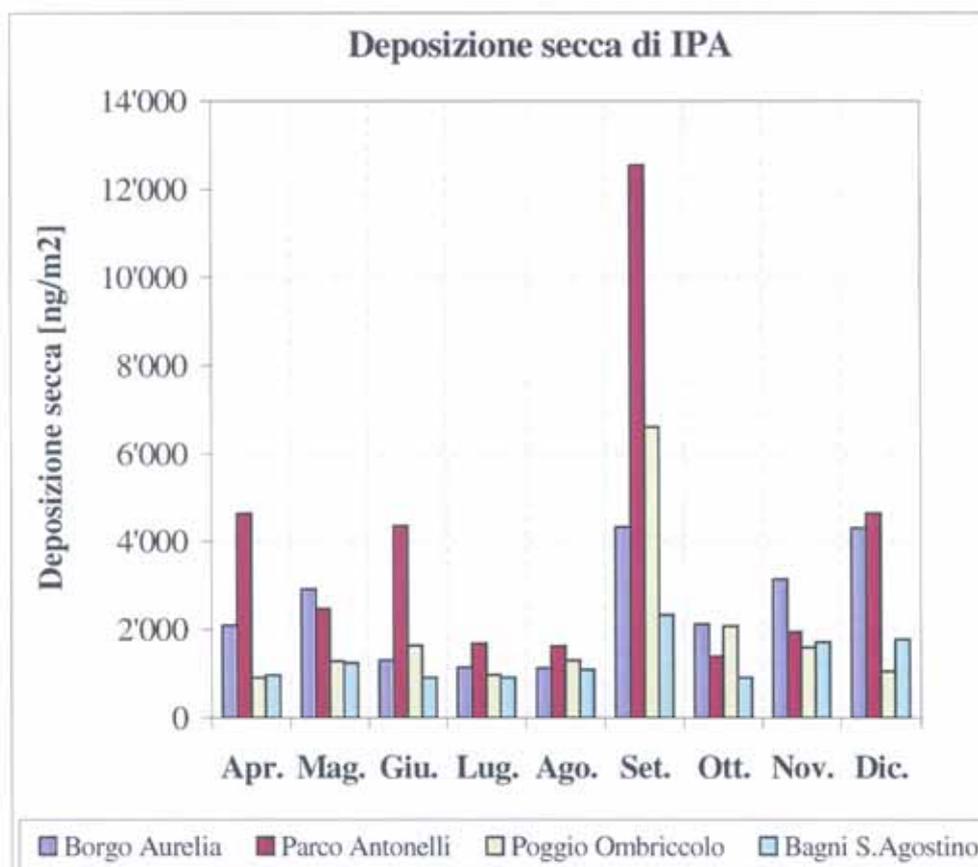
I valori di deposizione secca di IPA riscontrati nella postazione di **Poggio Ombriccolo** sono mostrati nella tabella sottostante:

| Postazione                                   | Poggio Ombriccolo |              |              |            |              |              |              |              |              |          |
|----------------------------------------------|-------------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
|                                              | Mese              | Aprile       | Maggio       | Giugno     | Luglio       | Agosto       | Settembre    | Ottobre      | Novembre     | Dicembre |
| Naftalene [ng/m <sup>2</sup> ]               | 18                | 197          | 273          | 18         | 103          | 796          | 165          | 18           | 114          |          |
| 2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]        | 18                | 18           | 18           | 18         | 18           | 1'244        | 184          | 18           | 18           |          |
| 1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]        | 18                | 77           | 18           | 74         | 18           | 1'383        | 132          | 18           | 65           |          |
| 2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]    | 18                | 18           | 18           | 18         | 18           | 634          | 177          | 18           | 18           |          |
| Acenaftilene [ng/m <sup>2</sup> ]            | 18                | 18           | 18           | 18         | 18           | 54           | 18           | 18           | 18           |          |
| Acenaftene [ng/m <sup>2</sup> ]              | 18                | 18           | 18           | 18         | 18           | 80           | 18           | 18           | 18           |          |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ] | 18                | 18           | 18           | 18         | 18           | 193          | 18           | 514          | 18           |          |
| Fluorene [ng/m <sup>2</sup> ]                | 18                | 18           | 18           | 18         | 18           | 217          | 18           | 18           | 18           |          |
| Fenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]              | 18                | 86           | 110          | 18         | 18           | 400          | 160          | 57           | 18           |          |
| Antracene [ng/m <sup>2</sup> ]               | 18                | 18           | 18           | 18         | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           |          |
| 1-Metilfenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]       | 18                | 18           | 18           | 18         | 18           | 227          | 167          | 18           | 18           |          |
| Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]             | 18                | 18           | 78           | 18         | 93           | 280          | 146          | 84           | 18           |          |
| Pirene [ng/m <sup>2</sup> ]                  | 18                | 18           | 71           | 18         | 73           | 235          | 132          | 65           | 18           |          |
| Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]   | 18                | 18           | 18           | 18         | 18           | 18           | 18           | 18           | 18           |          |
| Benzo[a]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]       | 18                | 76           | 18           | 18         | 18           | 55           | 18           | 18           | 18           |          |
| Crisene [ng/m <sup>2</sup> ]                 | 18                | 18           | 18           | 18         | 84           | 143          | 60           | 56           | 18           |          |
| Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]   | 53                | 53           | 53           | 53         | 160          | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]     | 53                | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Benzo[e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]          | 53                | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Benzo[a]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]          | 53                | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Perilene [ng/m <sup>2</sup> ]                | 53                | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]  | 53                | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]  | 53                | 53           | 318          | 53         | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>2</sup> ]    | 53                | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]      | 53                | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a,h]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]      | 53                | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a,i]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]      | 53                | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a, l]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]     | 53                | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           | 53           | 53           | 53           |          |
| <b>Totale [ng/m<sup>2</sup>]</b>             | <b>917</b>        | <b>1'283</b> | <b>1'644</b> | <b>974</b> | <b>1'308</b> | <b>6'609</b> | <b>2'081</b> | <b>1'605</b> | <b>1'061</b> |          |

