



**CAMPAGNA DI MISURAZIONE DELLA  
QUALITÀ DELL'ARIA  
AUTOLABORATORIO ANNO 2018  
ZONA VALDARNO ARETINO E VALDICHIANA**

**BADIA AL PINO – TEGOLETO  
CIVITELLA IN VAL DI CHIANA**

**Area Vasta Toscana Costa –  
Settore “Centro Regionale per la Tutela  
della Qualità dell’Aria”**

**Arezzo 30 Aprile 2019**

**REPORT**

**ARIA** 

Campagna di Misurazione della qualità dell'aria Autolaboratorio  
Anno 2018

**COMUNE CIVITELLA IN VAL DI CHIANA (AREZZO)**

**PIAZZA G. VERDI  
BADIA AL PINO**

**PIAZZA DELLA CHIESA  
TEGOLETO**

A cura di :  
Bianca Patrizia Andreini  
*Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria*

Autori:  
David Magliacani  
Guglielmo Tanganelli  
*Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria*

Hanno collaborato

- Laboratorio CRRQA - per la determinazione gravimetrica del materiale particolato PM10;
- Laboratorio Chimica 1 Area Vasta Centro
- Comune di Civitella in Val di Chiana per gli aspetti logistici.

**30 Aprile 2019**

## SINTESI

La campagna di misurazione della qualità dell'aria 2018 relativa al Comune di Civitella in Val di Chiana è stata realizzata a seguito di uno specifico disciplinare definito con l'Amministrazione Comunale al fine di consolidare il quadro informativo del PM10, approfondire la valutazione dell'esposizione della popolazione agli inquinanti disciplinati dal D.Lgs. 155/2010, compresi i microinquinanti e valutare la rappresentatività per il materiale particolato PM10 del sito di Badia al Pino. Nell'ambito della Zona del Valdarno aretino e Valdichiana, zona nella quale ricade il Comune di Civitella in Val di Chiana, sono state individuate due postazioni di misurazione urbane-fondo riferite ai siti di Badia al Pino e Tegoletto. Le misurazioni sono state effettuate mediante un laboratorio mobile ed un sistema di campionamento portatile. Nel sito di Tegoletto è stato misurato unicamente il PM10. Il sito di Badia al Pino è stato oggetto di numerose precedenti campagne di misurazione, sia puntuali che indicative, a partire dall'anno 1992. Nel sito di Badia al Pino è stata effettuata anche la determinazione dei microinquinanti nel PM10 sia inorganici (metalli: argento, arsenico, cadmio, nichel e piombo), che organici (7 congeneri IPA di rilevanza tossicologica comprensivi del benzo[a]pirene).

Dall'esame dei valori degli indicatori di qualità dell'aria traspare uno stato di conformità ai rispettivi valori limite/obiettivo fissati dai dispositivi normativi a tutela della salute umana (medie annuali: PM10 -45 %; PM2,5 -48 %; biossido di azoto -40 %; benzo(a)pirene) -64 %; cadmio -96 %, piombo -99 %; nichel -96 %; arsenico -92 %).

Gli stessi valori medi annuali di materiale particolato PM10 misurati nelle due postazioni di Badia al Pino e Tegoletto, evidenziano una situazione di omogeneità dei livelli di concentrazione, in accordo allo studio di ARPAT effettuato sulla rappresentatività del PM10 nel sito di Badia al Pino. L'approfondimento dello studio di rappresentatività del PM10 relativo ai dati 2018, sempre mediante l'indice beta, evidenzia che entrambi i siti di Badia al Pino e Tegoletto risultano avere un raggio di rappresentatività di 3 km e ciascun sito è incluso nell'area di rappresentatività dell'altro. Si può affermare pertanto, che l'intera piana tra i due siti, comprese le aree urbane in cui i siti si trovano, è ben rappresentata dai dati del monitoraggio.

L'analisi comparativa a livello zonale, mette in rilievo che i siti di Badia al Pino e Tegoletto (solo PM10) si collocano su livelli di PM10 e biossido di azoto superiori rispetto alla stazione urbana-fondo di Arezzo Acropoli (PM10 +16 %), ma inferiori a quella di traffico di Arezzo P.za Repubblica (PM10 -8 %); per quanto attiene invece il benzo(a)pirene ed il materiale particolato PM2,5 i livelli di Badia al Pino risultano sostanzialmente sovrapponibili a quelli della stazione di Arezzo Acropoli.

Le variazioni temporali sul breve termine evidenziano una stagionalità dei livelli di concentrazione per materiale particolato PM10 e PM2,5, biossido di azoto, piombo, nichel e benzo(a)pirene, caratterizzata da una maggior criticità nella stagione dell'inverno; l'argento presenta un andamento stagionale specifico caratterizzato da livelli più elevati in primavera ed estate.

Le variazioni temporali sul lungo periodo (Badia al Pino) sono caratterizzate da un andamento in decremento per il materiale particolato PM2,5, biossido di azoto, nichel, cadmio e piombo; anche in questo caso, l'argento risulta in controtendenza poiché registra, rispetto ai dati precedenti, un incremento. Il materiale particolato PM10 registrato a Badia al Pino presenta un andamento variabile dal quale non si osserva alcun trend.

I livelli di materiale particolato PM10 e biossido di azoto misurati nella campagna 2018 rappresentano il valore minimo dell'intera serie di dati esaminati relativa al periodo 1992-2018.

L'arsenico rappresenta il metallo più stabile, sia sotto il profilo spaziale che temporale, mentre il PM2,5 ed il benzo(a)pirene risultano sostanzialmente omogenei ai valori di Arezzo Acropoli e pertanto esprimono continuità a contesti urbani di fondo.

Le elaborazioni polari di biossido di azoto mostrano una coerenza fra settori riferiti ai contributi più significativi e le principali fonti di emissione lineari e puntuali presenti nell'area monitorata.

## GUIDA ALLA CONSULTAZIONE

### LA STRUTTURA DELLA RELAZIONE

La presente relazione è suddivisa in tre parti distinte, per agevolarne la lettura e per favorirne la comprensione.

● **Prima parte:** descrizione e inquadramento del piano di monitoraggio:

- il contesto territoriale del Comune di Civitella in Val di Chiana;
- l'organizzazione della campagna di misurazione indicativa.

● **Seconda parte:** presentazione dei dati ambientali derivanti dall'attività di misurazione della qualità dell'aria delle postazioni di Badia al Pino e Tegoletto – Comune di Civitella in Val di Chiana mediante autolaboratorio.

Istogrammi e tabelle si alternano a sintetici testi descrittivi di commento dei dati.

Ai principali inquinanti monitorati (particolato PM10-PM2,5, biossido d'azoto e microinquinanti come benzo[a]pirene e metalli) è dedicato un intero capitolo, secondo lo schema: stato e trend delle concentrazioni rilevate, distribuzione zonale ed interregionale delle concentrazioni dei microinquinanti. Si conclude la seconda parte con l'analisi sul breve e lungo periodo.

● **Terza parte:** contiene gli allegati riferiti sia ad ulteriori elaborazioni di approfondimento, sia a riferimenti dei dispositivi normativi che disciplinano la qualità dell'aria in particolare:

- gli andamenti temporali delle differenze riferite alle stazioni di rete regionale ubicate nell'area urbana di Arezzo, i giorni tipo, le elaborazioni polari, le caratteristiche degli analizzatori e dei sensori, le elaborazioni dei parametri meteorologici.
- valori limite/obiettivo previsti dai dispositivi normativi di riferimento, europei, nazionali e regionali, sulla qualità dell'aria.

## Sommario

<u><a href="#">Introduzione.....</a></u>	<u><a href="#">6</a></u>
<u><a href="#">PRIMA PARTE.....</a></u>	<u><a href="#">7</a></u>
<u><a href="#">1- Postazioni di misurazione.....</a></u>	<u><a href="#">7</a></u>
<u><a href="#">2. Il contesto territoriale.....</a></u>	<u><a href="#">8</a></u>
<u><a href="#">3. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio.....</a></u>	<u><a href="#">9</a></u>
<u><a href="#">4. Inquinanti monitorati.....</a></u>	<u><a href="#">9</a></u>
<u><a href="#">5. Riferimenti Normativi.....</a></u>	<u><a href="#">10</a></u>
<u><a href="#">6. Obiettivi di qualità dei dati.....</a></u>	<u><a href="#">11</a></u>
<u><a href="#">    Raccolta minima dei dati.....</a></u>	<u><a href="#">11</a></u>
<u><a href="#">SECONDA PARTE.....</a></u>	<u><a href="#">12</a></u>
<u><a href="#">7. Dati rilevati nelle campagne di misurazione.....</a></u>	<u><a href="#">12</a></u>
<u><a href="#">    7.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa.....</a></u>	<u><a href="#">13</a></u>
<u><a href="#">    7.2 Andamenti temporali 1992 – 2018 Badia al Pino.....</a></u>	<u><a href="#">14</a></u>
<u><a href="#">8- Valutazione dei risultati.....</a></u>	<u><a href="#">20</a></u>
<u><a href="#">9 - Considerazioni riassuntive e finali.....</a></u>	<u><a href="#">23</a></u>
<u><a href="#">TERZA PARTE.....</a></u>	<u><a href="#">24</a></u>
<u><a href="#">Allegato 1.....</a></u>	<u><a href="#">24</a></u>
<u><a href="#">    1 Diagrammi delle differenze materiale particolato.....</a></u>	<u><a href="#">24</a></u>
<u><a href="#">    2 Diagrammi a scatola materiale particolato e biossido di azoto.....</a></u>	<u><a href="#">26</a></u>
<u><a href="#">    3 Giorno tipo biossido di azoto.....</a></u>	<u><a href="#">29</a></u>
<u><a href="#">    4 Andamenti stagionali Badia al Pino e Tegoletto.....</a></u>	<u><a href="#">30</a></u>
<u><a href="#">    5 Diagrammi polari biossido di azoto.....</a></u>	<u><a href="#">32</a></u>
<u><a href="#">    6. Dati meteorologici.....</a></u>	<u><a href="#">34</a></u>
<u><a href="#">Allegato 2 Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori.....</a></u>	<u><a href="#">37</a></u>
<u><a href="#">Allegato 3 Limiti normativi.....</a></u>	<u><a href="#">37</a></u>

## Introduzione

La valutazione della qualità dell'aria ai fini dell'esposizione della popolazione agli inquinanti dell'aria ambiente è riferita a Zone dalle caratteristiche omogenee corrispondenti ad unità territoriali della regione. La zonizzazione è effettuata dalla Regione secondo i criteri definiti dalla legislazione nazionale. Per le aree interne della zona sud est della Toscana, la DGRT 964/2015, relativamente agli inquinanti biossido di zolfo, biossido di azoto, materiale particolato (PM10 e PM2,5), piombo, benzene, monossido di carbonio, arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene, include il Comune di Civitella in Val di Chiana nella Zona Valdarno aretino e Valdichiana. Per quanto attiene l'ozono, l'allegato 1 include il Comune di Civitella in Val di Chiana nella Zona delle Pianure Interne. Nella Zona Valdarno aretino e Valdichiana sono in esercizio tre stazioni di misurazioni fisse (AR-Acropoli; AR-Repubblica; FI-Figline).

La campagna di misurazione della qualità dell'aria nel Comune di Civitella in Val di Chiana, è stata realizzata su richiesta dell'Amministrazione comunale di Civitella in Val di Chiana la quale ha curato gli aspetti logistici e di supporto tecnico. In collaborazione con l'Amministrazione comunale, sono state individuate due postazioni di misurazione: la prima, riferita al sito di Badia al Pino - P.za G. Verdi, la seconda riferita a quello di Tegoletto - P.za della Chiesa.

La postazione di Badia al Pino, è stata monitorata in precedenza, sia mediante campagne di misurazione indicative, sia mediante campagne di misurazione puntuali effettuate con il mezzo mobile:

- anno 1992 - campagna puntuale;
- 2002-2003 - campagna di misurazione indicativa - periodo di osservazione 11 giugno 2002 - 12 giugno 2003;
- 2006-2007 - campagna indicativa - periodo di osservazione 27 aprile 2006 - 4 gennaio 2007;
- 2009-2010 - campagna indicativa - periodo di osservazione 4 giugno 2009 - 29 marzo 2010;
- 2010-2011 - campagna indicativa - periodo di osservazione 6 luglio 2010 - 5 aprile 2011;
- 2014-2015 - campagna indicativa - periodo di osservazione 4 giugno 2014 - 17 marzo 2015.

Il monitoraggio nelle due postazioni del Comune di Civitella in Val di Chiana, è stato predisposto mediante campagne di misurazione indicative dalla durata di circa 60 giorni distribuiti, in relazione ai criteri definiti dalla legislazione che disciplina la qualità dell'aria, equamente nelle stagioni meteorologiche dell'anno (circa 15 giorni per stagione). Tale metodologia di misurazione restituisce pertanto un campione rappresentativo dell'intera popolazione di dati ottenibile su base annuale il quale può essere utilizzato per la valutazione della qualità dell'aria, i cui valori limite/obiettivo sono riferiti a tempi di mediazione su base annuale.

La valutazione dei dati raccolti nella presente campagna è stata effettuata adottando una doppia chiave di lettura, ossia riferendosi:

- ai valori limite/obiettivo definiti dalla legislazione nazionale che disciplina la qualità dell'aria;
- ai valori degli indicatori di qualità dell'aria elaborati nello stesso periodo di osservazione della campagna indicativa dalle stazioni di misurazione fisse appartenenti alla Zona Valdarno aretino e Valdichiana ubicate nell'area urbana di Arezzo: Arezzo-Acropoli (stazione urbana - fondo), ed Arezzo-Repubblica (stazione urbana - traffico).

Questa metodologia di confronto permette di fornire informazioni con buona approssimazione sullo stato della qualità dell'aria della zona oggetto del rilevamento, giacché il contesto definito dal quadro di dati raccolti viene messo a confronto con quello relativo alle stazioni fisse, le quali sono riferite ad una serie di misure più rappresentative perché continuative nell'arco dell'anno.

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT, tale sistema di gestione di ARPAT è certificato dal RINA con registrazione n° 32671/15/S secondo le UNI EN ISO 9001:2015. In relazione a dispositivi normativi specifici (DM Ambiente 30/3/2017) e documenti tecnici di riferimento (LG SNPA 19/2018), la gestione del monitoraggio della qualità dell'aria è disciplinata da procedure di gestione interne finalizzate a garantire dati affidabili caratterizzati da un'incertezza di misura entro gli obiettivi di qualità previsti dal D.Lgs. 155/2010 ed assicurare un'elevata efficienza della strumentazione per ottenere un'adeguata copertura temporale.

## PRIMA PARTE

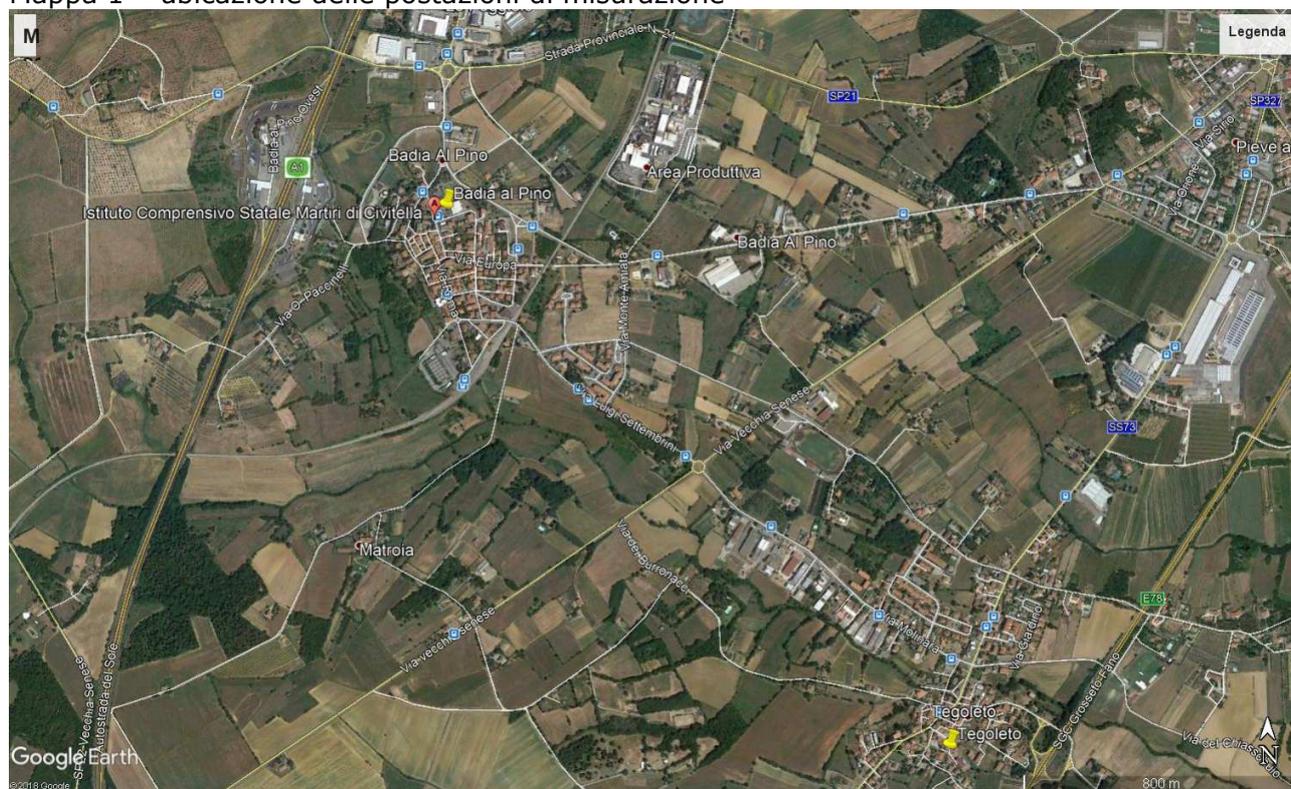
### 1- Postazioni di misurazione

Tabella 1.1 informazioni generali postazioni di misurazione

Postazione	Comune	Provincia	Zona	tipo	EGB	NGB
Badia al Pino – P.za G. Verdi	Civitella in Val di Chiana	Arezzo	Valdarno Aretino e Valdichiana	urbana-fondo	1724216	4809623
Tegoleto - P.za della Chiesa	Civitella in Val di Chiana	Arezzo	Valdarno Aretino e Valdichiana	urbana-fondo	1725711	4808110

La localizzazione dei siti di misurazione è mostrata nella mappa sottostante:

Mappa 1 – ubicazione delle postazioni di misurazione



Entrambe le postazioni di misurazione sono riferite ad un contesto urbano di fondo caratterizzato da un edificato di altezza massima su due piani, le postazioni distano circa 2 Km l'una dall'altra.

