

**Campionatore Sequenziale Gravimetrico  
Campagna di Misura Polveri Fini  
COMUNE DI BERTONICO**

**Dall' 08/07/11 al 20/07/11**



---

Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

# CAMPAGNA DI MONITORAGGIO ATMOSFERICO

## SORGENIA

08 LUGLIO – 20 LUGLIO 2011

### 1 INTRODUZIONE

Le misure condotte rientrano all'interno della convenzione stipulata con la ditta Sorgenia Power S.p.a. (articolo 5 del decreto DG 445 del 12/06/09, rif. Prot. ARPA DI 7379 , Class. 2.9.6. Rep. n. 414/09).

La campagna di rilevazione polveri e analisi IPA previste dalla convenzione è stata condotta a Bertonico presso la centralina della qualità dell'aria.

Come previsto dalla convenzione, sono state effettuate rilevazioni di polveri fini campionando il **PM10** (*Particulate Matter* con diametro aerodinamico inferiore a **10 µm**) su filtri che sono poi stati mandati all'analisi per ottenere la concentrazione di **IPA** (*Idrocarburi Policiclici Aromatici*). Quelli previsti dalla convenzione sono sette:

*Pirene, Benzo[a]Antracene, Crisene, Benzo[b]Fluorantene, Benzo[k]Fluorantene, Benzo[a]Pirene, Benzo[g]Perilene.*

### 2 NORMATIVA

Si fa riferimento alla seguente normativa, in vigore al momento di effettuazione della campagna:

- D.Lgs. n.155 del 13/08/2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". In tale decreto è stata riunita in un testo unico tutta la precedente normativa relativa all'inquinamento atmosferico; nello specifico vengono normati i seguenti inquinanti: PM10, PM2.5, Biossido d'Azoto (NO<sub>2</sub>), Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>), Monossido di Carbonio (CO), Ozono (O<sub>3</sub>), Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), Benzo(a)Pirene (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>), Piombo (Pb), Arsenico (As), Cadmio (Cd) e Nichel (Ni). Difatti, i vari livelli di riferimento non sono stati cambiati rispetto il precedente D.M. n. 60 del 02/04/2002 e la sola vera novità riguarda i nuovi limiti introdotti per il PM2.5.
- Delib. Giunta Reg. n° 7/6501 del 19/10/2001 "Zonizzazione del territorio regionale per il conseguimento degli obiettivi di qualità dell'aria, ambiente, ottimizzazione e razionalizzazione della rete di monitoraggio, relativamente al controllo dell'inquinamento da PM10, fissazione dei limiti di emissione degli impianti di produzione energia e piano d'azione per il contenimento e la prevenzione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico."

Successive modifiche e integrazioni alla delibera sopra citata con particolare attenzione ai piani d'azione per il contenimento e la prevenzione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico ed al traffico autoveicolare, relativamente alle zone critiche ed agli agglomerati della Regione Lombardia:

- Delibera Giunta Reg. n. 552 del 04/08/2005
- Delibera Giunta Reg. n. 947 del 27/10/2005
- Delibera Giunta Reg. n. 1549 del 22/12/2005
- Legge Regionale n. 24 del 2006
- Delibera n. 1835 del 2 febbraio 2006
- Delibera n. 1898 del 14 febbraio 2006
- Delibera Giunta Reg. n. 5290 del 2 agosto 2007
- Delibera Giunta Reg. n. 7635 dell' 11 luglio 2008
- Delibera Giunta Reg. n. 9595 dell' 11 giugno 2009
- Delibera Giunta Reg. n. 9958 29 luglio 2009

La direttiva 2008/50/CE, recepita dal D.Lgs. n. 155 del 13 agosto 2010, riguardo arsenico, cadmio, nichel e Benzo(a)Pirene, ne fissa i valori obiettivo per il tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile. Il Benzo(a)Pirene si utilizza come marker per il rischio cancerogeno degli idrocarburi policiclici aromatici.

Nelle tabelle seguenti vengono riassunti i limiti estrapolati dalle normative appena menzionate di interesse per gli inquinanti monitorati in questa campagna di misura.

**Tab.1** - Dal D.Lgs. n.155 del 13/08/2010:

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

**Tab.2** - Dal D.Lgs. n.155 del 13/08/2010:

	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Valore obiettivo (*)</b>
<b>Benzo(a)Pirene</b>	1 anno	<b>1 ng/m<sup>3</sup></b>

(\*) = per il tenore totale dell'inquinante presente nella frazione PM10 del particolato calcolata in media su un anno di calendario.

NOTA: per gli IPA il Benzo(a)Pirene è utilizzato come marker per il rischio cancerogeno.