I valori di deposizione secca di IPA riscontrati nella postazione di **Bagni S. Agostino** sono mostrati di seguito:

| Postazione                                   | Bagni S. Agostino |              |            |            |              |              |            |              |              |          |
|----------------------------------------------|-------------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|----------|
|                                              | Mese              | Aprile       | Maggio     | Giugno     | Luglio       | Agosto       | Settembre  | Ottobre      | Novembre     | Dicembre |
| Naftalene [ng/m <sup>2</sup> ]               | 18                | 126          | 18         | 18         | 18           | 356          | 18         | 80           | 256          |          |
| 2-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]        | 18                | 18           | 18         | 18         | 18           | 314          | 18         | 18           | 81           |          |
| 1-Metilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]        | 18                | 99           | 18         | 18         | 70           | 439          | 18         | 18           | 128          |          |
| 2,6-Dimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ]    | 18                | 18           | 18         | 18         | 18           | 144          | 18         | 18           | 18           |          |
| Acenaftilene [ng/m <sup>2</sup> ]            | 18                | 18           | 18         | 18         | 18           | 18           | 18         | 18           | 18           |          |
| Acenaftene [ng/m <sup>2</sup> ]              | 18                | 18           | 18         | 18         | 18           | 18           | 18         | 18           | 18           |          |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene [ng/m <sup>2</sup> ] | 18                | 18           | 18         | 18         | 18           | 18           | 18         | 411          | 18           |          |
| Fluorene [ng/m <sup>2</sup> ]                | 18                | 18           | 18         | 18         | 18           | 18           | 18         | 18           | 18           |          |
| Fenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]              | 68                | 100          | 18         | 18         | 57           | 90           | 18         | 116          | 119          |          |
| Antracene [ng/m <sup>2</sup> ]               | 18                | 18           | 18         | 18         | 18           | 18           | 18         | 18           | 18           |          |
| 1-Metilfenantrene [ng/m <sup>2</sup> ]       | 18                | 18           | 18         | 18         | 18           | 18           | 18         | 18           | 18           |          |
| Fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]             | 18                | 18           | 18         | 18         | 64           | 67           | 18         | 124          | 112          |          |
| Pirene [ng/m <sup>2</sup> ]                  | 18                | 18           | 18         | 18         | 54           | 60           | 18         | 94           | 80           |          |
| Ciclopenta[c,d]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]   | 18                | 18           | 18         | 18         | 18           | 18           | 18         | 18           | 18           |          |
| Benzo[a]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]       | 18                | 71           | 18         | 18         | 18           | 18           | 18         | 18           | 18           |          |
| Crisene [ng/m <sup>2</sup> ]                 | 18                | 18           | 18         | 18         | 18           | 88           | 18         | 74           | 101          |          |
| Benzo[b+j]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]   | 53                | 53           | 53         | 53         | 53           | 53           | 53         | 53           | 159          |          |
| Benzo[k]fluorantene [ng/m <sup>2</sup> ]     | 53                | 53           | 53         | 53         | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           |          |
| Benzo[e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]          | 53                | 53           | 53         | 53         | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           |          |
| Benzo[a]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]          | 53                | 53           | 53         | 53         | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           |          |
| Perilene [ng/m <sup>2</sup> ]                | 53                | 53           | 53         | 53         | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           |          |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]  | 53                | 53           | 53         | 53         | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a, h]antracene [ng/m <sup>2</sup> ]  | 53                | 53           | 53         | 53         | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           |          |
| Benzo[g,h,i]perilene [ng/m <sup>2</sup> ]    | 53                | 53           | 53         | 53         | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a,e]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]      | 53                | 53           | 53         | 53         | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a,h]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]      | 53                | 53           | 53         | 53         | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a,i]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]      | 53                | 53           | 53         | 53         | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           |          |
| Dibenzo[a, l]pirene [ng/m <sup>2</sup> ]     | 53                | 53           | 53         | 53         | 53           | 53           | 53         | 53           | 53           |          |
| <b>Totale [ng/m<sup>2</sup>]</b>             | <b>968</b>        | <b>1'243</b> | <b>917</b> | <b>917</b> | <b>1'093</b> | <b>2'333</b> | <b>917</b> | <b>1'712</b> | <b>1'777</b> |          |

I valori di deposizioni mensili di IPA **totali** nelle quattro postazioni sono confrontati nella figura seguente:



Dal complesso dei risultati del primo semestre di monitoraggio, si possono trarre le seguenti osservazioni:

- le deposizioni secche di IPA sono state caratterizzate soprattutto dalla presenza di IPA a 2-3 anelli, alchilati e non alchilati. In taluni mesi si è anche riscontrata la presenza di IPA a 4-5 anelli condensati, di solito associati alle frazioni carboniose del particolato depositato;
- le deposizioni maggiori di IPA si sono avute di solito nelle postazioni di Parco Antonelli e Borgo Aurelia, le minime a Poggio Ombriccolo e a Bagni S. Agostino. Il fatto che le massime deposizioni si siano avute quasi sempre a Parco Antonelli è coerente col fatto che tale postazione è di tipo urbano con traffico veicolare elevato. Anche nella postazione di Borgo Aurelia le deposizioni di IPA sono state significative e potrebbero essere dovute sia al traffico di mezzi pesanti sia alle emissioni delle navi;
- nella postazione rurale di Poggio Ombriccolo, in cui si riscontrano solitamente i valori minimi dei parametri presi in considerazione per il monitoraggio, si è avuta invece una deposizione secca di IPA maggiore di quella che si è riscontrata a Bagni S. Agostino;
- in settembre vi è stata una deposizione di IPA particolarmente elevata, pari a 3-9 volte maggiore di quella dei mesi precedenti a seconda della postazione presa in esame ma non è stato possibile individuare la motivazione.

Nella tabella seguente sono stati riassunti i valori di deposizione secca complessiva avvenuti nel periodo di indagine, espressi in ng per unità di superficie :

| Postazione                                    | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|-----------------------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Naftalene [ng /m <sup>2</sup> ]               | 2'090         | 2'752           | 1'702             | 906               |
| 2-Metilnaftalene [ng /m <sup>2</sup> ]        | 1'171.2       | 1'862.9         | 1'551.2           | 518.0             |
| 1-Metilnaftalene [ng /m <sup>2</sup> ]        | 1'911.3       | 2'954.2         | 1'802.0           | 824.4             |
| 2,6-Dimetilnaftalene [ng /m <sup>2</sup> ]    | 668.7         | 1'179.2         | 934.4             | 284.7             |
| Acenaftilene [ng /m <sup>2</sup> ]            | 258.7         | 238.3           | 195.0             | 158.8             |
| Acenaftene [ng /m <sup>2</sup> ]              | 158.8         | 220.4           | 221.2             | 158.8             |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene [ng /m <sup>2</sup> ] | 1'255.0       | 764.1           | 830.4             | 552.5             |
| Fluorene [ng /m <sup>2</sup> ]                | 158.8         | 278.3           | 358.1             | 158.8             |
| Fenantrene [ng /m <sup>2</sup> ]              | 1'205.3       | 1'727.6         | 882.0             | 602.9             |
| Antracene [ng /m <sup>2</sup> ]               | 242.9         | 309.8           | 158.8             | 158.8             |
| 1-Metilfenantrene [ng /m <sup>2</sup> ]       | 158.8         | 270.1           | 516.8             | 158.8             |
| Fluorantene [ng /m <sup>2</sup> ]             | 2'189.1       | 2'172.2         | 752.0             | 454.7             |
| Pirene [ng /m <sup>2</sup> ]                  | 1'286.3       | 2'244.3         | 645.9             | 376.6             |
| Ciclopenta[c,d]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]   | 203.4         | 628.8           | 158.8             | 158.8             |
| Benzo[a]antracene [ng /m <sup>2</sup> ]       | 1'106.4       | 1'363.2         | 254.1             | 212.3             |
| Crisene [ng /m <sup>2</sup> ]                 | 1'034.0       | 2'179.3         | 431.3             | 369.9             |
| Benzo[b+j]fluorantene [ng /m <sup>2</sup> ]   | 1'187.0       | 3'088.2         | 583.5             | 582.7             |
| Benzo[k]fluorantene [ng /m <sup>2</sup> ]     | 476.4         | 712.4           | 476.4             | 476.4             |
| Benzo[e]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]          | 619.8         | 1'612.0         | 476.4             | 476.4             |
| Benzo[a]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]          | 680.8         | 1'253.2         | 476.4             | 476.4             |
| Perilene [ng /m <sup>2</sup> ]                | 476.4         | 1'040.4         | 476.4             | 476.4             |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]  | 632.7         | 1'435.2         | 476.4             | 476.4             |
| Dibenzo[a, h]antracene [ng /m <sup>2</sup> ]  | 476.4         | 560.4           | 741.9             | 476.4             |
| Benzo[g,h,i]perilene [ng /m <sup>2</sup> ]    | 913.0         | 2'364.6         | 476.4             | 476.4             |
| Dibenzo[a,e]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]      | 476.4         | 557.3           | 476.4             | 476.4             |
| Dibenzo[a,h]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]      | 476.4         | 476.4           | 476.4             | 476.4             |
| Dibenzo[a,i]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]      | 476.4         | 476.4           | 476.4             | 476.4             |
| Dibenzo[a, l]pirene [ng /m <sup>2</sup> ]     | 476.4         | 562.8           | 476.4             | 476.4             |
| <b>Totale [ng /m<sup>2</sup>]</b>             | <b>22'467</b> | <b>35'284</b>   | <b>17'483</b>     | <b>11'877</b>     |