## 2. Il contesto territoriale

Le postazioni di misurazione ubicate nella pianura alluvionale della Valdichiana ad ovest della Provincia di Arezzo, si riferiscono alla tipologia urbana a carattere tipicamente residenziale. L'area nei quali sono inclusi i nuclei urbani di Badia al Pino e Tegoletto, risulta densamente urbanizzata e rappresenta la più ampia zona abitativa del comune, nel quale si sono sviluppate le più importanti aree industriali e commerciali. La zona è caratterizzata anche da aree intercluse (tra edificato e infrastrutture lineari,) semi agricole o in parziale stato di abbandono. In generale l'area risulta comunque caratterizzata dal mantenimento delle attività agricole (intensive) e da un paesaggio nel quale vi è una diffusa presenza di seminativi, frutteti e vigneti (fino alla base dei rilievi collinari).

Le fonti emissive più significative sono rappresentate dalla sorgente lineare dell'autostrada del Sole A1, contraddistinta da consistenti flussi veicolari, distante dalla postazione di misurazione di Badia al Pino, 450 mt nelle direzioni Nord-Ovest, Ovest ed Sud-Ovest e dalla sorgente puntuale relativa agli impianti di incenerimento di rifiuti (pericolosi e non pericolosi), finalizzati anche al recupero di metalli preziosi della ditta CHIMET, distante circa 700 metri in direzione Nord-Est e Nord-Nord-Est dalla postazione di misura.

Per quanto riguarda l'aspetto emissivo, l'Inventario Regionale delle Sorgenti Emissive (IRSE) aggiornato al 2010 riferito al Comune di Civitella in Val di Chiana, individua per le emissioni totali comunali delle sorgenti lineari e puntuali (macrosettori processi produttivi e trattamento e smaltimento rifiuti) i seguenti contributi espressi in tonnellate/anno:

Tabella 2.1 contributi sorgenti lineari e puntuali – CO, COV, NOx, PM10, PM2,5 ed SOx

<b>Tipo sorgente</b>	<b>Monossido di carbonio CO (t/anno)</b>	<b>Composti Organici Volatili COV (t/anno)</b>	<b>Ossidi di Azoto NOx (t/anno)</b>	<b>Materiale Particolato PM10 (t/anno)</b>	<b>Materiale Particolato PM2,5 (t/anno)</b>	<b>Ossidi di zolfo SOx (t/anno)</b>
<b>lineari</b>	<b>292,03</b>	<b>29,97</b>	<b>333,60</b>	<b>17,95</b>	<b>15,27</b>	<b>0,29</b>
<b>puntuali</b>	<b>0,80</b>	<b>0,45</b>	<b>35,17</b>	<b>2,38</b>	<b>2,37</b>	<b>2,78</b>

I dati dei flussi di traffico riferiti al tratto di A1 – espressi dal TGM<sup>1</sup> rilevati nel tratto Arezzo – Monte San Savino nell'anno 2018 relativi alle direzioni nord e sud si riferiscono a 41944 veicoli/giorno; rispetto all'anno 2014, il TGM ha registrato un incremento del 13 %.

Dall'esame dei dati mostrati nella tabella 2.1 traspare, che per quanto attiene i macroinquinanti, i contributi più significativi sono forniti prevalentemente dalle sorgenti lineari rispetto a quelle puntuali, ad esclusione degli ossidi di zolfo.

I meccanismi di diffusione degli inquinanti nell'aria ambiente da parte delle due tipologie di sorgenti sono differenti poiché le sorgenti lineari emettono a pochi metri dal suolo, mentre quelle puntuali in quota (mediante un camino) nel quale l'effluente gassoso in relazione alle specifiche caratteristiche fisiche (temperatura e velocità dei fumi) determina ampiezze diverse dell'area di ricaduta al suolo degli inquinanti.

La zona è piuttosto aperta e pertanto influenzata favorevolmente all'azione dispersiva degli eventi meteorologici. Le direzioni di provenienza del vento prevalenti nel periodo 2018 hanno riguardato l'asse Nord-Nord-Est/Sud-Sud-Ovest ed i settori Nord-Est, Sud-Est e Sud-Ovest.

<sup>1</sup>

### 3. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio

Al fine di ottenere dati rappresentativi che tengano conto delle variazioni temporali in funzione delle condizioni meteorologiche, responsabili dei fenomeni di dispersione e di diluizione degli inquinanti in aria ambiente, l'indagine è stata articolata in singole campagne stagionali dalla durata indicativa di 15 giorni (materiale particolato), distribuite nelle quattro stagioni meteorologiche dell'anno. Tale pianificazione permette di ottenere un campione rappresentativo di dati, sufficiente per essere confrontato con i valori limite/obiettivo degli indicatori di qualità dell'aria definiti dalla normativa, i quali si riferiscono ad un periodo di osservazione annuale continuativo.

Il piano di utilizzo dell'autolaboratorio, è stato organizzato in conformità agli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative, i quali prevedono un periodo minimo di copertura di almeno il 14 % (articolato su almeno 8 settimane di misurazioni distribuite equamente nell'arco dell'anno) ed una raccolta minima dei dati pari almeno al 90 %.

La tabella 3.1 mostra i periodi di osservazione della campagna di misurazione effettuata nelle postazioni in oggetto:

**Tabella 3.1 piano di utilizzo autolaboratorio 2018**

Postazione	Parametro	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	numero giorni
Badia al Pino	NOx	18/1 - 7/2/2018	14/4 - 15/5/2018	1-21/6/2018	9-27/11/2018	93
	PM10-2,5	18/1 - 4/2/2018	17/4 - 15/5/2018	1-20/6/2018	9-27/11/2018	84
Tegoleto	PM10	18/1 - 7/2/2018	28/4 - 17/5/2018	2-21/6/2018	9-27/11/2018	80

Il piano di monitoraggio del materiale particolato PM10-PM2,5, caratterizzato dalla sola attività di campionamento in campo, ha seguito una programmazione leggermente diversa da quella degli inquinanti gassosi dovuta alla gestione delle membrane filtranti.

### 4. Inquinanti monitorati

In relazione alle disposizioni della normativa che disciplina la qualità dell'aria ambiente, sono stati monitorati i seguenti parametri secondo i metodi previsti dall'Allegato I D.M. Ambiente 26/01/2017:

Postazione	PM10	PM2,5	NOx	NO <sub>2</sub>	Ag	As	Ni	Cd	Pb	B(a)P
Badia al Pino - P.za G. Verdi	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Tegoleto - P.za della Chiesa	●									

- **ossidi di azoto (NO-NOx-NO<sub>2</sub>)** – UNI EN 14211:2012 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza;
- **materiale particolato** con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (**PM10**) ed a 2,5 µm (**PM2,5**) – UNI EN 12341:2014 Determinazione del particolato in sospensione PM10-PM2,5;

- **metalli su PM 10** - UNI EN 14902:2005 "Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM10 del particolato in sospensione";
- **Benzo(a)pirene** su PM 10- UNI EN 15549:2008 "Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzo(a)pirene in aria ambiente".

Relativamente ai parametri meteorologici, nella postazione di Badia al Pino sono state rilevate le grandezze anemometriche di direzione e velocità del vento; i sensori meteorologici sono stati installati, compatibilmente agli aspetti logistici di posizionamento dei laboratori mobili, in campo aperto, su palo telescopico avente un'altezza di circa 10 metri da terra.

I meccanismi di formazione nonché il significato degli inquinanti misurati nella presente campagna di misurazione è riportato sul sito web di ARPAT: <http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/monitoraggio/inquinanti-monitorati>.

Per il **campionamento** del materiale particolato PM10-PM2,5 sono stati utilizzati i campionatori automatici Hydra dual channel e TCR Tecora Skypost, prodotti dalle ditte FAI e Tecora - Italia, mezzo di filtrazione rappresentato da membrane in fibra di quarzo. La determinazione gravimetrica della massa campionata di particolato in sospensione nel mezzo di filtrazione, è stata effettuata in laboratorio secondo le specifiche prescrizioni previste della norma tecnica europea UNI EN 12341.

Per quanto attiene i metalli è stato determinato in aggiunta a quelli previsti dalla normativa che disciplina la qualità dell'aria anche l'argento, ritenuto significativo per la zona da studi sanitari condotti in precedenza; per quanto attiene i microinquinanti organici, sono stati determinati i 7 congeneri degli IPA i quali rivestono rilevanza tossicologica, rappresentati oltre che dal Benzo(a)Pirene, dal Dibenzo-Antracene, Indeno-Pirene, Benzo-(j)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(b)Fluorantene e Benzo-Antracene.

Le caratteristiche tecniche della strumentazione automatica con cui sono equipaggiati il laboratorio mobile ed il mezzo attrezzato utilizzati nella presente campagna sono indicate nell'allegato 2.

## 5. Riferimenti Normativi

La valutazione dei valori degli indicatori elaborati a partire dai dati raccolti dalla presente campagna di misurazione, è stata effettuata riferendosi ai valori limite/obiettivo fissati dal D.Lgs. n° 155/2010 e smi. Tale norma recepisce la Direttiva della Comunità Europea 2008/50/CE del 21/05/2008.

Relativamente al PM10, come stabilito dall'allegato I paragrafo 1, tabella 1 D.Lgs. n. 155/2010, al fine di verificare la conformità dell'indicatore della media giornaliera, è stato valutato l'indicatore del 90,4° percentile anziché il numero di superamenti; questo perché i superamenti sono fortemente influenzati dalla copertura temporale dei dati, la quale nelle misure indicative, non è continuativa per tutto l'anno civile.

I dati dei metalli sono riferiti ai valori obiettivo (arsenico, cadmio, nichel) o valori limite (piombo) nel PM10 definiti dalla legislazione italiana che disciplina la qualità dell'aria e nel caso dell'argento per i quali la legislazione di cui sopra non ha definito i relativi valori limite, ai valori medi annuali di riferimento espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  estrapolati dai valori limite in aria ambiente fissati dall'Horizontal Guidance note IPPC H1, UK Environment Agency 6/07/03. Al fine di elaborare la media annuale, è stato applicato il criterio del "medium bound" per il quale si attribuisce un valore pari ad  $\frac{1}{2}$  del LOQ ai valori giornalieri dei metalli inferiori al rispettivo limite di quantificazione (LOQ).

Lo schema dei limiti previsti dalla normativa per ciascun inquinante è riportata nell'allegato 3.

## 6. Obiettivi di qualità dei dati

### Raccolta minima dei dati

La tabella 6.1 presenta la raccolta minima dei dati per singolo analizzatore ottenuta nelle campagne di misurazione.

La normativa che disciplina la qualità dell'aria (allegato I del D.Lgs. 155/2010) richiede, al fine della significatività del dato prodotto da reti di misurazione fisse, una raccolta minima dei dati (che rappresenta l'efficienza dell'analizzatore) su base annuale non inferiore al 90 %.

Questo indice è elaborato per singolo analizzatore al netto delle attività di manutenzione ordinaria e di taratura periodica. Tale valore di riferimento è richiesto anche per le misure indicative a cui si riferiscono le misurazioni ottenute nella presente indagine.

La raccolta minima dei dati, è calcolata come percentuale di dati registrati e validati rispetto al totale teorico (per es. 24 dati orari per ogni giorno di monitoraggio). Una parte dei dati è inevitabilmente perduta per le attività di controllo giornaliero di zero e span, per le tarature periodiche e per le operazioni di manutenzione ordinaria e preventiva; la perdita dei dati dovuta alle sopracitate attività è stimabile in misura del 5 % sulla base dei dati validi raccolti.

tabella 6.1 raccolta minima dei dati % al netto delle attività di manutenzione e taratura

Postazione	NO <sub>2</sub>	PM10	PM2,5	DV	VV
Badia al Pino – P.za G. Verdi	100	100	100	100	100
Tegoleto - P.za della Chiesa		100			

NO<sub>2</sub> = biossido di azoto    PM10 – PM2,5 = Materiale particolato PM10 o PM2,5    VV = velocità vento    DV = direzione vento

Per le due postazioni di misura, la raccolta minima dei dati elaborata per singolo analizzatore risulta conforme ai criteri definiti per gli obiettivi di qualità dei dati stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 e smi.

### Periodo minimo di copertura

Il periodo minimo di copertura su base annuale raggiunto dalle postazioni di misurazione è strettamente connesso al piano di utilizzo del laboratorio mobile. Per questo aspetto, i criteri relativi agli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative (allegato 1 del D.Lgs. 155/2010 e dall'allegato I della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento e del Consiglio Europeo) prevedono un valore di riferimento pari al 14 %.

Per misure indicative, si intendono misurazioni che rispettano obiettivi di qualità meno stringenti rispetto a quelli richiesti per le misurazioni in siti fissi.

La tabella sottostante, mostra i periodi minimi di copertura raggiunti dalle postazioni di misurazione esaminate, riferiti sia agli ossidi di azoto, i quali sono stati misurati per periodi di osservazione più lunghi, sia al materiale particolato PM10-PM2,5 ed ai microinquinanti.

tabella 6.2 periodo minimo di copertura campagne di misurazione indicative 2018

Postazione	Periodo minimo di copertura % ossidi di azoto	Periodo minimo di copertura % materiale particolato-microinquinanti
Badia al Pino	25	23
Tegoleto		22

## SECONDA PARTE

### LA RAPPRESENTAZIONE DEI DATI

I dati sono presentati in tabelle ed elaborazioni grafiche, quali ad esempio diagrammi a scatola, diagrammi polari, giorno tipo e diagrammi delle differenze.

I diagrammi polari mettono in relazione la direzione del vento e le concentrazioni (mediana e media delle concentrazioni medie orarie rilevate) di biossido di azoto. La mediana è un indicatore della distribuzione che esprime meno informazioni rispetto alla media, giacché non tiene conto del valore effettivo di ogni misura, bensì considera solo la posizione ordinale di ciascun dato all'interno della distribuzione (rango); tuttavia offre il vantaggio di essere meno influenzata dai valori estremi (outliers o dati fuori linea). Per queste sue caratteristiche viene spesso preferita come indicatore della tendenza centrale quando occorre trattare dati che presentano una distribuzione fortemente asimmetrica, come nei casi relativi al monitoraggio della qualità dell'aria.

I diagrammi a scatola si riferiscono al periodo di osservazione della campagna di misurazione, in ascissa viene riportato la stagione nel quale sono state eseguite le misure e in ordinata il valore di concentrazione, in microgrammi/metro cubo. In corrispondenza di ciascuna stagione viene rappresentato una scatola, che fornisce in modo sintetico le informazioni essenziali sulla distribuzione di frequenza dei valori misurati. Ciascuna scatola è centrata sulla mediana: metà dei valori rilevati sono superiori al valore mediano e metà sono inferiori. Gli estremi della scatola rappresentano il 1° quartile e 3° quartile dei valori medi orari/giornalieri e forniscono una indicazione dell'intervallo all'interno del quale sono contenuti gran parte dei valori rilevati: più ampia è la scatola, maggiori sono le differenze tra i valori rilevati nella campagna.

Le elaborazioni relative al giorno tipo, descrivono l'andamento temporale dell'inquinante in una giornata "media" che è l'espressione di tutto il periodo di osservazione esaminato, evidenziandone le situazioni caratteristiche. In questa diagramma, i valori relativi alle singole ore della giornata, rappresentano il valore medio del livello di concentrazione registrato alla stessa ora in tutta la campagna di misura (ad esempio il dato delle ore 1 è dato dalla media di tutti i valori rilevati all'ora 1 del periodo esaminato).

## 7. Dati rilevati nelle campagne di misurazione

Nella presente relazione sono riportati gli elaborati grafici relativi a:

- confronto degli indicatori di qualità dell'aria con i relativi valori limite/obiettivo;
- andamenti temporali 1992 – 2018 biossido di azoto, materiale particolato e metalli
- confronto con i valori degli indicatori registrati dalle stazioni fisse di rete regionale ubicate nella Zona del Valdarno aretino e Valdichiana (Arezzo Acropoli e Arezzo Repubblica) ed a livello regionale/interregionale.