### 3 Alcune considerazioni sui limiti di PM10 e Benzo(a)Pirene

I diversi studi effettuati sulle concentrazioni di particolato in Lombardia, e più in generale nella Pianura Padana, hanno dimostrato che non vi sono sostanziali differenze tra le quantità di polveri presenti nell'aria delle zone urbane rispetto a quelle registrate nei siti rurali. In entrambi i casi si è registrata una forte stagionalità attribuibile in gran parte alle diverse condizioni di stabilità atmosferica, caratterizzata da concentrazioni invernali molto maggiori di quelle estive, e valori medi annui di PM10 pari a circa 50 µg/m<sup>3</sup>, superiori alla soglia di 40 µg/m<sup>3</sup> indicata dalla Direttiva Europea quale limite a cui ci si sarebbe dovuti adeguare già entro il 1/1/2005. La situazione risulta ancora più critica se si considera la soglia imposta sulle medie giornaliere che, a partire dal 1/1/2005, prevede un limite di 50 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 35 giorni l'anno: sia nei siti urbani che in quelli rurali si hanno in media oltre 100 giorni all'anno con valori di concentrazione al di sopra della suddetta soglia.

Appare chiaro che la Lombardia si trova a dover affrontare un serio problema di inquinamento da polveri dovuto sia alla presenza di numerose sorgenti di particolato che alla particolare conformazione morfologica della Pianura Padana, non favorevole a un ricircolo delle masse d'aria. Difatti, le sostanze prodotte dalle varie sorgenti, presenti soprattutto nelle aree urbane, sembrano diffondersi, accumularsi e ristagnare in tutto il territorio lombardo, creando così un fondo regionale talmente elevato da coprire eventuali picchi dovuti a sorgenti localizzate in aree urbane. Tale situazione si discosta notevolmente da quanto avviene nel resto dell'Europa dove, a parità di concentrazioni nel fondo urbano, si riscontra un fondo rurale decisamente più basso e prossimo ai 20 µg/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda il Benzo(a)Pirene, il Decreto Legislativo n.155 del 13/08/2010 conferma come obiettivo di qualità il valore giornaliero medio annuale di 1 ng/m<sup>3</sup>. In effetti il BaP si ritiene essere al momento il più tossico fra gli IPA comuni e, nonostante sia rinvenuto a concentrazioni modeste, quello che contribuisce maggiormente alla tossicità totale. Il BaP viene quindi utilizzato come una misura surrogata ed il suo valore di concentrazione è preso come termine fondamentale di riferimento per valutare la qualità dell'aria.

Analogamente a quanto avviene per il PM10, anche il Benzo(a)Pirene presenta una forte stagionalità dovuta soprattutto alle diverse condizioni di stabilità atmosferica, contraddistinta da concentrazioni invernali maggiori di quelle estive (Fig.2).

## 4 GLI INQUINANTI MONITORATI

Il particolato fine (**PM10**) è considerato uno dei “nuovi inquinanti”, la sua misura è stata introdotta a partire da febbraio 1998. Le particelle di polvere presenti in aria possono avere origine sia naturale che antropica. Nei centri urbanizzati le fonti dovute ad attività umane sono da ricondursi al trasporto, al riscaldamento e a processi di combustione per la produzione di energia. Durante la permanenza in atmosfera le particelle subiscono diverse trasformazioni, che alterano le loro caratteristiche chimiche e morfologiche. Il Particolato Totale Sospeso (PTS) è costituito da particelle con dimensioni differenti: si possono misurare particelle con diametro aerodinamico dell'ordine di alcune frazioni di micron fino a particelle grandi con diametro attorno ai 100 micron. Le particelle ritenute dannose a livello sanitario sono quelle fini e come tali presentano caratteristiche tali da penetrare nelle vie respiratorie. Per la valutazione della qualità dell'aria vengono così prese in considerazione particelle con diametro inferiore a 10 µm.

Ai fini di una caratterizzazione delle polveri sottili, si sono effettuate analisi chimiche sui filtri determinando le concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici (**IPA**); questi si formano in seguito alla combustione incompleta di materiali organici. Quando vengono immessi nell'atmosfera, quelli con un numero di anelli uguale o inferiore a quattro permangono in forma gassosa non oltre le 24 ore, perché vengono degradati; a causa della loro bassa tensione di vapore, tendono rapidamente a condensarsi e a venire adsorbite alla superficie delle particelle di fuliggine e di cenere. Anche gli IPA con due e tre anelli aderiscono a tali particelle, specie nel periodo invernale, dato che la loro tensione di vapore si riduce bruscamente con l'abbassarsi della temperatura. Poiché molte particelle di fuliggine hanno dimensioni tali da essere respirate, gli IPA possono penetrare nei polmoni direttamente mediante la respirazione.