Come si può notare, la deposizione secca complessiva di IPA è stata molto modesta ed è rimasta compresa tra 12 e 35 µg totali per m<sup>2</sup> con il minimo di deposizione a Bagni S. Agostino e il massimo a Parco Antonelli. Da notare che a Poggio Ombriccolo la deposizione secca di IPA è stata quasi equivalente a quella di Borgo Aurelia.

Nella tabella che segue, infine, sono riportati i ratei di deposizione secca di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), espressi in **ng per m<sup>2</sup> al giorno**, calcolati a partire dai dati di deposizione secca del primo semestre:

| Postazione              |                              | Borgo<br>Aurelia | Parco<br>Antonelli | Poggio<br>Ombriacolo | Bagni<br>S. Agostino |
|-------------------------|------------------------------|------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| Naftalene               | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 7.6              | 10.0               | 6.2                  | 3.3                  |
| 2-Metilnaftalene        | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 4.3              | 6.8                | 5.7                  | 1.9                  |
| 1-Metilnaftalene        | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 7.0              | 10.8               | 6.6                  | 3.0                  |
| 2,6-Dimetilnaftalene    | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 2.4              | 4.3                | 3.4                  | 1.0                  |
| Acenaftilene            | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 0.9              | 0.9                | 0.7                  | 0.6                  |
| Acenaftene              | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 0.6              | 0.8                | 0.8                  | 0.6                  |
| 2,3,5-Trimetilnaftalene | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 4.6              | 2.8                | 3.0                  | 2.0                  |
| Fluorene                | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 0.6              | 1.0                | 1.3                  | 0.6                  |
| Fenantrene              | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 4.4              | 6.3                | 3.2                  | 2.2                  |
| Antracene               | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 0.9              | 1.1                | 0.6                  | 0.6                  |
| 1-Metilfenantrene       | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 0.6              | 1.0                | 1.9                  | 0.6                  |
| Fluorantene             | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 8.0              | 7.9                | 2.7                  | 1.7                  |
| Pirene                  | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 4.7              | 8.2                | 2.4                  | 1.4                  |
| Ciclopenta[c,d]pirene   | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 0.7              | 2.3                | 0.6                  | 0.6                  |
| Benzo[a]antracene       | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 4.0              | 5.0                | 0.9                  | 0.8                  |
| Crisene                 | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 3.8              | 8.0                | 1.6                  | 1.4                  |
| Benzo[b+j]fluorantene   | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 4.3              | 11.3               | 2.1                  | 2.1                  |
| Benzo[k]fluorantene     | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 1.7              | 2.6                | 1.7                  | 1.7                  |
| Benzo[e]pirene          | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 2.3              | 5.9                | 1.7                  | 1.7                  |
| Benzo[a]pirene          | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 2.5              | 4.6                | 1.7                  | 1.7                  |
| Perilene                | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 1.7              | 3.8                | 1.7                  | 1.7                  |
| Indeno[1,2,3-cd]pirene  | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 2.3              | 5.2                | 1.7                  | 1.7                  |
| Dibenzo[a, h]antracene  | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 1.7              | 2.0                | 2.7                  | 1.7                  |
| Benzo[g,h,i]perilene    | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 3.3              | 8.6                | 1.7                  | 1.7                  |
| Dibenzo[a,e]pirene      | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 1.7              | 2.0                | 1.7                  | 1.7                  |
| Dibenzo[a,h]pirene      | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 1.7              | 1.7                | 1.7                  | 1.7                  |
| Dibenzo[a,i]pirene      | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 1.7              | 1.7                | 1.7                  | 1.7                  |
| Dibenzo[a, l]pirene     | [ng /m <sup>2</sup> /d]      | 1.7              | 2.1                | 1.7                  | 1.7                  |
| <b>Totale</b>           | <b>[ng /m<sup>2</sup>/d]</b> | <b>82</b>        | <b>129</b>         | <b>64</b>            | <b>43</b>            |

### 3.4.2.3 Composizione e rateo della deposizione secca

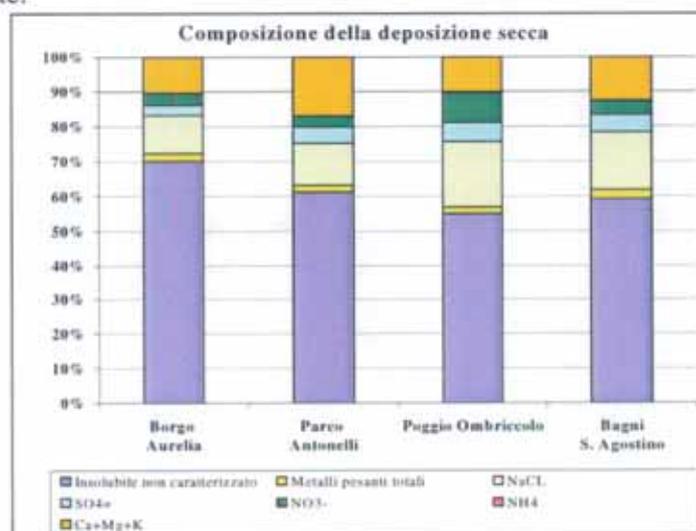
Nella tabella sottostante è riportata la composizione della deposizione secca avvenuta nel corso del 2007 in ciascuna postazione, raggruppando le sostanze determinate e tenendo conto anche della frazione di particolato insolubile che non è stato caratterizzato. Quest'ultimo comprende elementi cristallini quali silicio e ferro che non sono compresi nel protocollo analitico, presenti sotto forma di ossidi nel particolato sedimentabile. Non è stata inclusa invece la deposizione secca di IPA in quanto quantitativamente assolutamente trascurabile in termini massivi rispetto alle altre componenti.