### **Standardizzazione**

I valori di concentrazione di ossidi di azoto espressi in unità di massa ( $\mu\text{g}$  o  $\text{ng}$ ) per metro cubo di aria ( $\text{m}^3$ ) sono riferiti alla temperatura di  $293^\circ\text{K}$  e alla pressione atmosferica di  $101.3 \text{ kPa}$  ad esclusione del materiale particolato e dei microinquinanti, il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

## 7.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa

Periodo di osservazione 2018

Indicatori significativi per la salute umana

Tabella 7.1 – indicatori significativi per la salute umana riferiti ai valori limite

INDICATORE	Badia al Pino P.za Verdi 18/01/2018 - 27/11/2018	Tegoleto P.za della Chiesa 18/01/2018 - 27/11/2018	LIMITE
NO <sub>2</sub> Max Orario (µg/m <sup>3</sup> )	90		200
NO <sub>2</sub> Media (µg/m <sup>3</sup> )	24		40
PM10 Media (µg/m <sup>3</sup> )	22	22	40
PM10 90,4° percentile (µg/m <sup>3</sup> )	36	41	50
PM2,5 Media (µg/m <sup>3</sup> )	13		25
Pb media (µg/m <sup>3</sup> )	0,0036		0,5

NO<sub>2</sub> = biossido di azoto  
particolato PM2,5

NOx = ossidi di azoto totali  
Pb = piombo

PM10 = materiale particolato PM10 PM2,5 = materiale

I valori degli indicatori risultano conformi ai rispettivi valori limite.

Tabella 7.2 – microinquinanti - indicatori significativi per la salute umana riferiti ai valori obiettivo

metalli	Media annuale (ng/m <sup>3</sup> )	Valore obiettivo – D.Lgs. 155/2010 Valore Riferimento - UK (ng/m <sup>3</sup> )	Scarto % sul valore obiettivo/riferimento
Argento	2,1	100 <sup>2</sup>	-98
Arsenico	0,5	6,0	-92
Cadmio	0,2	5,0	-96
Nichel	0,9	20,0	-96
benzo(a)pirene	0,36	1,0	-64

Tutti gli indicatori sono conformi ai rispettivi valori obiettivo o di riferimento.

Tabella 7.3 – medie annuali 7 congeneri IPA

IPA	Media annuale (ng/m <sup>3</sup> )
benzo[a] antracene	0,17
benzo[b] fluorantene	0,41
benzo[j] fluorantene	0,31
benzo[k] fluorantene	0,30
benzo(a)pirene	0,36
indeno[1,2,3-cd]pirene	0,32
dibenzo[a,h]antracene	0,04

<sup>2</sup>Valore di riferimento estrapolato dall'Horizontal Guidance note IPPC H1, UK Environment Agency 6/07/03

## 7.2 Andamenti temporali 1992 – 2018 Badia al Pino

Grafico 7.2.1 andamenti temporali materiale particolato e biossido di azoto

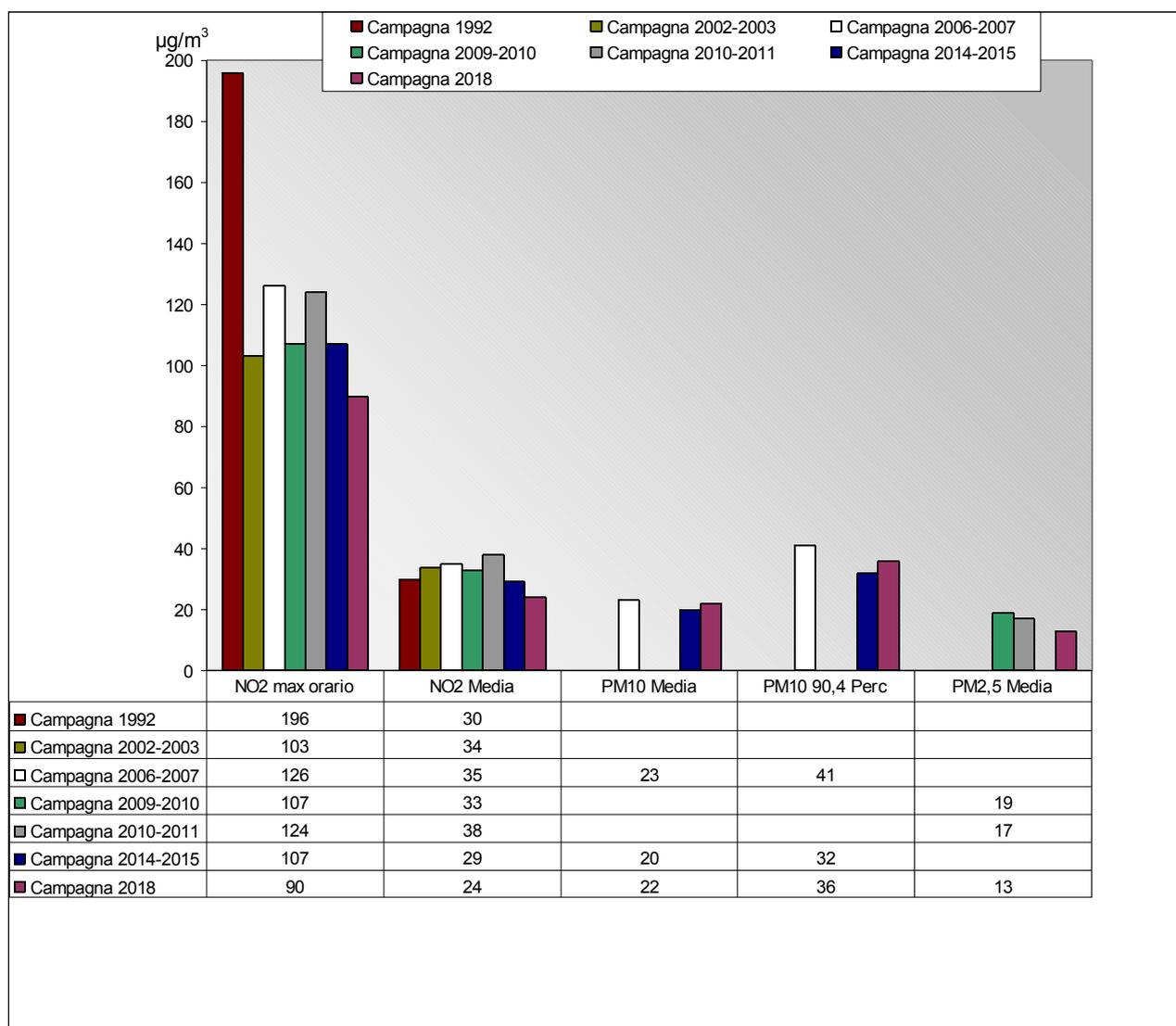
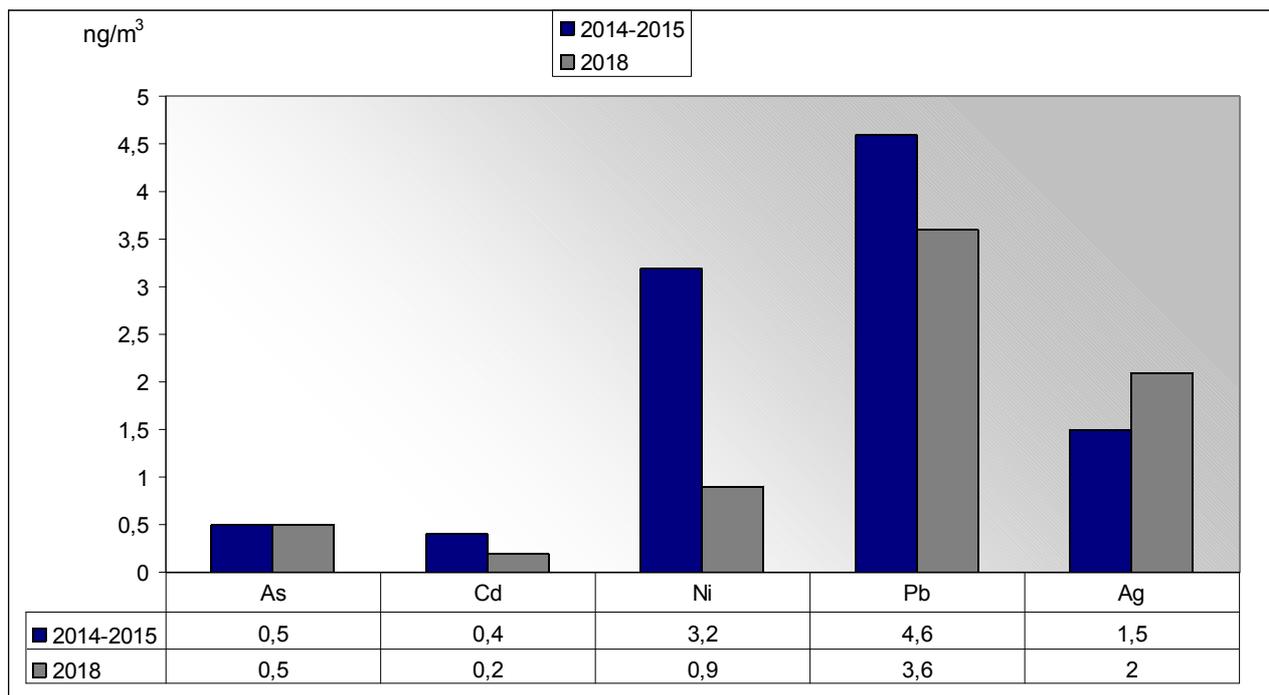


Grafico 7.2.2 andamenti temporali medie annuali metalli



### 7.3 Variazioni spaziali e mappa rappresentatività PM10

Grafico 7.3.1 raffronto indicatori area urbana Arezzo – Zona Valdarno aretino e Valdichiana (elaborati nello stesso periodo di osservazione della campagna di Civitella in Val di Chiana) materiale particolato PM10-PM2,5 e biossido di azoto

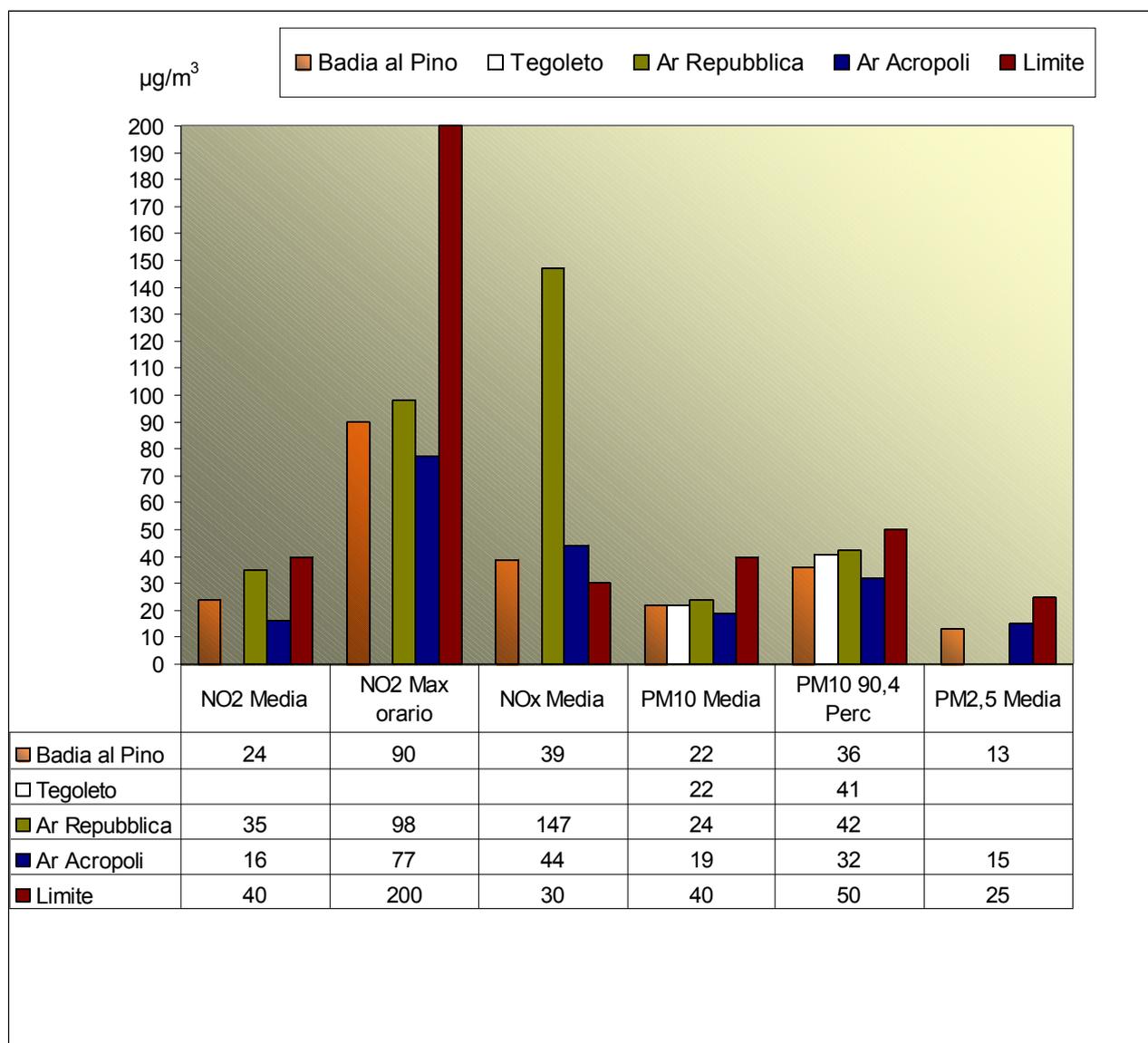
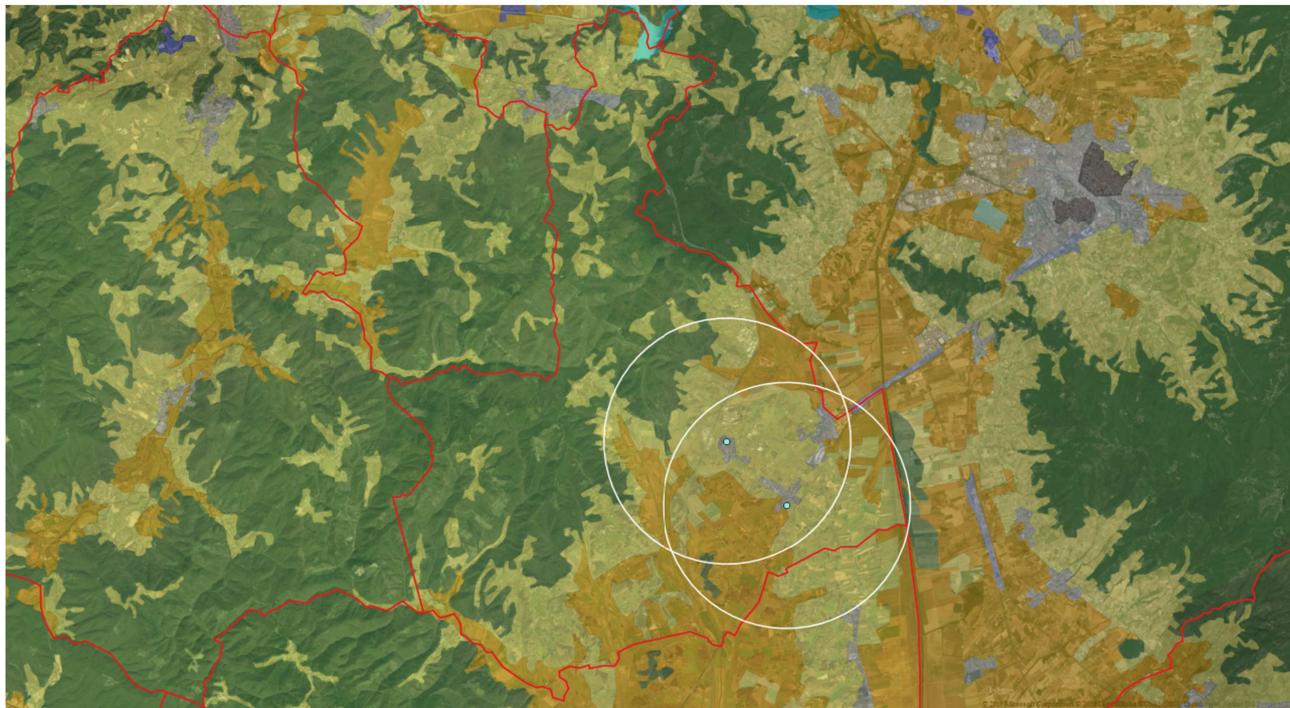