| Postaz.                       |                      | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|-------------------------------|----------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Insolubile non caratterizzato | [mg/m <sup>3</sup> ] | 7'576         | 6'203           | 5'617             | 5'876             |
| Metalli pesanti totali        | [mg/m <sup>3</sup> ] | 239           | 218             | 180               | 238               |
| NaCl                          | [mg/m <sup>3</sup> ] | 1'172         | 1'207           | 1'926             | 1'641             |
| SO <sub>4</sub> =             | [mg/m <sup>3</sup> ] | 319           | 463             | 561               | 489               |
| NO <sub>3</sub> -             | [mg/m <sup>3</sup> ] | 362           | 317             | 855               | 401               |
| NH <sub>4</sub>               | [mg/m <sup>3</sup> ] | 7             | 7               | 37                | 11                |
| Ca+Mg+K                       | [mg/m <sup>3</sup> ] | 1'133         | 1'727           | 1'034             | 1'251             |
| <b>Totale</b>                 | [mg/m <sup>3</sup> ] | <b>10'807</b> | <b>10'142</b>   | <b>10'212</b>     | <b>9'908</b>      |

Tenendo conto anche della frazione di particolato sedimentabile non caratterizzato, la deposizione totale secca annua è stata abbastanza uniforme nelle quattro postazioni e valutabile in circa 10 g/m<sup>2</sup>. Vi sono invece delle differenze tra le postazioni in termini di entità di specie caratterizzate: oltre il 70% della deposizione secca di Borgo Aurelia non è stata caratterizzata mentre si è riusciti a caratterizzare il 45% della deposizione secca di Poggio Ombriccolo, come si può notare dalla tabella sottostante in cui è riportata la distribuzione % delle varie specie chimiche rispetto al totale della deposizione secca:

| Postaz.                       |     | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|-------------------------------|-----|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Insolubile non caratterizzato | (%) | 70,1          | 61,2            | 55,0              | 59,3              |
| Metalli pesanti totali        | (%) | 2,2           | 2,1             | 1,8               | 2,4               |
| NaCl                          | (%) | 10,8          | 11,9            | 18,9              | 16,6              |
| SO <sub>4</sub> =             | (%) | 3,0           | 4,6             | 5,5               | 4,9               |
| NO <sub>3</sub> -             | (%) | 3,3           | 3,1             | 8,4               | 4,0               |
| NH <sub>4</sub>               | (%) | 0,1           | 0,1             | 0,4               | 0,1               |
| Ca+Mg+K                       | (%) | 10,5          | 17,0            | 10,1              | 12,6              |

La distribuzione % delle componenti della deposizione secca è rappresentata anche in forma grafica nella figura sottostante:



Per quanto riguarda le postazioni di Parco Antonelli e Bagni S. Agostino, circa il 40% della deposizione secca è stata caratterizzata. I diversi gradi di caratterizzazione della deposizione secca dovrebbero dipendere in larga parte dalle sorgenti di differente tipologia che influenzano queste postazioni. Infatti, sorprendentemente, risulta che le deposizioni di spray marino influenzano molto più le deposizioni secche di Poggio Ombriccolo, postazione abbastanza lontana dal mare, rispetto a quelle che avvengono nelle postazioni di Parco Antonelli e Borgo Aurelia, più prossime alla costa.

Nella tabella seguente sono stati riassunti i ratei stagionali di deposizione secca, espressi in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}$ , aggregando i parametri determinati (v. par. precedenti) in classi principali e tenendo conto dell'entità del particolato sedimentabile non caratterizzato. Non sono stati inclusi i valori per gli IPA, in quanto trascurabili in termini di massa depositata (v. par. precedente).

| Postaz.                       |                                   | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Insolubile non caratterizzato | $[\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 28.1          | 23.0            | 20.8              | 21.8              |
| Metalli pesanti totali        | $[\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.9           | 0.8             | 0.7               | 0.9               |
| NaCL                          | $[\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 4.3           | 4.5             | 7.1               | 6.1               |
| SO4=                          | $[\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 1.2           | 1.7             | 2.1               | 1.8               |
| NO3-                          | $[\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 1.3           | 1.2             | 3.2               | 1.5               |
| NH4                           | $[\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.03          | 0.03            | 0.14              | 0.04              |
| Ca+Mg+K                       | $[\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 4.2           | 6.4             | 3.8               | 4.6               |
| Totale                        | $[\text{mg}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 40            | 38              | 38                | 37                |

Purtroppo, per il territorio italiano, esistono ben pochi dati di ratei della deposizioni secche e risulta difficile effettuare valutazioni e confronti. Tra gli scarsissimi dati disponibili, vi sono quelli relativi della stazione di rilevamento dell'Istituto Superiore di Sanità, ubicata a Roma in zona classificabile come "orientata al traffico", di cui sono stati pubblicati i dati per il 2003 e 2004 nel Rapporto ISTISAN 06/13<sup>(15)</sup>. I valori del rateo di deposizione di polveri sedimentabili totali misurati in Roma è stato di  $59.3 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{d}$  nel 2003 e  $47.3 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{d}$  nel 2004, molto ben confrontabili con i valori di  $37\text{-}40 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{d}$  riscontrati nelle postazioni di Civitavecchia nel 2007.

Un ulteriore confronto si può effettuare relativamente ai ratei di deposizione secca di alcuni metalli (As, Cd, Ni e Pb) per la città di Roma, pubblicati anch'essi nel citato rapporto ISTISAN. Nella tabelle sottostanti sono messi a confronto i ratei di deposizione secca di As, Cd, Ni e Pb determinati nelle postazioni di Civitavecchia con quelli misurati nella postazione ISS di Roma:

| Postazione |                                     | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|------------|-------------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| As         | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.81          | 1.73            | 1.02              | 20.42             |
| Cd         | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.45          | 0.19            | 0.23              | 0.32              |
| Ni         | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 5.05          | 3.29            | 3.42              | 3.89              |
| Pb         | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 2.03          | 1.51            | 1.40              | 0.88              |

| Postazione ISS di Roma |                                     | Anno 2003 | Anno 2004 |
|------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
| As                     | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 9.25      | 6.97      |
| Cd                     | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.33      | 0.20      |
| Ni                     | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 4.78      | 8.39      |
| Pb                     | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 21.6      | 14.2      |

Tenuto conto delle differenze dovute alle diverse tipologie di stazioni di raccolta delle deposizioni secche, si nota comunque un buon accordo tra i due siti (Roma e Civitavecchia) tra i ratei di deposizione di Cd e Ni. A Roma si è avuto invece un rateo di deposizione secca del Pb di circa 10-20 volte rispetto a

<sup>15</sup> Cattani G., Viviano G.: Stazione di rilevamento dell'Istituto Superiore di Sanità per lo studio della qualità dell'aria: anni 2003 e 2004". Rapporto ISTISAN06/13 (2006)

quello determinato a Civitavecchia. Poiché è opinione diffusa nella letteratura scientifica che il Pb in ambiente urbano sia attribuibile al risolleramento di polveri stradali in cui è ancora presente il Pb usato a suo tempo come antidetonante nelle benzine, è molto probabile che i differenti ratei di deposizione del Pb siano attribuibili ai ben diversi regimi di traffico di Roma e Civitavecchia.

Per quanto riguarda l'Arsenico, vi è un marcato maggiore rateo di deposizione a Roma rispetto a quello determinato nelle postazioni di Civitavecchia e ISS commenta che "i dati lascerebbero supporre la presenza di una sorgente locale che tuttavia non è stata identificata" <sup>(16)</sup> e ritengono che vi possano essere significativi fattori di "confondimento" dovuti al risolleramento delle polveri stradali. Dato che i terreni laziali sono ricchi di minerali di Arsenico è possibile che la sorgente locale siano in realtà estemporanei apporti terrigeni, come può essere accaduto nella postazione di Bagni S. Agostino ad Ottobre, in cui l'anomala elevata deposizione di quel mese ha innalzato di parecchio la media annuale.

Un ulteriore confronto può essere fatto con i valori di intervalli di ratei di deposizione secca per diverse tipologie di aree (rurali, urbane, industriali) pubblicate in uno studio della Comunità Europea e riportate nel citato Rapporto ISTISAN 06/13. I dati sono mostrati nella tabella seguente, confrontati con gli intervalli determinati a Civitavecchia:

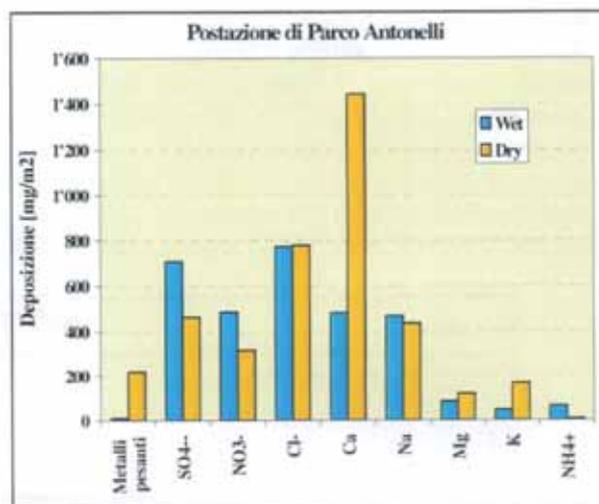
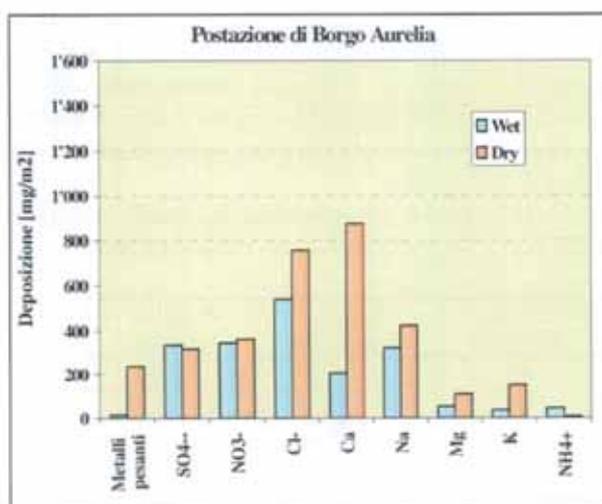
| Metallo                                  | Aree rurali  | Aree urbane | Aree industriali | Civitavecchia   |
|------------------------------------------|--------------|-------------|------------------|-----------------|
| As [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.082- 0.43  | 0.22 - 3.4  | 2.0 - 4.3        | 0.81 - 1.73 (*) |
| Cd [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.011 - 0.14 | 0.16 - 0.90 | 0.12 - 4.6       | 0.19 - 0.45     |
| Ni [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ] | 0.03 - 4.3   | 5 - 11      | 2.3 - 22         | 3.3 - 5.1       |

(\*) - E' stato escluso il valore anomalo di Bagni S. Agostino

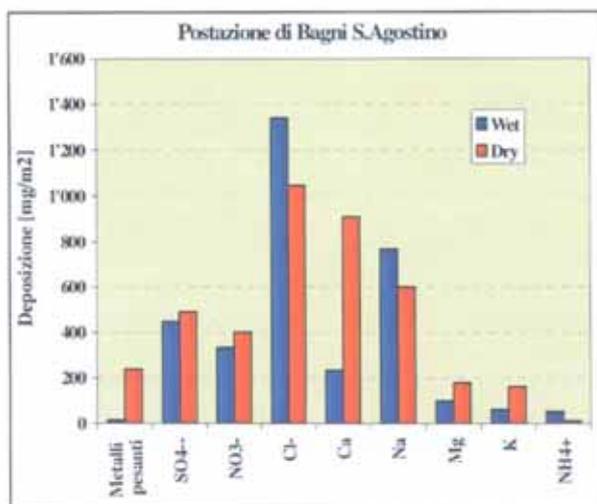
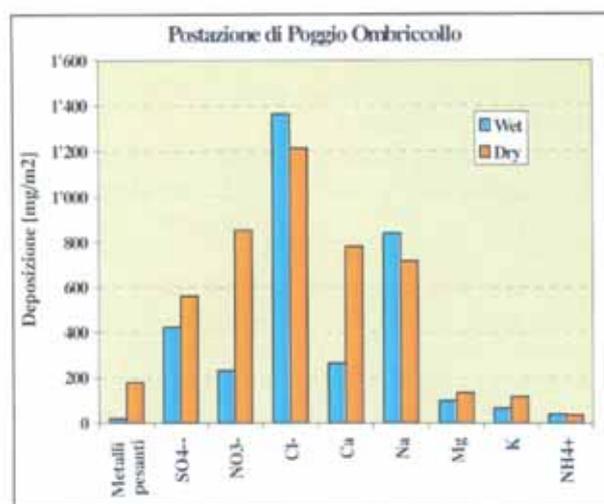
In questo caso i ratei di deposizione secca di Civitavecchia sono molto ben assimilabili a quelli del tipico intervallo delle aree urbane.