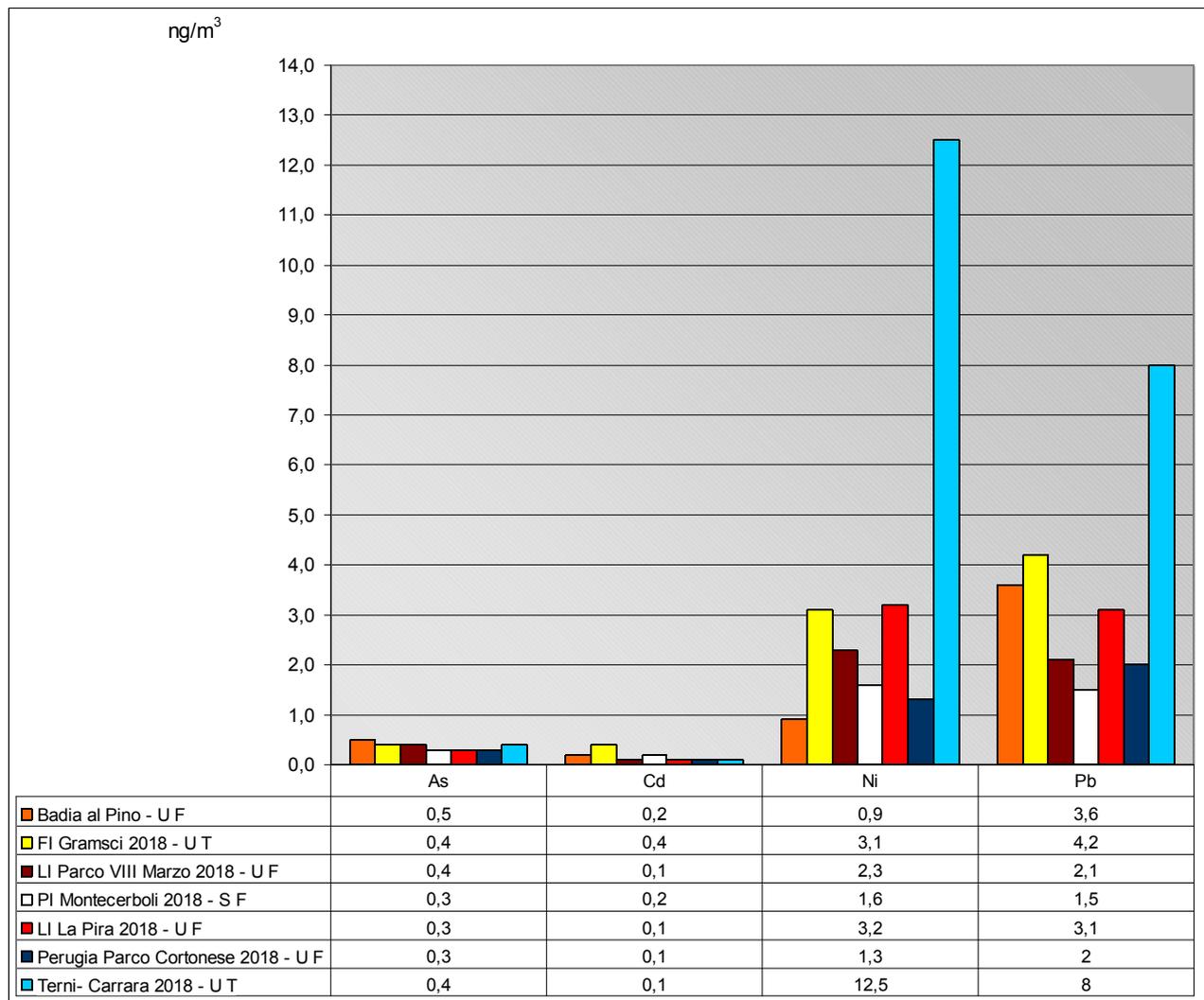
Figura 7.3.2 Mappa rappresentatività PM10 Badi al Pino e Tegoletto mediante indice beta



classi CORINE Land cover di suddivisione del suolo nel calcolo dell'indice  $\beta$

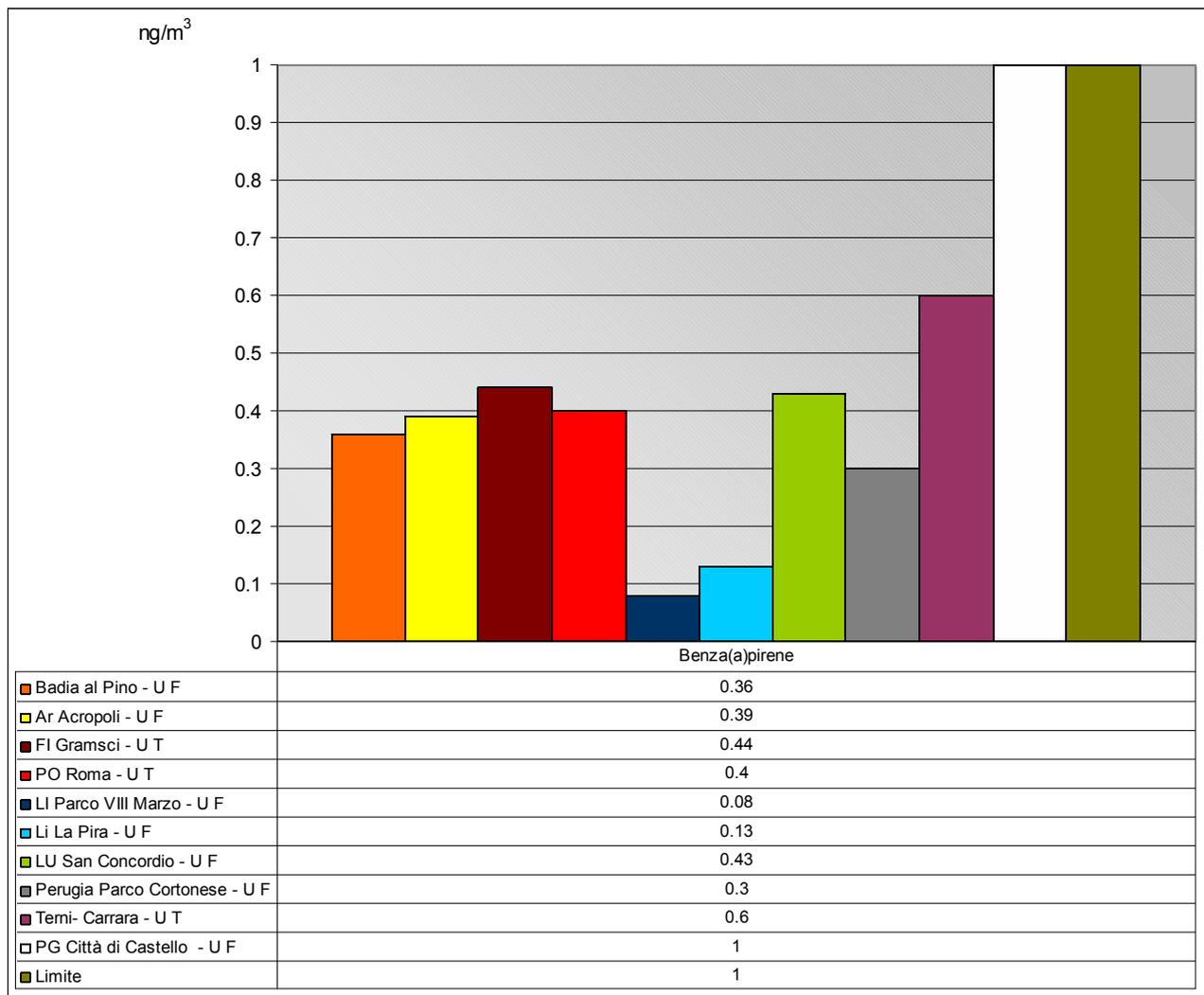
<b>CORINE3</b>		
	[111]	zone residenziali continue
	[112; 141; 142]	zone residenziale discontinue e aree verdi artificiali
	[121]	aree industriali commerciali e di servizi
	[122]	reti stradali ferroviarie e infrastrutture
	[123]	aree portuali
	[124]	aeroporti
	[131-133]	zone estrattive, cantieri, discariche
	[211-213]	seminativi
	[22-223; 231; 241-243]	zone agricole
	[311-313; 321-324; 331-334]	zone boscate e ambienti semi-naturali
	[411; 421; 511-512; 521]	zone umide e corpi idrici

Grafico 7.3.3 raffronto medie annuali metalli 2018 stazioni territorio regionale e Regione Umbria



UF Urbana Fondo  
 UT Urbana Traffico  
 SF Suburbana Fondo

Grafico 7.3.4 raffronto medie annuali benzo(a)pirene 2018 stazioni territorio regionale e Regione Umbria



UF Urbana Fondo  
 UT Urbana Traffico  
 SF Suburbana Fondo

## 8- Valutazione dei risultati

Si rammenta che nella postazione di Tegoletto è stato misurato unicamente il PM10.

Tutti gli indicatori di qualità dell'aria finalizzati alla tutela della salute umana risultano conformi ai rispettivi valori limite/obiettivo previsti alla normativa di riferimento.

In questo contesto, i valori medi annuali di materiale particolato PM10-PM2,5 e biossido di azoto sono mediamente inferiori al 44 % del limite. Per quanto attiene i metalli, i valori medi annuali si distribuiscono su livelli molto più bassi dei valori limite/obiettivo o di riferimento compresi in un intervallo fra il -92 (arsenico) ed il -99 % (piombo).

La media annuale di benzo(a)pirene è rappresentata da una situazione di conformità con scarti sul valore obiettivo pari al -64 %.

Gli andamenti temporali sia sul lungo che sul breve termine, mettono in rilievo, per la postazione di Badia al Pino, una andamento in decremento per il biossido di azoto e materiale particolato PM2,5; per quanto attiene il materiale particolato PM10, si rilevano invece variazioni poco significative dei valori medi annuali, i quali si distribuiscono attorno al valore di 20 µg/m<sup>3</sup> valore che rappresenta la metà del valore limite.

Per quanto attiene i metalli, gli andamenti su lungo termine, riferiti ai dati della campagna indicativa 2014-2015 mettono in rilievo un contesto articolato, caratterizzato da una parte da una prevalente riduzione dei valori (Cd, Ni e Pb da -22 % a -72 %), e dall'altra, da una situazione di stazionarietà (As) o di incremento (Ag +40 %).

I dati di biossido di azoto e materiale particolato PM10 misurati a Civitella in Val di Chiana, se raffrontati ai corrispondenti indicatori relativi alle stazioni di misurazione dell'area urbana di Arezzo (elaborati nello stesso periodo di osservazione della campagna di Civitella in Val di Chiana) riferite alla Zona Valdarno aretino e Valdichiana, si collocano in una posizione intermedia fra la stazione di fondo urbano di Acropoli e quella di traffico di P.za Repubblica (media annuale PM10 Badia al Pino e Tegoletto +16 % su Acropoli e -8 % su Repubblica). Il PM2,5 evidenzia invece differenze poco significative rispetto all'area urbana di Arezzo.

L'analisi della variazioni spaziali riferita invece ai metalli misurati nel 2018 in Toscana ed Umbria, inquadra la postazione di Badia al Pino, sia su livelli inferiori alla media di tutte le stazioni (cadmio e nichel), sia su livelli poco superiori alla media di tutte le stazioni (piombo); l'arsenico presenta variazioni poco significative (0,3-0,5 ng/m<sup>3</sup>). Per quanto attiene il benzo(a)pirene, il valore medio annuale di Badia al Pino si colloca su valori inferiori alla media interregionale, ma equivalenti alla stazione di Ar-Acropoli.

### 8.1 Materiale Particolato

Dall'analisi dei dati traspare che i valori limite relativi alla media annuale, sia per il PM10 che per il PM2,5 sono rispettati; nel dettaglio, i valori di PM10 sia di Badia al Pino che di Tegoletto, sono inferiori al limite del 45 %, mentre quelli di PM2,5 di Badia al Pino sono inferiori al limite del 48 %. Anche il valore limite dell'indicatore relativo al 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere è rispettato in entrambe le postazioni.

Il Rapporto tra PM2,5 e PM10 pari al 60 %, risulta più basso rispetto a quello relativo all'area urbana di Arezzo (Ar-Acropoli anno 2018 = 68 %) ad indicare che per il sito di Badia al Pino la componente più grossolana nel PM10 ha un peso maggiore.

**Variazioni spaziali:** A livello comunale, i livelli medi di PM10 risultano omogenei, se si allarga la valutazione su scala zonale, si rileva che le due postazioni di Civitella in Val di Chiana si distribuiscono su livelli intermedi tra la stazione di fondo di AR-Acropoli e quella di traffico di P.za Repubblica (Civitella vs Acropoli +16 % - Civitella vs AR-Repubblica -8 %). L'esame dei grafici delle differenze conferma questo contesto giacché la media delle differenze di Badia al Pino e

Tegoleto su Acropoli risulta pari a 2 nel primo caso e 3 nel secondo, mentre sulla stazione di AR-Repubblica, la media differenze presenta valori di segno opposto, -2 per Badia al Pino e -1 per Tegoleto.

Si fa rilevare che lo studio di ARPAT relativo alla rappresentatività spaziale del materiale particolato PM10 di Badia al Pino effettuato nello studio "Esposizione della Popolazione al Particolato: Il Caso dell'area sud-est della Toscana" presentato al 34° Congresso Nazionale di Igiene Industriale ed Ambientale AIDII ad Ortona (CH)<sup>3</sup> ha evidenziato per il sito di Badia al Pino un'area di rappresentatività dal raggio di 3 Km e che tale distanza è stata confermata dalle misurazioni effettuate nella campagna 2018 poiché a Tegoleto (2,1 Km da Badia al Pino) sono stati misurati gli stessi livelli medi di PM10 di Badia al Pino. L'approfondimento di questo studio riferito ai dati 2018 della campagna di Civitella in Val di Chiana, è stato effettuato sempre con il metodo dell'indice  $\beta$  il quale valuta la variazione dell'uso del suolo abbinato ad opportuni coefficienti di pressione al variare del raggio del buffer circolare considerato. Si rileva una forte simmetria sia nel valore assoluto sia nell'andamento dell'indice beta elaborato per i due siti. Anche per Tegoleto il raggio di rappresentatività è di 3 Km, le due aree si incrociano e ciascun sito ricade nell'area di rappresentatività dell'altro. Si può pertanto affermare, che l'intera piana tra i due siti, comprese le aree urbane in cui i siti si trovano, è rappresentata dai dati del monitoraggio.

Pur se gli andamenti dei valori medi giornalieri, fra le postazioni di Civitella in Val di Chiana e quelle dell'area urbana di Arezzo, coincidono nella prevalenza dei casi sono osservati coefficienti di correlazione  $R^2$  bassi (poco superiori a 0,5). Maggiore corrispondenza si osserva invece per il PM2,5 dove per Badia al Pino si rileva una media delle differenze rispetto ad AR-Acropoli di -1 ed un buon coefficiente di correlazione  $R^2$  (0,7).

**Variazioni temporali:** nel breve termine, i diagrammi a scatola stagionali e gli istogrammi evidenziano una forte stagionalità dei valori nel quale l'inverno rappresenta la stagione con livelli di concentrazione più elevati; nel caso della postazione di Tegoleto, è registrato anche un caso di superamento del valore limite giornaliero di PM10, il quale tuttavia, non determina il superamento del corrispondente valore limite riferito all'indicatore del 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere. Le stagioni della primavera e dell'estate, tendenzialmente sono caratterizzate da meno differenze dei valori giornalieri.

Anche il PM2,5 di Badia al Pino presenta lo stesso andamento stagionale riferito ai massimi invernali.

Nel lungo termine (dati 2006-2018) gli indicatori annuali di PM10 di Badia al Pino mostrano un andamento variabile caratterizzato dalla distribuzione dei valori attorno al valore di 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; il PM2,5 presenta invece un andamento in decremento.

Per quanto attiene il sito di Tegoleto, sono disponibili dati pregressi relativi ad una campagna di misurazione indicativa di un'altra postazione di misura (Via Molinara 2006-2007), la cui media annuale di PM10 (22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), risulta equivalente a quella misurata nella campagna 2018.

## 8.2 Biossido di Azoto

Questo agente inquinante è stato misurato nella sola postazione di Badia al Pino.

Anche per il biossido di azoto si rileva una situazione di conformità ai valori limite fissati a tutela della salute umana per entrambi gli indicatori, nel dettaglio, la media annuale risulta inferiore al limite del 40 % (media annuale misurata 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - Valore Limite = 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mentre per il valore orario non sono registrati casi di superamento (valore massimo orario registrato 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - valore limite = 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

---

<sup>3</sup>[HTTP://WWW.ARPAT.TOSCANA.IT/DOCUMENTAZIONE/PRESENTAZIONI-CONVEGNI/PRESENTAZIONE-ANDREINI-AIDII-2017.ZIP/VIEW?SEARCHTERM=ORTONA](http://www.arpat.toscana.it/documentazione/presentazioni-convegni/presentazione-andreini-aidii-2017.zip/view?searchterm=ortona)

### **Variazioni spaziali:**

Il valore medio annuale di biossido di azoto raffrontato ai corrispondenti valori misurati nell'area urbana di Arezzo dalle stazioni di rete regionale di Acropoli e P.za Repubblica ripropone lo scenario relativo al PM10, nel quale Badia al Pino si colloca al di sopra della stazione di Acropoli (+50 %) e sotto la stazione di traffico di P.za Repubblica (-31 %). Informazioni nella stessa direzione sono espresse dal grafico delle differenze, nel quale, da una parte la media delle differenze fra Badia al Pino ed Acropoli è espressa dal valore di 8, e dall'altra, la media delle differenze fra Badia al Pino e Repubblica è espressa dal valore -11.

Gli andamenti temporali dei valori medi orari di Badia al Pino sono contraddistinti da una buona sincronia con quelli relativi all'area urbana di Arezzo.

**Variazioni temporali:** nel breve termine, i diagrammi a scatola stagionali e gli istogrammi replicano il quadro già evidenziato per il PM10, contraddistinto da livelli di concentrazione più elevati nell'inverno ed a seguire, nell'autunno. Anche l'elaborazione del giorno tipo restituisce analoghe informazioni poiché i livelli di concentrazione più elevati sono riferiti alle stagioni dell'inverno e dell'autunno con presenza del valore massimo giornaliero nelle fasce orario 8-9 e 18-20.

Nel lungo termine (1992-2018) si registra una progressiva riduzione dei valori di entrambi gli indicatori (valore massimo orario e media), nel quale, i valori relativi alla campagna 2018 rappresentano il valore minimo dell'intero arco temporale esaminato.

Le elaborazioni grafiche polari mettono in rilievo contributi più significativi per i settori nor-occidentali (Ovest, Ovest-Nord-Ovest e Nord-Ovest) e le direzioni di Nord ed Est, le quali risultano sovrapponibili all'ubicazione delle principali sorgenti di emissione, lineari e puntuali presenti nella zona.

## **8.3 Microinquinanti**

I microinquinanti nel PM10 sono stati determinati unicamente nella postazione di Badia al Pino.

I valori degli indicatori dei microinquinanti, sia inorganici (metalli), che organici (benzo[a]pirene) nel PM10, sono riferiti ad una situazione di conformità ai relativi valori limite o obiettivo; nel dettaglio, i valori medi annuali dei metalli si distribuiscono su valori inferiori al limite/obiettivo compresi fra il -92 (arsenico) ed il - 99 % dei rispettivi valori obiettivo/limite, mentre il valore medio annuale di benzo(a)pirene si assesta su valori inferiori al valore obiettivo del -64 % ( $0,36 \text{ ng/m}^3$  valore obiettivo =  $1 \text{ ng/m}^3$ ).

### **Variazioni spaziali:**

Le variazioni spaziali sono riferite alle medie annuali 2018 nell'ambito interregionale Toscana ed Umbria.

Per quanto attiene i metalli si rileva un contesto articolato espresso, da una parte da variazioni spaziali non significative (arsenico) comprese fra  $0,5$  (Badia al Pino) e  $0,3 \text{ ng/m}^3$ , e dall'altro, da valori inferiori (cadmio e nichel) o poco superiori (piombo) alla media di tutte le stazioni esaminate. Il nichel di Badia al Pino rappresenta il valore più basso di tutte le stazioni.

Relativamente al benzo(a)pirene la media annuale di Badia al Pino risulta inferiore alla media di tutte le stazioni (-9 %) e sostanzialmente sovrapponibile a quella registrata dalla stazione urbana fondo di Arezzo-Acropoli ( $0,39 \text{ ng/m}^3$ ).

### **Variazioni temporali:**

Le variazioni sul breve termine degli idrocarburi policiclici aromatici evidenziano un quadro analogo a quello del materiale particolato nel quale i livelli più elevati dei 7 congeneri IPA sono distribuiti nella stagione dell'inverno ed a seguire, nell'autunno. Sotto il profilo quantitativo, il congenere più elevato è rappresentato dal benzo(b)flurantrene seguito dal benzo(a)pirene. L'impronta relativa alla stagione dell'autunno è caratterizzata, rispetto a quella dell'inverno, dall'incremento dell'indeno e dal dibenzo(a,h)antracene.

I metalli registrano variazioni stagionali specifiche: il piombo presenta variazioni contenute con livelli più elevati in inverno e primavera, l'argento livelli più elevati in primavera ed estate, ed il nichel maggiori livelli in inverno; l'arsenico è sostanzialmente stabile per tutto l'anno.

In relazione alla campagna di misurazione 2014-2015 si rilevano variazioni temporali dei metalli divergenti, dove da una parte si registra una riduzione di nichel (-72 %), cadmio (-50 %) e piombo (-22 %) e dall'altra, un incremento dell'argento; l'arsenico è caratterizzato da una situazione di stabilità.

## **9 - Considerazioni riassuntive e finali**

Tutti degli indicatori di qualità dell'aria risultano conformi ai valori limite/obiettivo fissati a tutela della salute umana.

I dati medi annuali di materiale particolato PM10 relativi alle due postazioni monitorate, sostanzialmente coincidenti, evidenziano una situazione di omogeneità dei livelli di concentrazione nell'area esaminata, questo contesto è coerente allo studio di ARPAT effettuato sulla rappresentatività del PM10 nel sito di Badia al Pino. L'approfondimento dello studio di rappresentatività del PM10 con i dati 2018 mette in rilievo che entrambi i siti di Badia al Pino e Tegoletto risultano avere un raggio di rappresentatività di 3 km e l'intera piana tra i due siti, comprese le aree urbane in cui i siti si trovano, è rappresentata dai dati del monitoraggio. A livello zonale (Valdarno aretino e Valdichiana), i siti di Badia al Pino e Tegoletto si collocano su livelli superiori di PM10 e biossido di azoto rispetto alla stazione urbana-fondo di Arezzo Acropoli, ma inferiori a quella di traffico di Arezzo P.za Repubblica, per quanto attiene invece benzo(a)pirene e materiale particolato PM2,5 i livelli di Badia al Pino risultano sostanzialmente sovrapponibili a quelli della stazione di Arezzo Acropoli.

Le variazioni temporali sul breve termine evidenziano nell'inverno la stagione più critica per materiale particolato PM10 e PM2,5, biossido di azoto, piombo, nichel e benzo(a)pirene, l'argento presenta un andamento temporale specifico caratterizzato da livelli più elevati in primavera ed estate.

Le variazioni temporali sul lungo termine sono caratterizzate da un andamento in decremento per la prevalenza degli inquinanti: materiale particolato PM2,5, biossido di azoto, nichel, cadmio e piombo; anche in questo caso l'argento è in controtendenza poiché registra rispetto ai dati precedenti un incremento. La variabilità temporale dei livelli di materiale particolato PM10 non permette di individuare invece uno specifico trend.

I livelli di materiale particolato PM10 e biossido di azoto misurati nel 2018 rappresentano il valore minimo dell'intera serie di dati esaminati relativa al periodo 1992-2018.

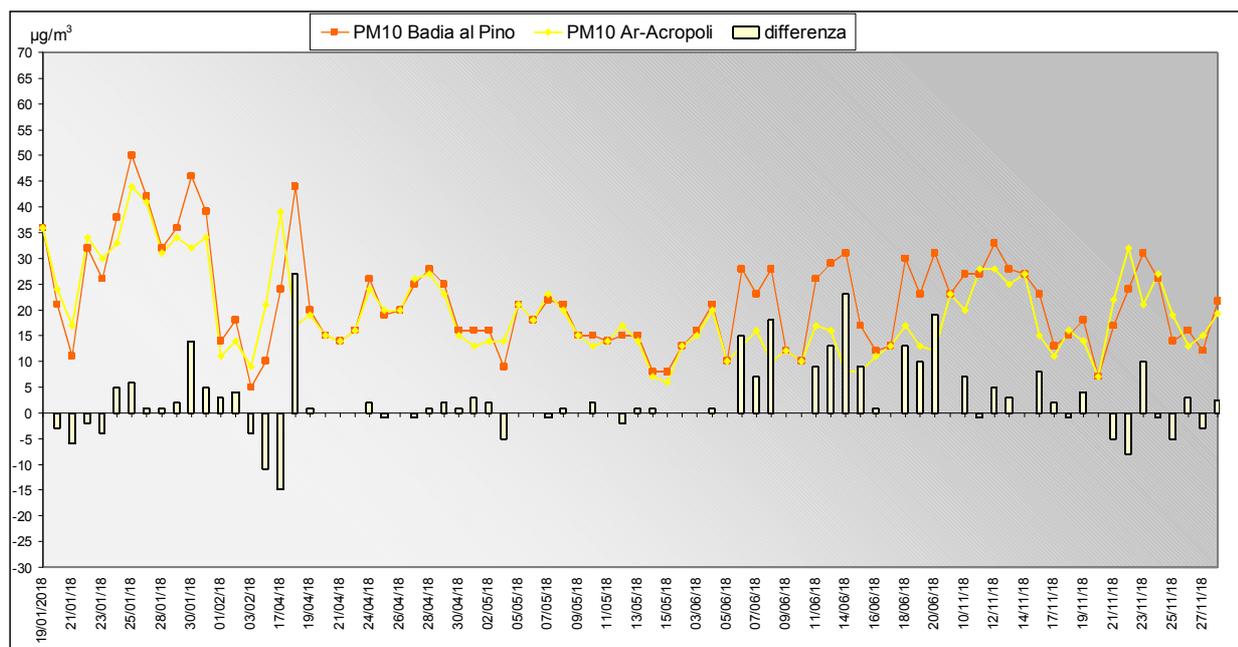
Le elaborazioni polari di biossido di azoto presentano una buona coerenza fra i settori riferiti ai contributi più significativi e le principali fonti di emissione lineari e puntuali del contesto territoriale monitorato.

# TERZA PARTE

## Allegato 1.

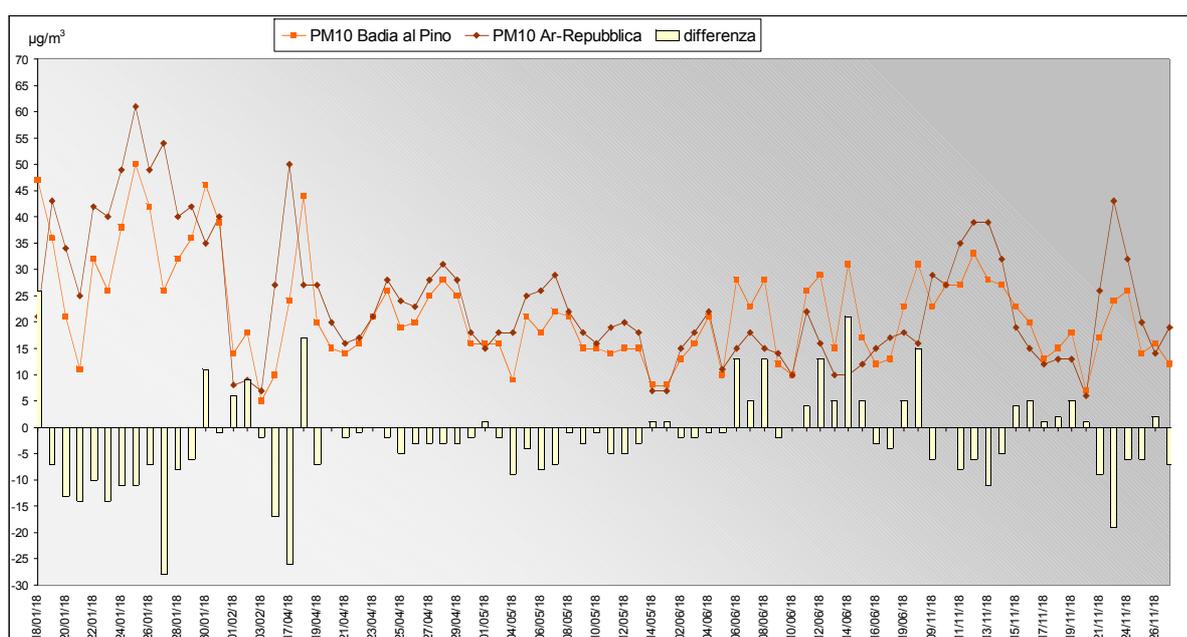
### 1 Diagrammi delle differenze materiale particolato.

Figura 1 andamenti temporali medie giornaliere e delle differenze, materiale particolato PM10 Badia al Pino – stazione AR Acropoli



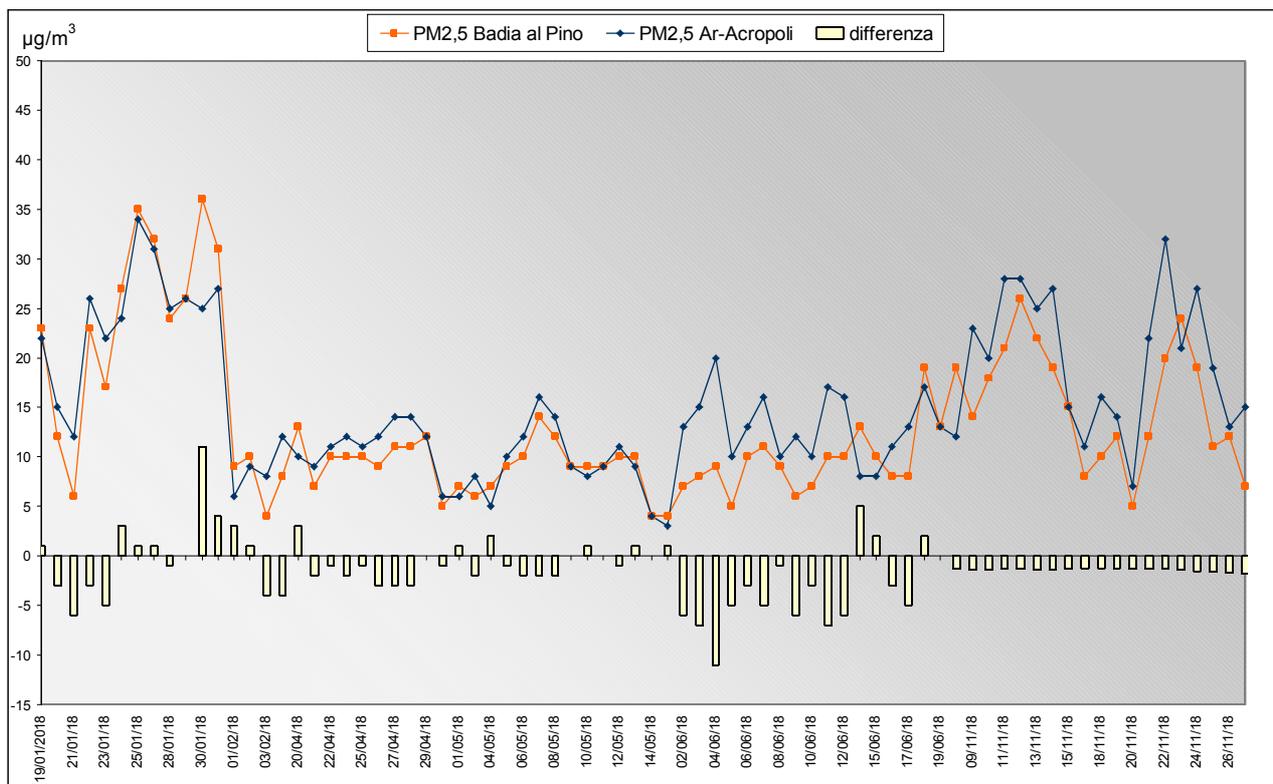
Media delle differenze = 2  
 $R^2 = 0,53$

Figura 2 andamenti temporali medie giornaliere e delle differenze, materiale particolato PM10 Badia al Pino e stazione AR Repubblica



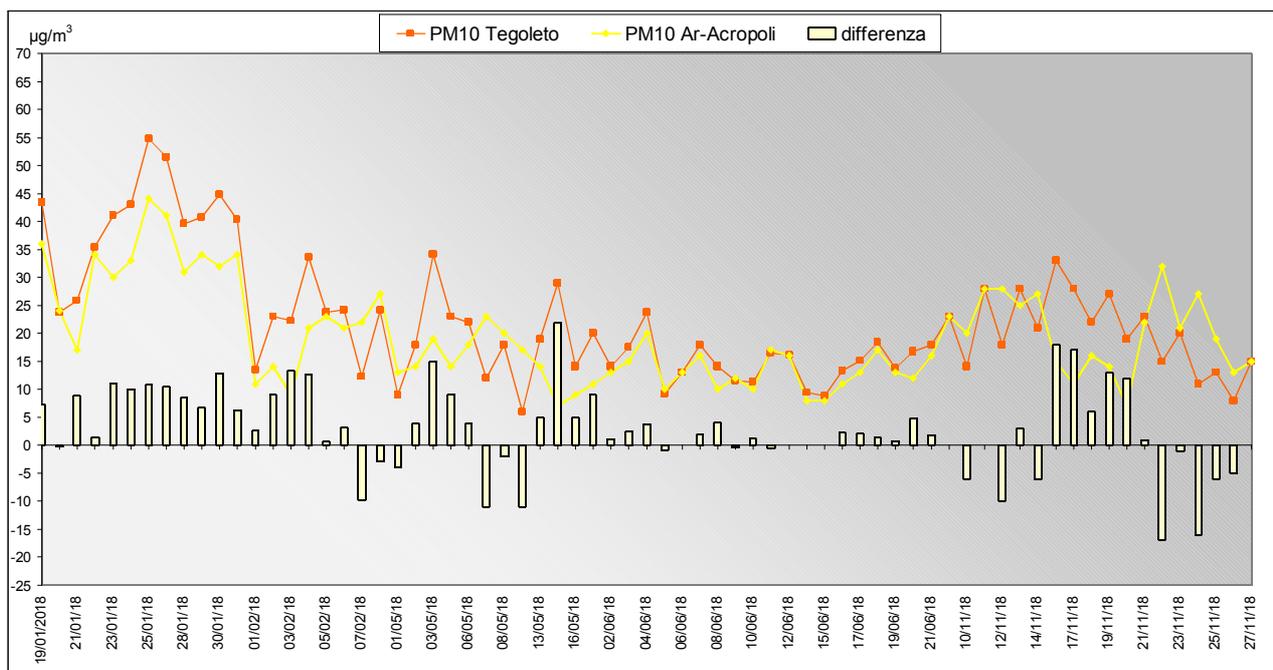
Media delle differenze = -2  
 $R^2 = 0,48$

Figura 3. andamenti temporali medie giornaliere e delle differenze, materiale particolato PM<sub>2,5</sub> Badia al Pino e stazione Arezzo Acropoli