### 3.4.3 Deposizioni totali da eventi umidi e secchi

Le figure che seguono riassumono graficamente gli apporti al suolo complessivi, espressi in  $\text{mg}/\text{m}^2$ , di metalli e specie ioniche dovuti alle deposizioni atmosferiche del 2007, già riportati nei paragrafi precedenti. Non sono stati inseriti nel conteggio gli IPA in quanto poco significativi a confronto con gli altri parametri. I metalli pesanti sono stati raggruppati in un'unica voce mentre sono state mantenute distinte le deposizioni delle singole specie ioniche:



<sup>16</sup> *ibidem*, pag. 61



Dai grafici precedenti, spicca la elevata deposizione al suolo di cloruro di sodio che è avvenuta sia attraverso eventi piovosi sia attraverso la deposizione secca di spray marino. Da notare che nella postazione geograficamente più vicine al mare, ovvero Bagni S. Agostino, la deposizione di sale marino è avvenuta per la maggior parte attraverso eventi di pioggia, come accaduto per quella di Poggio Ombriccolo, la più lontana dal mare. La deposizione secca invece ha apportato la maggior parte del sale marino nelle postazioni di Borgo Aurelia e Parco Antonelli.

La deposizione di metalli pesanti è avvenuta prevalentemente attraverso le polveri sedimentabili (deposizioni *dry*) e gli eventi umidi hanno depositato al suolo non più del 10% della deposizione atmosferica complessiva. Come introdotto in precedenza, la deposizione di metalli pesanti è per lo più costituita da elementi metallici cristallini e gli apporti di metalli antropogenici sembrerebbero stati scarsi (v. par. 3.4.1.1 e 3.4.2.1).

La significativa influenza sul comprensorio di Civitavecchia di apporti dovuti a trasporti di sabbie sahariane risulta chiara dall'elevato contenuto di calcio delle deposizioni secche, particolarmente evidente nelle postazioni di Parco Antonelli e Bagni S. Agostino. Il calcio è uno degli elementi più abbondanti nelle sabbie del Sahara e, essendo presente sotto forma di specie alcaline, è in grado di neutralizzare l'acidità atmosferica e quindi anche quella delle piogge, come è stato mostrato al par. 3.4.1.1.

Per quanto riguarda solfati e nitrati, si nota che nelle postazioni più urbanizzate e trafficate (Parco Antonelli e Borgo Aurelia) la deposizione di queste due specie sia avvenuta prevalentemente per via umida, il contrario in quelle meno trafficate di Bagni S. Agostino e Poggio Ombriccolo. Se in quest'ultima postazione, si è ragionevolmente sicuri che buona parte della deposizione secca di nitrati sia stata dovuta a lavorazioni agricole (utilizzo di concimi) è meno agevole dare una spiegazione per la rilevanza delle deposizioni secche di nitrati e solfati a Bagni S. Agostino.

Nella tabella che segue, è riportata la composizione % delle **deposizioni atmosferiche totali** avvenute nel 2007, introducendo anche il particolato insolubile che non è stato caratterizzato chimicamente:

| Postazione                    |     | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|-------------------------------|-----|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Insolubile non caratterizzato | [%] | 59,6          | 46,7            | 41,4              | 44,3              |
| Metalli pesanti totali        | [%] | 2,0           | 1,7             | 1,5               | 1,9               |
| SO4 <sup>-</sup> non marini   | [%] | 3,7           | 7,1             | 4,4               | 4,5               |
| SO4 <sup>-</sup> marini       | [%] | 1,4           | 1,7             | 2,8               | 2,5               |
| NaCl                          | [%] | 16,1          | 18,5            | 30,5              | 28,3              |
| NO3 <sup>-</sup>              | [%] | 5,6           | 6,1             | 8,0               | 5,5               |
| Ca                            | [%] | 8,5           | 14,5            | 7,7               | 8,6               |
| Mg                            | [%] | 1,3           | 1,5             | 1,7               | 2,1               |
| K                             | [%] | 1,5           | 1,6             | 1,4               | 1,7               |
| NH4 <sup>+</sup>              | [%] | 0,4           | 0,5             | 0,6               | 0,5               |

Come prevedibile, la massima parte della deposizione atmosferica non è stata caratterizzata e dovrebbe essere composta da frazioni minerali composte da tipici ossidi di costituenti cristallini come Si e Fe.

Il 16 ÷ 30% delle deposizioni atmosferiche sono dovute a cloruro di sodio da sali marini che apportano anche tra 1.4 ÷ 2.8% di solfati. I solfati non marini costituiscono così tra il 3.7 ÷ 7.7% delle deposizioni, un intervallo di valori confrontabile con quello dei nitrati che rappresentano tra il 5.5 ÷ 8.0% delle deposizioni atmosferiche.

Come già evidenziato in precedenza, la deposizione di calcio è molto significativa e costituisce tra il 7.7 ÷ 14.5 % delle deposizioni.

Nelle tabelle che segue sono riportate le deposizioni atmosferiche totali delle specie analizzate espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  o  $\text{mg}/\text{m}^2$ :

| Postazione                              |                              | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|-----------------------------------------|------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Al                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 161'869       | 196'195         | 161'626           | 198'705           |
| As                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 427           | 689             | 530               | 5'600             |
| Be                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 48            | 37              | 35                | 37                |
| Cd                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 157           | 72              | 83                | 120               |
| Co                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 96            | 77              | 84                | 80                |
| Cr                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1'058         | 1'197           | 599               | 9'620             |
| Cu                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 4'951         | 2'177           | 966               | 5'511             |
| Hg                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 41            | 48              | 46                | 45                |
| Mn                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 5'672         | 6'284           | 6'589             | 6'076             |
| Ni                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1'486         | 1'016           | 1'081             | 1'187             |
| Pb                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 594           | 451             | 437               | 294               |
| Pd                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 415           | 171             | 168               | 272               |
| Pt                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 82            | 91              | 85                | 86                |
| Rh                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 93            | 111             | 89                | 88                |
| Sb                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 140           | 156             | 149               | 145               |
| Se                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1'105         | 1'015           | 1'097             | 1'264             |
| Sn                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1'791         | 747             | 695               | 780               |
| Te                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 112           | 126             | 164               | 128               |
| Ti                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 4'607         | 7'049           | 4'442             | 5'508             |
| Tl                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 236           | 156             | 108               | 119               |
| V                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 687           | 1'052           | 579               | 664               |
| Zn                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 68'206        | 8'138           | 19'643            | 14'764            |
| SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>           | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 654'183       | 1'169'982       | 984'966           | 936'820           |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 706'917       | 804'562         | 1'086'611         | 734'207           |
| Cl <sup>-</sup>                         | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1'295'370     | 1'549'833       | 2'576'734         | 2'386'554         |
| Ca                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 1'078'968     | 1'924'701       | 1'045'345         | 1'145'074         |
| Na                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 745'547       | 905'025         | 1'558'062         | 1'369'124         |
| Mg                                      | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 163'255       | 205'691         | 235'633           | 278'638           |
| K                                       | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 185'732       | 212'424         | 183'748           | 223'370           |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>            | [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] | 50'851        | 72'899          | 77'898            | 62'931            |
| <b>Metalli pesanti totali</b>           | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | <b>254</b>    | <b>227</b>      | <b>199</b>        | <b>251</b>        |
| <b>Specie ioniche totali</b>            | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | <b>4'881</b>  | <b>6'845</b>    | <b>7'749</b>      | <b>7'137</b>      |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> non marini | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 471           | 947             | 602               | 600               |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> marini     | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 183           | 223             | 383               | 337               |
| NaCl                                    | [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ]   | 2041          | 2455            | 4135              | 3756              |

Infine, il rateo di deposizione giornaliero, espresso in  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ , è riportato nella tabella seguente:

| Postazione                               |                                     | Borgo Aurelia | Parco Antonelli | Poggio Ombriccolo | Bagni S. Agostino |
|------------------------------------------|-------------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Al                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 618           | 749             | 617               | 758               |
| As                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 1.6           | 2.6             | 2.0               | 21.4              |
| Be                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.2           | 0.1             | 0.1               | 0.1               |
| Cd                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.6           | 0.3             | 0.3               | 0.5               |
| Co                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.4           | 0.3             | 0.3               | 0.3               |
| Cr                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 4.0           | 4.6             | 2.3               | 36.7              |
| Cu                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 18.9          | 8.3             | 3.7               | 21.0              |
| Hg                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.2           | 0.2             | 0.2               | 0.2               |
| Mn                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 21.6          | 24.0            | 25.1              | 23.2              |
| Ni                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 5.7           | 3.9             | 4.1               | 4.5               |
| Pb                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 2.3           | 1.7             | 1.7               | 1.1               |
| Pd                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 1.6           | 0.7             | 0.6               | 1.0               |
| Pt                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.3           | 0.3             | 0.3               | 0.3               |
| Rh                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.4           | 0.4             | 0.3               | 0.3               |
| Sb                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.5           | 0.6             | 0.6               | 0.6               |
| Se                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 4.2           | 3.9             | 4.2               | 4.8               |
| Sn                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 6.8           | 2.9             | 2.7               | 3.0               |
| Te                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.4           | 0.5             | 0.6               | 0.5               |
| Ti                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 17.6          | 26.9            | 17.0              | 21.0              |
| Π                                        | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 0.9           | 0.6             | 0.4               | 0.5               |
| V                                        | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 2.6           | 4.0             | 2.2               | 2.5               |
| Zn                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 260           | 31              | 75                | 56                |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>            | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 2'497         | 4'466           | 3'759             | 3'576             |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>             | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 2'698         | 3'071           | 4'147             | 2'802             |
| Cl <sup>-</sup>                          | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 4'944         | 5'915           | 9'835             | 9'109             |
| Ca                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 4'118         | 7'346           | 3'990             | 4'371             |
| Na                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 2'846         | 3'454           | 5'947             | 5'226             |
| Mg                                       | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 623           | 785             | 899               | 1'064             |
| K                                        | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 709           | 811             | 701               | 853               |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>             | $[\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}]$ | 194           | 278             | 297               | 240               |
| <b>Metalli pesanti totali</b>            | $[\text{mg}/\text{m}^2]$            | <b>0.97</b>   | <b>0.87</b>     | <b>0.76</b>       | <b>0.96</b>       |
| <b>Specie ioniche totali</b>             | $[\text{mg}/\text{m}^2]$            | <b>18.6</b>   | <b>26.1</b>     | <b>29.6</b>       | <b>27.2</b>       |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> non marini | $[\text{mg}/\text{m}^2]$            | 1.8           | 3.6             | 2.3               | 2.3               |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> marini     | $[\text{mg}/\text{m}^2]$            | 0.7           | 0.8             | 1.5               | 1.3               |
| NaCl                                     | $[\text{mg}/\text{m}^2]$            | 7.8           | 9.4             | 15.8              | 14.3              |

## 4 CONCLUSIONI

Il primo anno di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico del comprensorio di Civitavecchia ha permesso di delineare un quadro conoscitivo abbastanza dettagliato relativamente ai valori di concentrazione degli inquinanti atmosferici aerodispersi e della entità di quelli ricondotti al suolo dalle deposizioni atmosferiche umide e secche, rilevando anche alcuni andamenti caratteristici. I punti principali sono riassunti di seguito.

### Particolato PM10:

- l'intervallo dei dati di concentrazione media annuale di **PM10** nelle quattro postazioni ha mostrato una variabilità del dato non molto elevata, rimanendo compreso tra i  $19.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della postazione rurale di Poggio Ombriccolo e i  $30.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della postazione urbana di Parco Antonelli. Nelle postazioni di Borgo Aurelia e Bagni S. Agostino la polverosità media è stata invece di circa  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore intermedio tra quelli delle due precedenti postazioni. La polverosità media annuale ricavata mediando i dati delle quattro postazioni è stata di  $24.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ben inferiore al valore limite di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della normativa italiana. Nelle quattro postazioni, complessivamente si sono avuti 20 superamenti della soglia giornaliera di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 13 dei quali nella sola postazione di Parco Antonelli. E' probabile che alcuni dei superamenti giornalieri siano attribuibili in realtà ad apporti da lunga distanza di polveri di origine sahariana, come si dedurrebbe dall'analisi delle *backtrjectories* dei giorni precedenti gli eventi;
- per quanto riguarda i **metalli pesanti** nel particolato PM10, si sono riscontrate concentrazioni relative elevate di Al e Zn. Cr, Cu, Mn, Ni Pb e Ti sono presenti invece a concentrazioni nettamente inferiori a quelle di Al e Zn. E' probabile che alcuni metalli siano associabili a componenti terrigene del particolato piuttosto che a emissioni antropiche locali, data anche la sussistenza di particolari andamenti temporali che vanno per altro confermati nel proseguimento dell'attività di monitoraggio. Nella postazione urbana di Parco Antonelli, la più trafficata, si sono avute le concentrazioni più elevate di Cu e Sb e, nella letteratura scientifica si assume che tali metalli siano "marker" del traffico veicolare, in quanto si associano all'usura degli apparati frenanti. As è raramente presente nel PM10 a concentrazioni maggiori del limite di rivelabilità; quando ciò è accaduto, lo si è riscontrato prevalentemente nella postazione rurale di Poggio Ombriccolo. In ottobre si è avuto un innalzamento significativo della concentrazione in aria di molti metalli e in particolare per As e Zn, la cui causa non è stata individuata. **Nessuno dei metalli previsti dalla normativa italiana o dai valori guida della qualità dell'aria di WHO ha superato i valori limite;**
- le **specie ioniche** (metalli alcalino terrosi, ammonio, solfati, nitrati e cloruri) sono risultate essere sempre la componente maggioritaria del particolato. Sono state riscontrate elevate concentrazioni di solfati, nitrati e di cloruro di sodio. Quest'ultimo è sicuramente di origine marina e si sono avuti valori di concentrazione particolarmente elevati in luglio e settembre in tutte le postazioni, a dicembre solo per alcune postazioni. I solfati hanno mostrato un insolito andamento a decrescere nel corso del 2007 mentre la concentrazione dei nitrati è rimasta abbastanza costante nel corso del tempo. Solfati e ammonio sono abbastanza ben correlati tra loro e ciò è indicativo della presenza in aria di particolato secondario costituito per l'appunto da solfati di ammonio  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ e } \text{NH}_4\text{HSO}_4]$ ;
- oltre il 40 % della componente del PM10 rimane non caratterizzata e buona parte di essa è probabile che sia costituita da sostanze terrigene, come ossidi di Si e Fe e dalla componente organica non inclusa nel protocollo analitico, soprattutto carbonio elementare e sostanze organiche di origine biogenica.