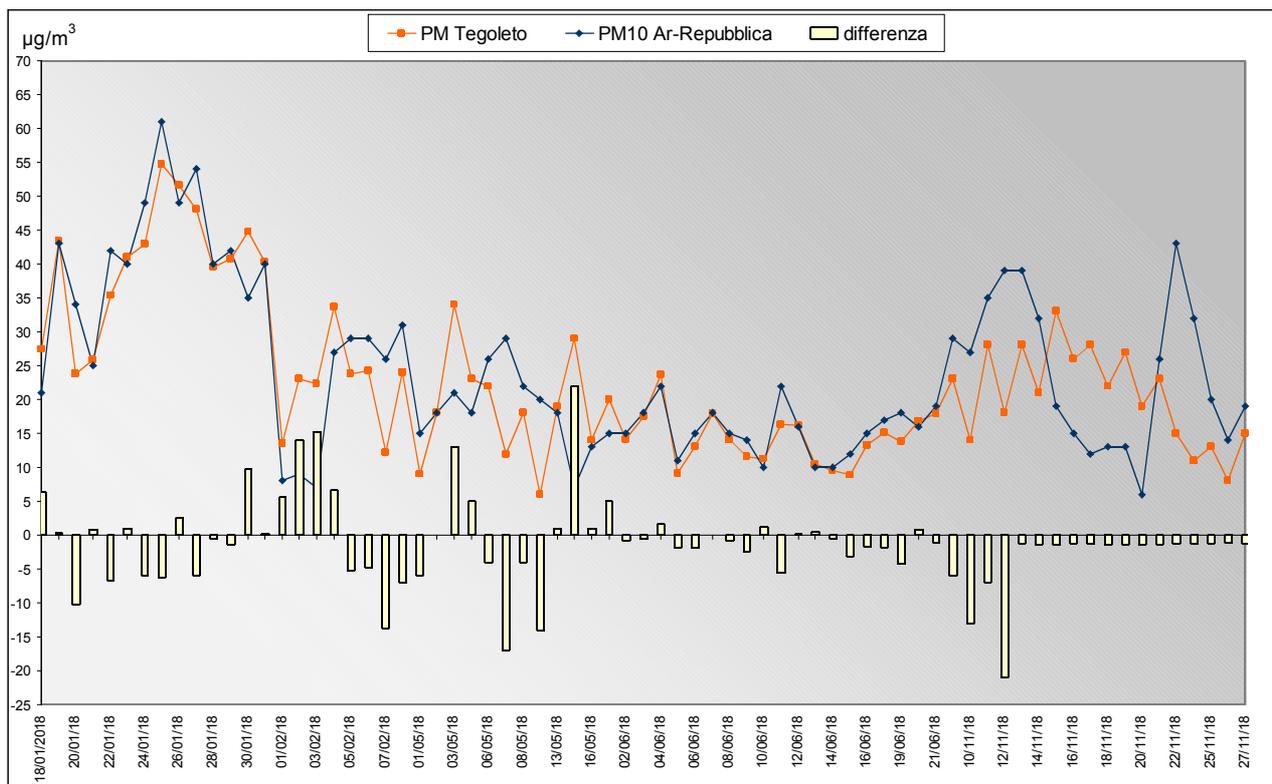
Media delle differenze = -1  
 $R^2 = 0,72$

Figura 4 andamenti temporali medie giornaliere e delle differenze, materiale particolato PM<sub>10</sub> Tegoletto e stazione Arezzo Acropoli



Media delle differenze = 3  
 $R^2 = 0,53$

Figura 5 andamenti temporali medie giornaliere e delle differenze, materiale particolato PM10 Tegoletto e stazione AR Repubblica



Media delle differenze = -1  
 $R^2 = 0,51$

## 2 Diagrammi a scatola materiale particolato e biossido di azoto

I dati di sintesi relativi al materiale particolato (dato giornaliero) e biossido di azoto (dato orario) mettono in evidenza, una distribuzione dei dati asimmetrica caratterizzata dalla presenza di baffi sbilanciati verso i valori più elevati, ad indicare, che probabilmente, sotto il profilo statistico, i valori estremi (o dati fuori linea) hanno un peso rilevante sull'andamento normale dei valori di questi inquinanti. Questa considerazione, è confermata anche dai valori della media, che tendenzialmente sono più elevati della mediana.

I Diagrammi a scatola stagionali rilevano la presenza di livelli massimi di materiale particolato PM10 nella stagione dell'inverno, nelle stagioni intermedie dell'autunno e della primavera, la distribuzione assume invece una connotazione più simmetrica.

Figura 8 Diagramma a scatola PM10 Badia al Pino

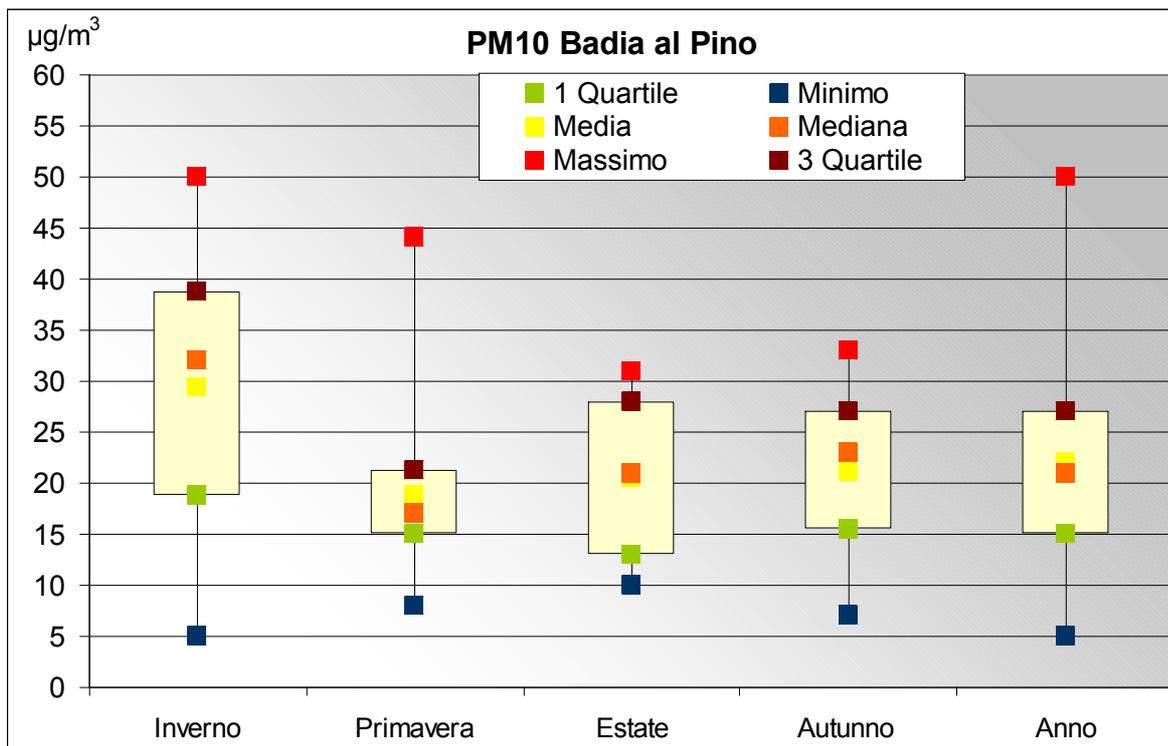


Figura 9 Diagramma a scatola PM2,5 Badia al Pino

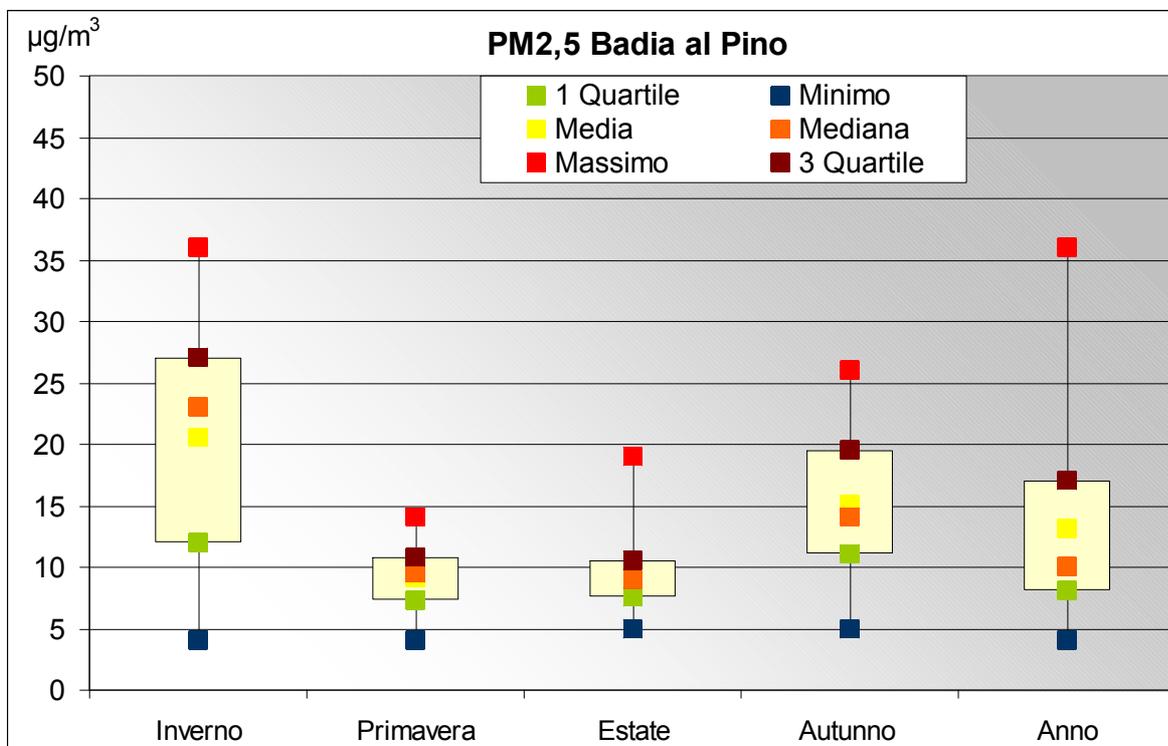


Figura 10 Diagramma a scatola Biossido di azoto Badia al Pino

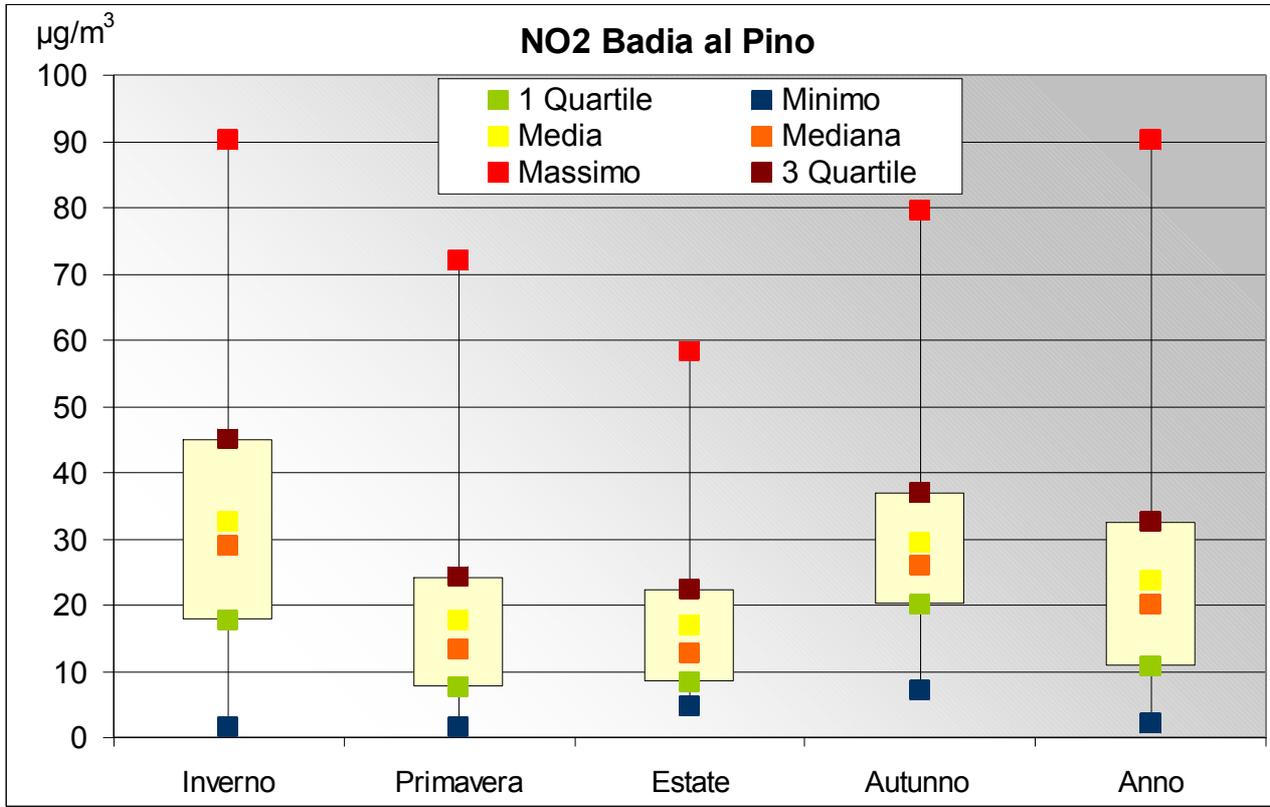
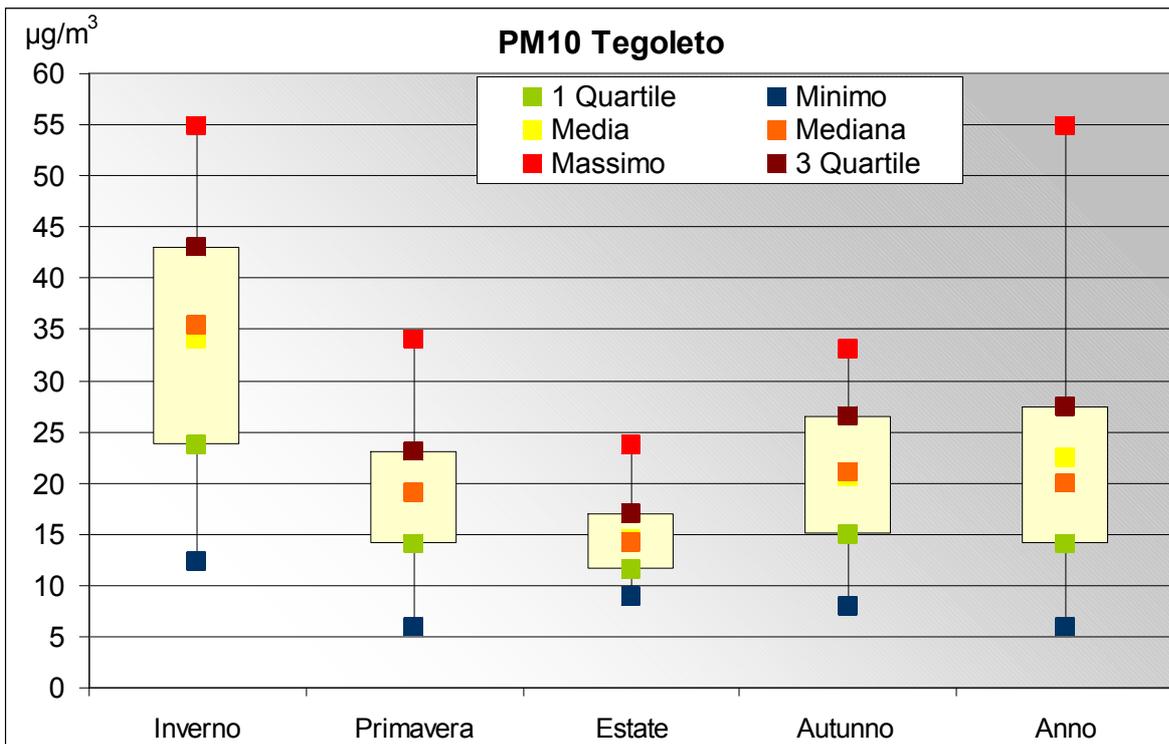
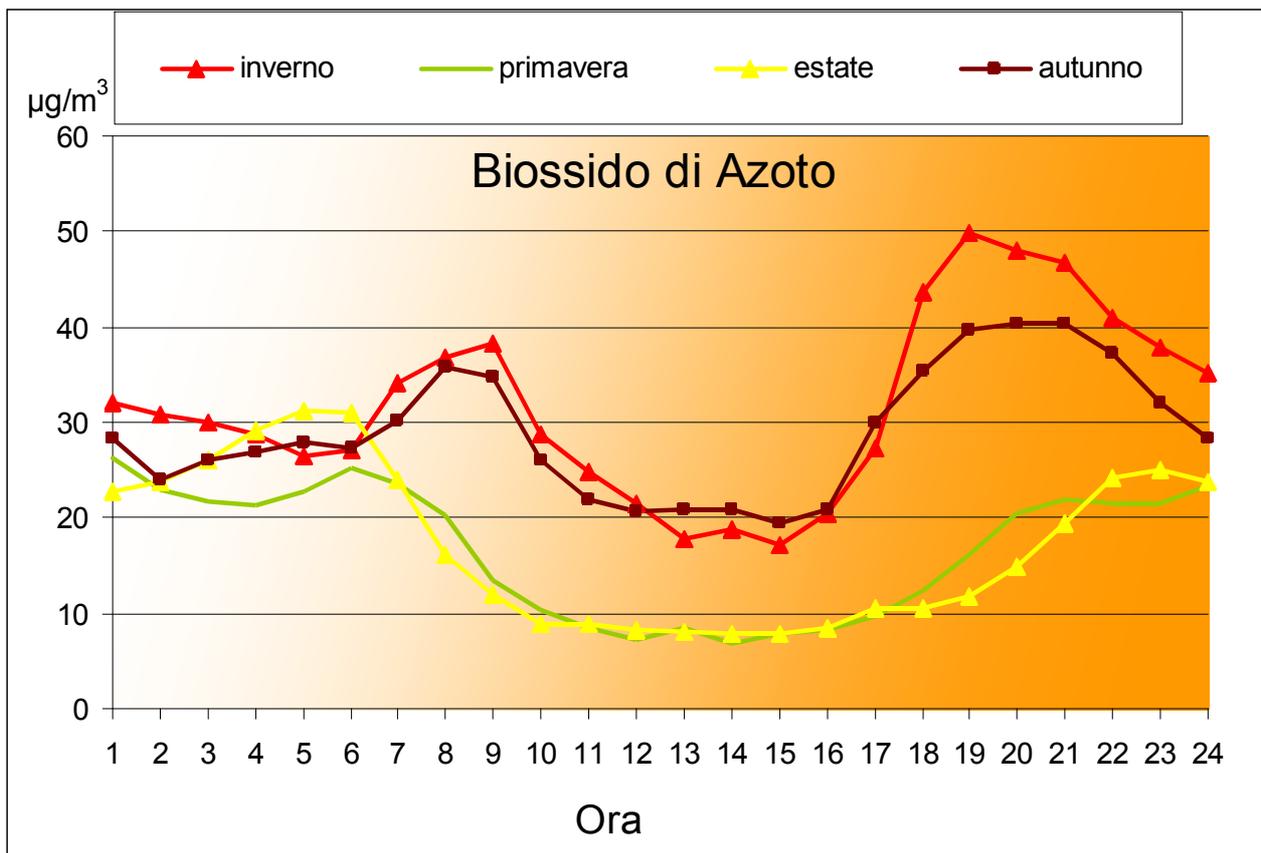