### Idrocarburi aromatici policiclici (IPA) nel PTS:

- nell'atmosfera di Civitavecchia sembrano essere prevalenti IPA da 2 a 4 anelli, probabilmente associabili ad emissioni da motori a combustione interna sia veicolari sia navali, quali: naftalene e i suoi derivati metilici, fenantrene, fluorantene e pirene;
- gli IPA a 5-6 anelli, tra i quali si annoverano i composti cancerogeni, sono stati pressoché assenti nel PTS nei mesi da aprile a settembre e sono diventati rilevabili nei mesi più freddi (ottobre – dicembre). In particolare, il **benzo(a)pirene**, l'unico IPA normato dalla legislazione italiana, è stato

rilevato saltuariamente, peraltro a **bassa concentrazione e ben al di sotto del valore limite di 1 ng/m<sup>3</sup>**;

- nella postazione di Parco Antonelli, la più trafficata, si sono sempre riscontrati sistematicamente i valori più elevati di IPA mentre le minime concentrazioni si sono avute nella postazione rurale di Poggio Ombriccolo. Su base annuale, i valori medi sono rimasti compresi tra i 2.2 ng/m<sup>3</sup> di Poggio Ombriccolo e i 9.8 ng/m<sup>3</sup> di Parco Antonelli. La media annuale calcolata su tutti i dati delle quattro postazioni è di 5.7 ng/m<sup>3</sup>.

#### Deposizioni umide (*wet*):

- l'**acidità** delle deposizioni è stata molto bassa e solo sporadicamente si sono misurati valori di pH inferiori a 5.56, il pH considerato neutro per le precipitazioni. Come conseguenza, l'80 - 100 % degli acidi forti (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e HNO<sub>3</sub>) presenti nelle deposizioni sono stati dilavati a terra già neutralizzati e ciò dovrebbe dipendere dalla presenza in aria di componenti terrigene fortemente alcaline, presumibilmente associabili alle caratteristiche del suolo della zona;
- per quanto riguarda i **metalli pesanti**, la maggiore deposizione si è avuta a maggio ed ottobre in tutte le postazioni per via delle elevate precipitazioni. I metalli riscontrati a maggiore concentrazione sono stati Al, Zn, Ti e Mn ma saltuariamente si sono avute deposizioni elevate di qualche metallo che sembrano più legate a singoli apporti terrigeni o eventi locali piuttosto che a attività antropiche diffuse;
- le specie ioniche (metalli alcalini terrosi, ammonio e anioni) sono apparse dominate dalla presenza di sali marini; il solo NaCl rappresenta dal 40 al 65% delle specie determinate nelle deposizioni umide. La deposizione totale annua dovuta ad eventi umidi, a seconda delle postazioni in cui la si misura, assomma a 9 - 19 mg/m<sup>2</sup> per quanto riguarda i metalli (i soli Al e Zn costituiscono oltre il 60-80% del totale dei metalli pesanti) e a 1800 - 3300 mg/m<sup>2</sup> per quanto concerne le specie ioniche;
- gli **IPA** sono stati riscontrati in concentrazioni modestissime e ciò si è tradotto in deposizioni complessive annuali comprese tra 23 e 34 µg totali per m<sup>2</sup> a seconda della postazione, corrispondenti a ratei di deposizione pari a 87 - 118 ng/m<sup>2</sup>/d.

#### Deposizioni secche (*dry*):

- il rateo di deposizione secca di particolato totale sedimentabile è rimasto compreso tra 37 e 40 mg/m<sup>2</sup>/d e nessuna postazione pare essere stata interessata da sistematici eventi massivi di deposizioni secche.
- la frazione insolubile della deposizione secca contiene la maggior parte dei metalli pesanti. Per **Mn, Ti, V e Zn** si riscontrano significative quantità anche nella frazione lisciviabile. **Al, Mn e Ni** sembrano avere lo stesso andamento temporale: crescente da aprile ad agosto e in diminuzione fino a Dicembre e quindi questi metalli dovrebbero avere la medesima sorgente. **Cu e Zn** sono molto abbondanti nelle deposizioni secche di Borgo Aurelia e presentano un andamento temporale molto simile, non rilevabile per le altre postazioni: è probabile, quindi, che vi sia una sorgente locale influenzante in maniera significativa le deposizioni secche di tale postazione. Il **V** è quasi sempre più abbondante nelle deposizioni secche di Parco Antonelli ma è presente anche in maniera significativa in quelle di Borgo Aurelia;
- in ottobre è avvenuto un evento di deposizione secca a Bagni S. Agostino che ha provocato ingenti deposizioni secche di As, Cr e Cu e V;
- la vicinanza del mare ha apportato una significativa deposizione secca di **spray marino**, costituito prevalentemente da cloruro di sodio che da solo conta per una deposizione pari a 1100 - 1900 g/m<sup>2</sup> all'anno. Sorprendentemente la postazione di Poggio Ombriccolo, la più lontana dal mare delle quattro, ha subito i maggiori apporti di spray marino in novembre e dicembre;
- a Poggio Ombriccolo si sono avute in novembre e dicembre anche elevate deposizioni di **nitrati e ammonio** e del solo ammonio in settembre. Queste eventi così peculiari sono quasi certamente riconducibili ad attività agricole;
- le deposizioni secca totale di **IPA** conta per 12 - 35 µg/m<sup>2</sup> annui a seconda della postazione (massime deposizioni a Parco Antonelli, minime a Bagni S. Agostino) ed è caratterizzata soprattutto da deposizione di IPA a 2-4 anelli, alchilati e non alchilati, e saltuariamente anche di IPA a 5-6 anelli condensati, questi ultimi associati alle frazioni carboniose del particolato depositato;

- in settembre vi è stata una deposizione di IPA totali particolarmente elevata, pari a 3-9 volte maggiore di quella dei mesi precedenti a seconda della postazione presa in esame;
- il particolato insolubile non caratterizzato ha rappresentato dal 55 al 70 % dell'intera deposizione secca di particolato sedimentabile totale.