Figura 11 Diagramma a scatola PM10 Tegoletto



### 3 Giorno tipo biossido di azoto

Figura 12 giorno tipo biossido di azoto



#### 4. Andamenti stagionali Badia al Pino e Tegoletto

Figura 13 andamenti stagionali Badia al Pino e Tegoletto materiale particolato PM10-PM2,5 e biossido di azoto

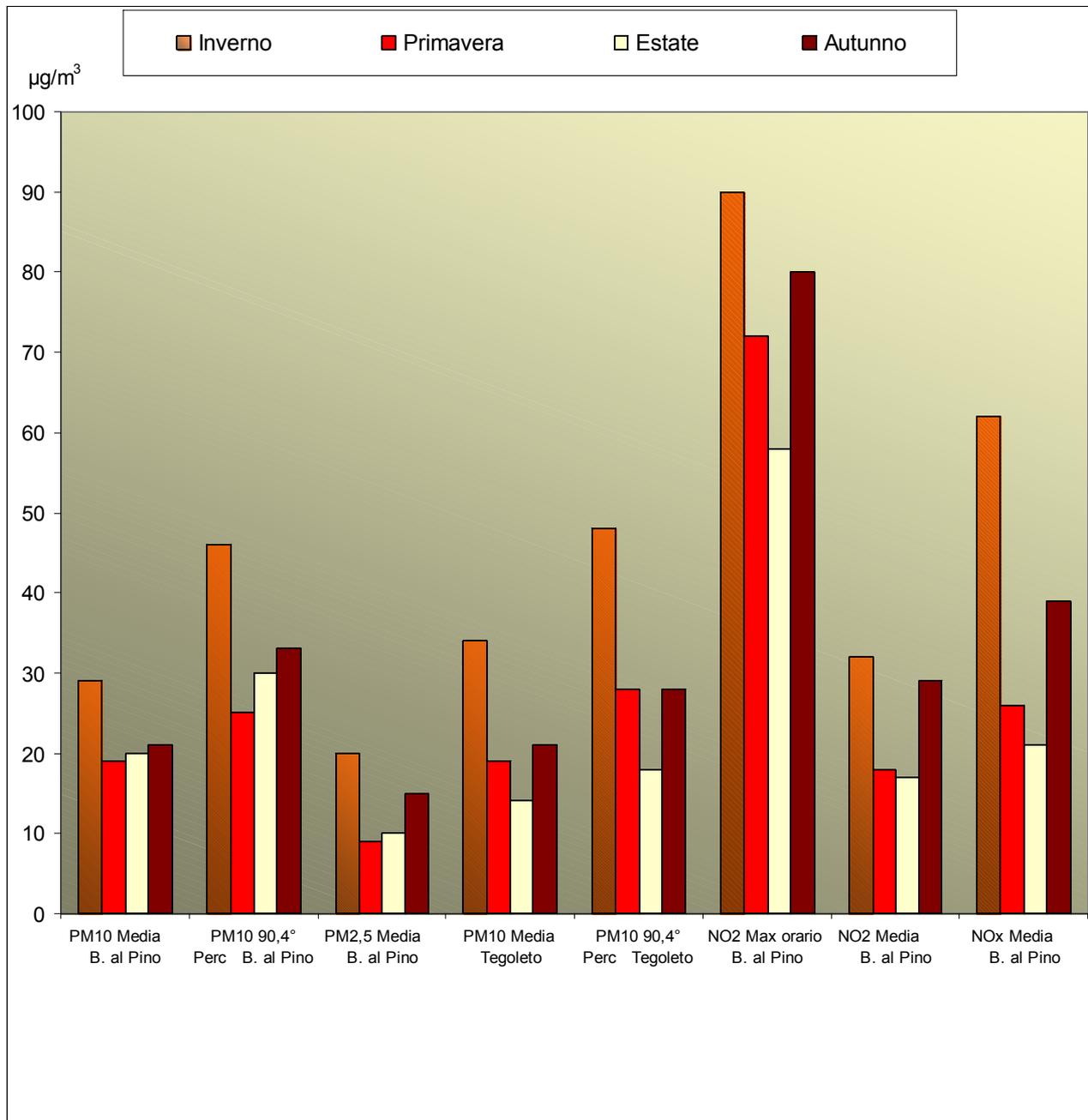


Figura 14 andamenti stagionali Badia al Pino metalli

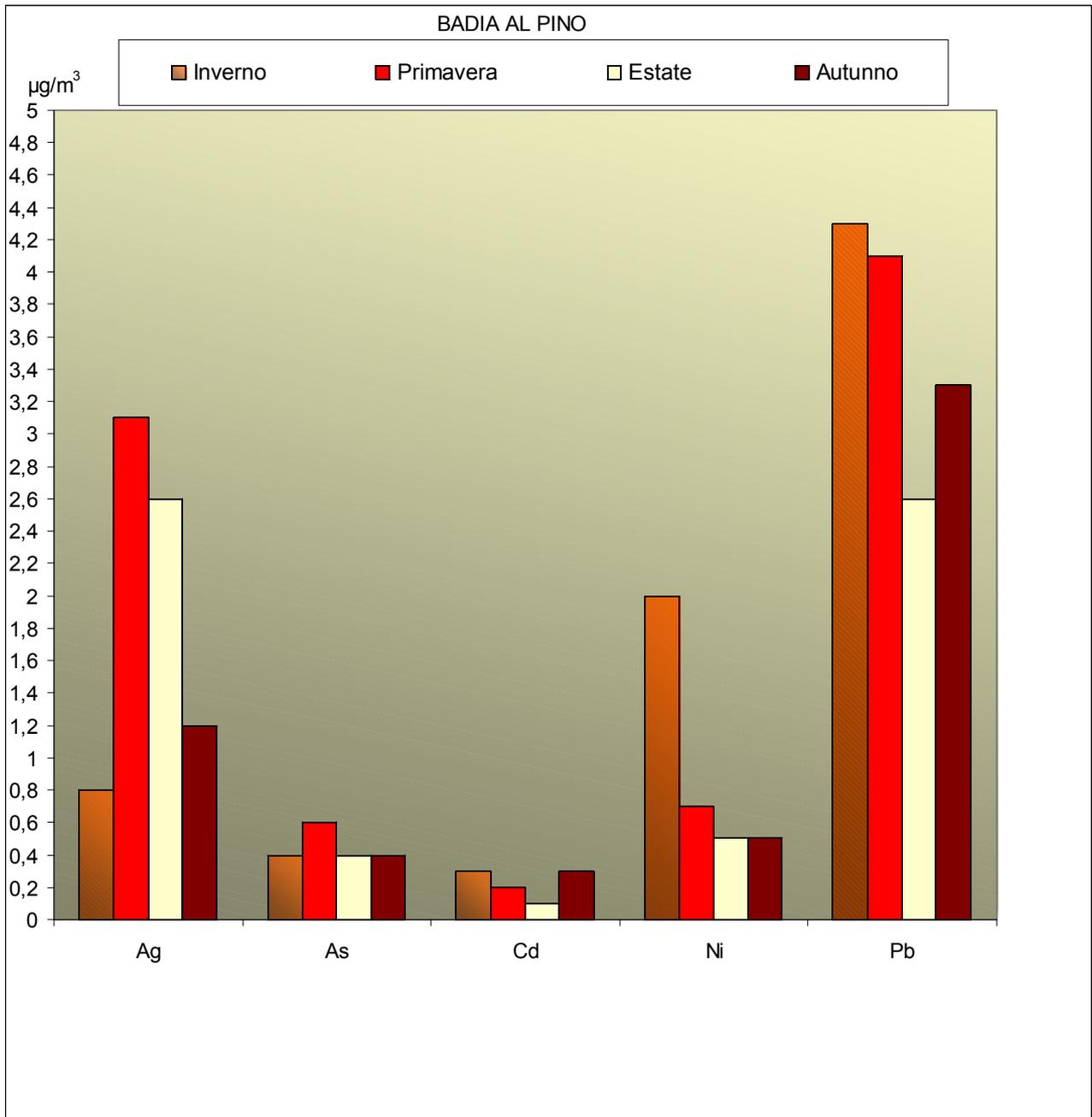
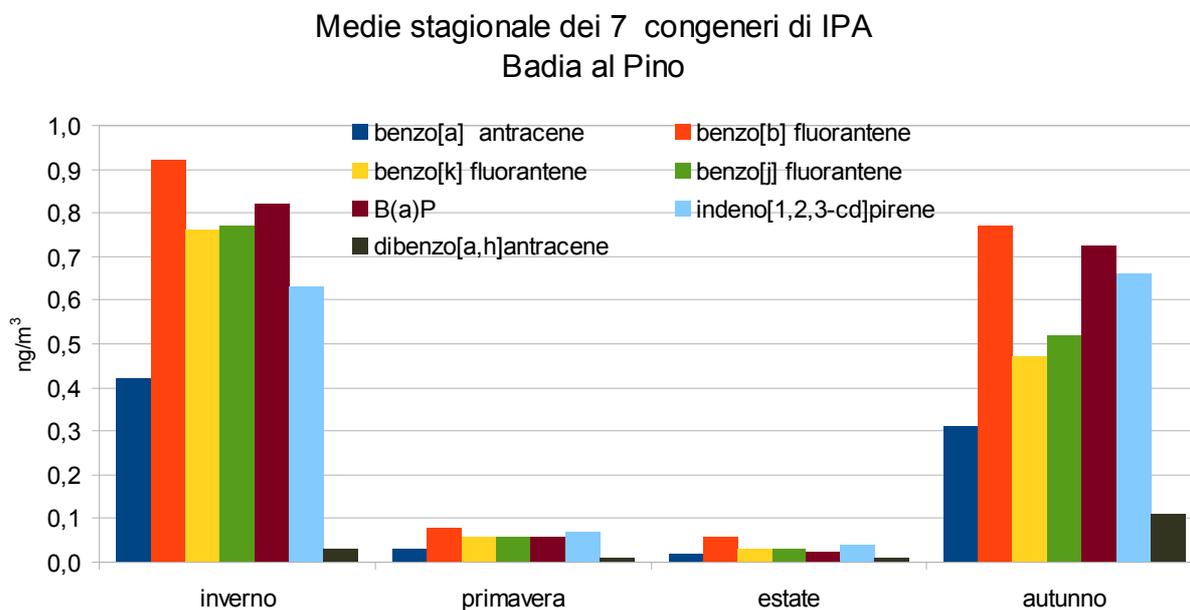


Figura 15 andamenti stagionali Badia al Pino 7 congeneri IPA



## 5 Diagrammi polari biossido di azoto

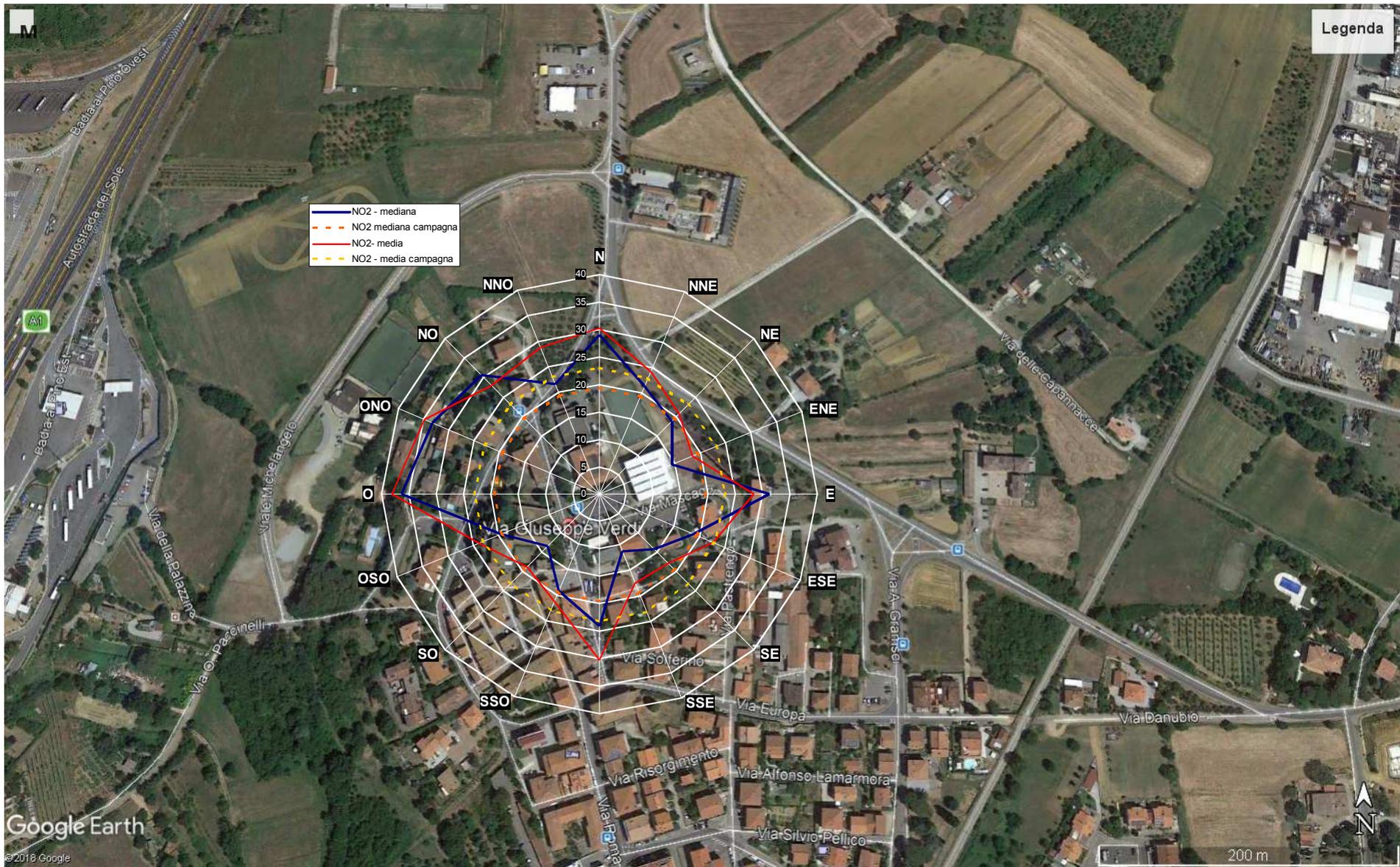
In relazione ai dati registrati dai sensori meteo di direzione del vento, è stato elaborato il diagramma polare, al quale è stata sovrapposta la mappa della zona relativa alla postazione di Badia al Pino.

Nella figura sono rappresentati i valori delle mediane (linea blu) e delle medie (linea rossa) di biossido di azoto relativi dallo stesso settore di provenienza del vento; a titolo di confronto, sono riportati anche i valori delle rispettive mediane (linea tratteggiata arancione) e medie (linea tratteggiata gialla) relative però all'intero campione di dati rilevati della campagna di misurazione; poiché tale valore non è riferito a nessun settore di provenienza del vento, risulta distribuito uniformemente ad ogni settore della rosa dei venti.

### Elaborazioni con i dati meteorologici

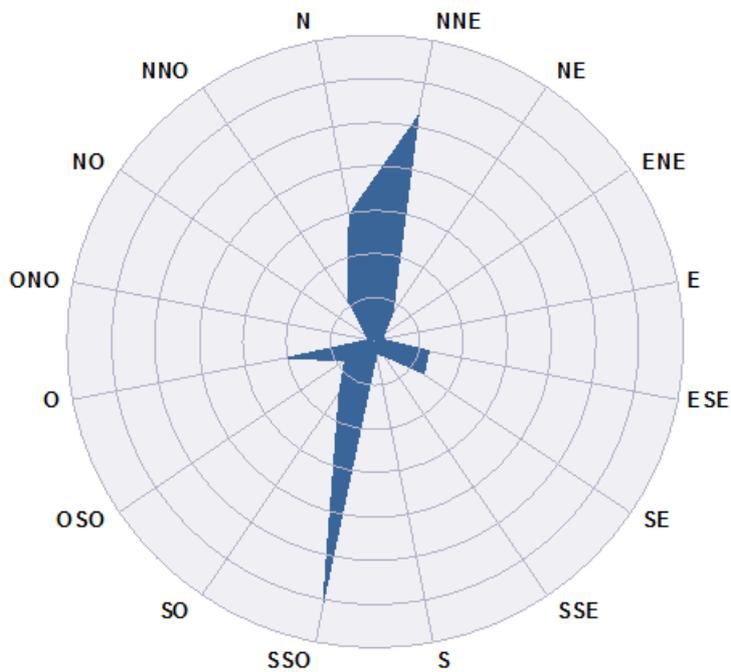
I diagrammi polari riguardanti il biossido di azoto mettono in rilievo contributi più significativi riconducibili ai settori nord-occidentali ed est.

Figura 16 – diagramma polare medie e mediane NO<sub>2</sub>



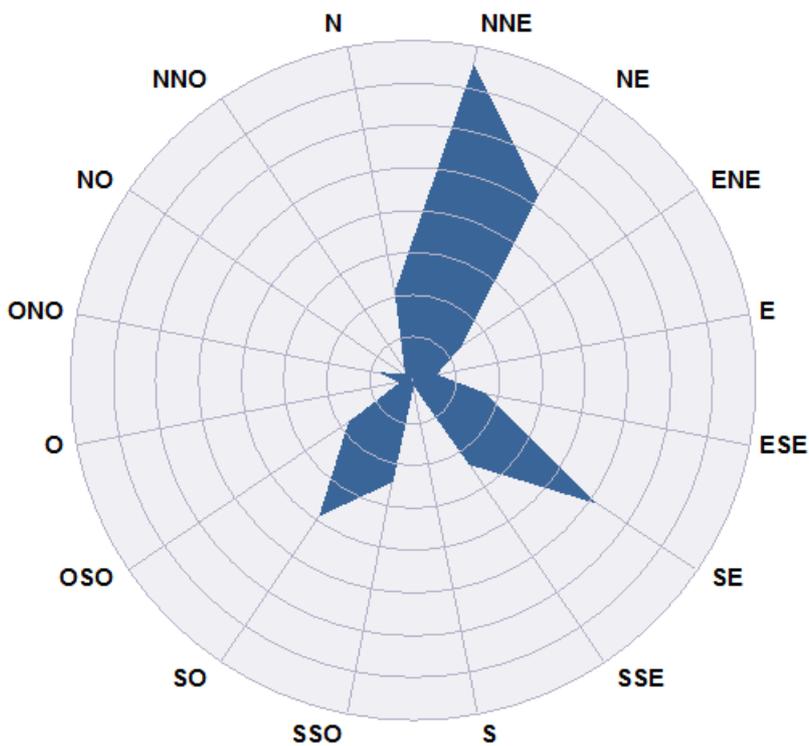
## 6. Dati meteorologici

Figura 17 rosa dei venti inverno



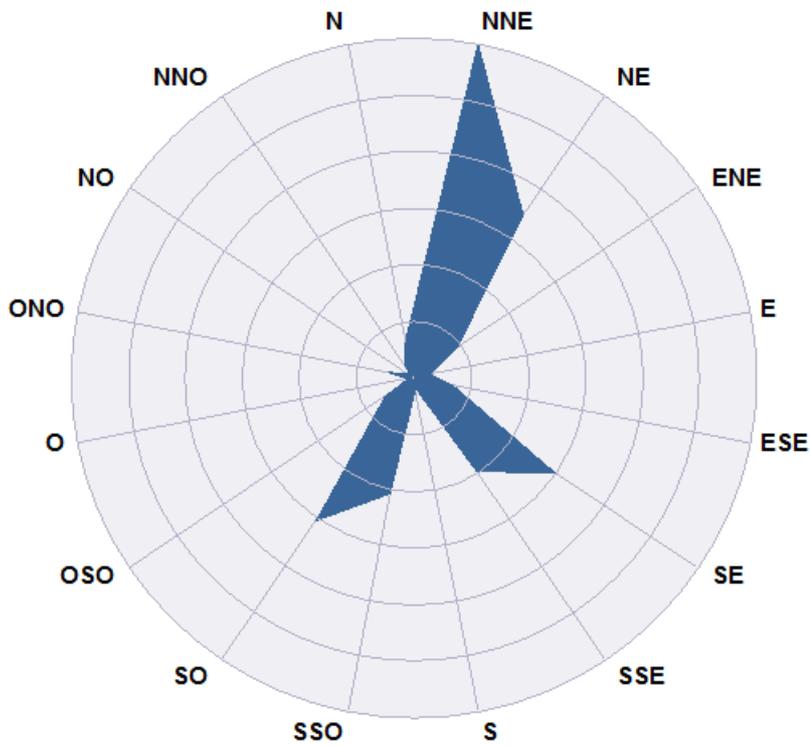
	Occorrenze	V. media m/s
N	59	1.37
NNE	105	1.09
NE	15	0.98
ENE	5	1.00
E	4	0.62
ESE	25	1.19
SE	27	0.80
SSE	9	0.67
S	6	0.67
SSO	122	1.13
SO	29	1.03
OSO	16	0.84
O	41	1.60
ONO	2	2.32
NO	4	1.71
NNO	22	1.10

Figura 18 rosa dei venti primavera



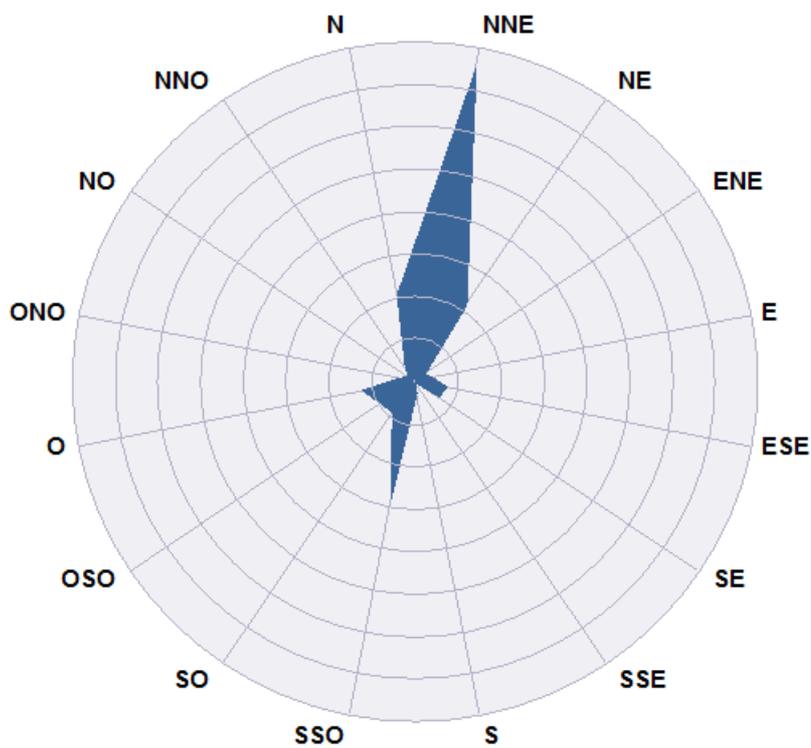
NNE	151	0.94
NE	105	1.05
ENE	27	1.05
E	11	0.93
ESE	35	0.95
SE	103	0.97
SSE	48	0.96
S	2	0.51
SSO	49	0.97
SO	77	0.96
OSO	36	1.10
O	6	1.37
ONO	15	0.90
NO	4	2.46
NNO	6	1.20

Figura 19 rosa dei venti estate



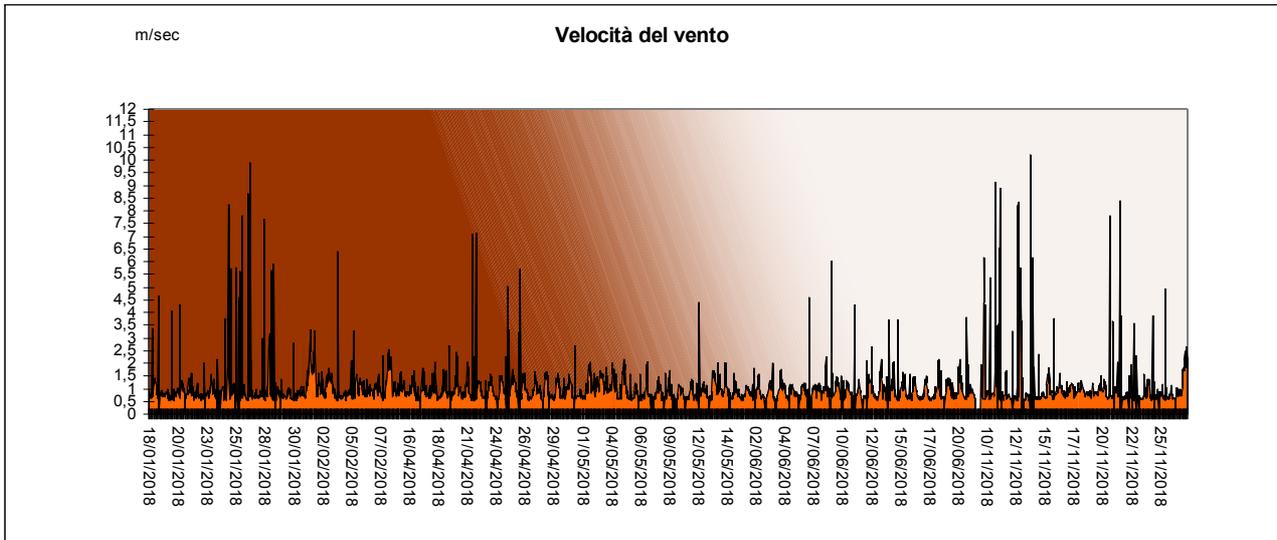
	Occorrenze	V. media m/s
N	14	0.83
NNE	120	0.97
NE	69	0.85
ENE	19	1.00
E	6	0.71
ESE	14	1.03
SE	60	0.89
SSE	40	0.94
S	4	2.11
SSO	42	1.03
SO	61	0.90
OSO	12	0.89
O	2	0.55
ONO	9	0.89
NO	2	0.31
NNO	6	0.80

Figura 20 rosa dei venti autunno



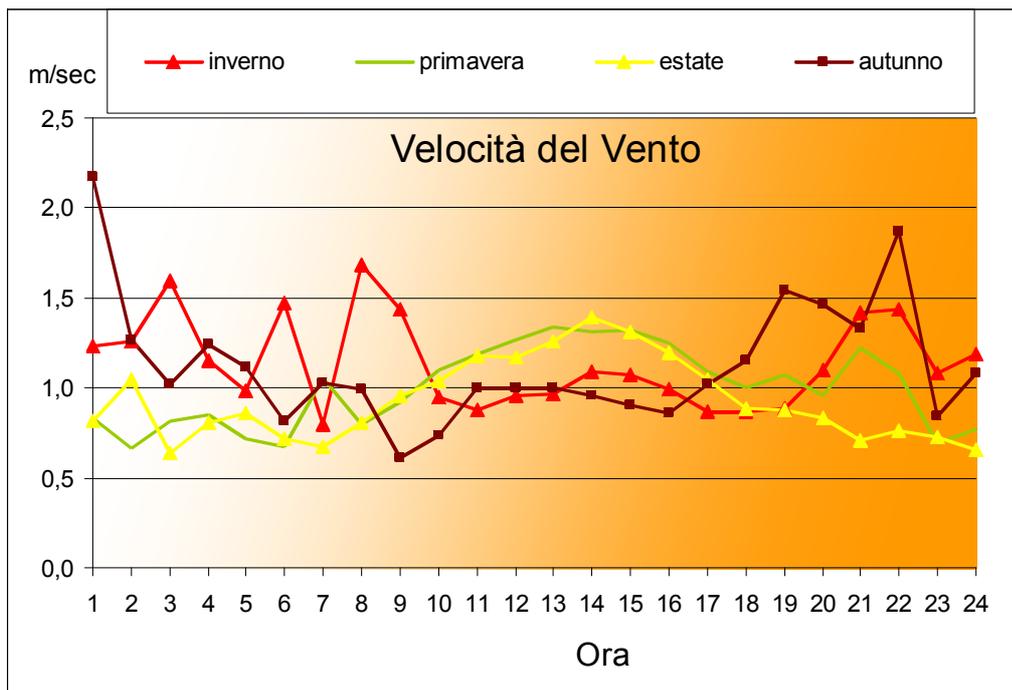
	Occorrenze	V. media m/s
N	41	1.21
NNE	150	1.05
NE	43	1.27
ENE	6	0.83
E	9	1.11
ESE	16	1.06
SE	14	0.82
SSE	1	8.21
S	6	1.40
SSO	57	0.84
SO	18	1.22
OSO	19	0.74
O	25	2.02
ONO	6	0.79
NO	3	0.53
NNO	8	0.81

Figura 21 andamenti temporali velocità del vento



velocità media annuale = 1,0 m/sec – valore massimo orario = 10,2 m/sec (13/11/2018 ore 22)

Figura 22 giorno tipo velocità del vento



## Allegato 2 Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori

tabella 1 caratteristiche tecniche analizzatori e sensori meteo

Inquinante	Marca Modello	Numero serie	Principio Misura	Limite Rilevabilità	Precisione	identificazione Autolaboratorio
NOx	API 200 A	444	Chemiluminescenza	0,7 µg/m <sup>3</sup>	0,5 % della lettura	Autolaboratorio AR431615
PM10-PM2,5	FAI Hydra DC	119				Autolaboratorio AR431615
DV	Micros SVDV	4699	Sistema a banderuola ad uscita potenziometrica	0,3 m/sec	1%	Autolaboratorio AR431615
VV	Micros SVDV	4699	rotazione a sistema magnete toroidale, sonda ad effetto Hall	0,25 m/sec	+/- 0,25 nel campo 0-20 m/sec +/- 0,7 oltre i 20 m/sec	Autolaboratorio AR431615
PM10	TCR Tecora Sypost	016600				Mezzo attrezzato FIAT Doblò

## Allegato 3. Limiti normativi

La legenda sottostante fornisce alcune spiegazioni in merito ai termini indicati dal D.Lgs. 155/2010 e smi.

**DATA DI CONSEGUIMENTO:** data effettiva in cui il valore limite deve essere rispettato senza l'applicazione del relativo margine di tolleranza.

**VALORE BERSAGLIO:** livello di ozono fissato al fine di evitare a lungo termine (anno 2010) effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo.

**OBIETTIVO A LUNGO TERMINE:** concentrazione di ozono nell'aria al di sotto della quale si ritengono improbabili, in base alle conoscenze scientifiche attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso. Tale obiettivo è conseguito nel lungo periodo, sempreché sia realizzabile mediante misure proporzionate, al fine di fornire un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

**SOGLIA DI ALLARME:** livello di ozono oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste dall'articolo 10 del D.Lgs. 155/2010.

**SOGLIA DI INFORMAZIONE:** livello di ozono oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste dall'articolo 10 del D.Lgs. 155/2010.

**MEDIA MOBILE SU 8 ORE MASSIMA GIORNALIERA:** è determinata esaminando le medie consecutive su 8 ore di ozono, calcolato in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media

su 8 ore in tal modo calcolata è assegnata al giorno nel quale la stessa termina; conseguentemente, la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

*Tabella 1 4 OSSIDI DI AZOTO – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)*

<b>NO<sub>2</sub>.NO<sub>x</sub></b>	<b>Periodo di Mediazione</b>	<b>Valore limite</b>
<b>Valore limite orario per la protezione della salute umana.</b>	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> da non superare più di 18 volte per l'anno civile.
<b>Valore limite annuale per la protezione della salute umana</b>	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>
<b>Valore limite annuale per la protezione della vegetazione</b>	Anno civile	30 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>x</sub>
<b>Soglia di allarme</b>	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	400 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>

*Tabella 2 Materiale particolato PM<sub>2,5</sub> – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)*

<b>PM<sub>2,5</sub></b>	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Valori limite</b>	<b>Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto</b>
<b>Valore limite annuale per la protezione della salute umana</b>	Anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	<b>1.01.2015</b>
<b>Obbligo di Concentrazione di esposizione per evitare effetti nocivi sulla salute umana</b>	Anno civile	20 µg/m <sup>3</sup>	<b>1.01.2015</b>
<b>Valore Obiettivo per la protezione della salute umana</b>	Anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	<b>01.01-2010</b>

Tabella 3 Materiale particolato PM10 – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

	Periodo di mediazione	Valori limite
<b>Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana</b>	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup> PM10 da non superare più di 35 volte per anno civile
<b>Valore limite annuale per la protezione della salute umana</b>	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> PM10

Tabella 5 all. 4 Benzo(a)pirene (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori obiettivo
Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	1 ng/m <sup>3</sup>