Gli IPA presenti nell'ambiente provengono da numerose fonti: principalmente dal traffico autoveicolare (dagli scarichi degli autoveicoli a benzina e diesel), dal catrame, dal fumo esalato dalla combustione del legno o del carbone e da altri processi di combustione incompleta.

In genere gli IPA rappresentano circa lo 0,1% del particolato atmosferico. Gli IPA analizzati nella presente campagna sono:

*Benzo[a]Pirene\**, *Fluorantene*, *Pirene*, *Benzo[a]Antracene\**, *Crisene\**, *Benzo[k]Fluorantene\**, *Benzo[b]Fluorantene\**, *Benzo[e]Pirene*, *Indeno[123-cd]Pirene\**, *Dibenzo[a,h]Antracene\**, *Benzo[g,h,i]Perilene*, *Fenantrene*, *Antracene*.

Nell'elenco sono state etichettate con un asterisco le sostanze classificate dallo IARC (International Agency for Research on Cancer) come possibili o probabili cancerogene per l'uomo.

Il più noto idrocarburo di questa classe è il Benzo(a)Pirene (**BaP**), caratterizzato da cinque anelli benzenici condensati. Questo IPA è un comune sottoprodotto della combustione incompleta dei combustibili fossili, della materia organica e del legname. Il BaP è classificato dall'EPA (Environmental Protection Agency, l'agenzia di protezione ambientale americana) come B2 (probabile cancerogeno per l'uomo con evidenza sufficiente di cancerogenicità in studi su animali ed evidenza inadeguata o assenza di dati in studi sull'uomo); viene utilizzato come marker per il rischio cancerogeno degli idrocarburi policiclici aromatici, e come riferimento per il confronto con i limiti.

## 5 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: METODOLOGIE DI CAMPIONAMENTO

Per il campionamento di particolato fine **PM10** è stata utilizzata la strumentazione seguente:

- Campionatore gravimetrico
- Testa di prelievo TPM10 realizzata secondo indicazioni EPA, con portata 1 m<sup>3</sup>/ora.

Il campionamento è stato condotto secondo i seguenti parametri:

- Durata: 24 ore per filtro, con cambio filtri alle ore 24:00;
- Temperatura di normalizzazione: 0 °C;
- Flusso: 16,7 l/min.

Sono stati utilizzati filtri in borosilicato di diametro pari a 47 mm.

Sui filtri campionati sono state effettuate analisi di **IPA** dall'Unità Operativa Laboratorio del dipartimento ARPA di Monza tramite cromatografia liquida.

## 6 SITUAZIONE METEO

I dati meteorologici sono stati raccolti dalla centralina di qualità dell'aria di Bertonico e da tutte le altre site nel territorio lodigiano. Naturalmente le varie stazioni meteo possono essere influenzate da situazioni climatiche micro-locali, legate al posizionamento della centralina stessa. In Allegato 1 sono riportati i grafici relativi alla situazione meteorologica del periodo in considerazione e, come si può osservare, i valori delle diverse variabili meteorologiche presentano un accordo soddisfacente tra le varie centraline. Questa coerenza risulta importante qualora nella stazione sotto esame, Bertonico nel nostro caso, si presentino una o più lacune nella raccolta ed archiviazione dei dati, come è successo, ad esempio, per alcune ore centrali del 12 Luglio.

A Bertonico, nell'intervallo temporale coperto dalla presente campagna di misura, la temperatura media del periodo è stata di 24 °C, con un massimo giornaliero di 26,9 °C (12 Luglio) ed un minimo giornaliero di 19,7 °C (19 Luglio). La punta più calda si è avuta alle ore 16 del 10 Luglio, dove sono stati toccati i 32,3 °C, mentre alle ore 7 del 20 Luglio la temperatura è scesa fino a 15,2 °C, ovvero la più bassa dell'intera campagna. Osservando i grafici relativi in Allegato 1, si può notare un leggero incremento della temperatura a partire dall' 8 Luglio, primo giorno di misure, fino al 12 dello stesso mese, giorno in assoluto più caldo dell'intera campagna. Raggiunto tale apice è cominciata una progressiva diminuzione dei valori, fino al già menzionato minimo del 19 Luglio.

Questa variazione di tendenza trova spiegazione nella serie di piogge occorse durante le misure: il cambio della massa d'aria, evidenziato anche dal progressivo calo della pressione, ha portato alla formazione di precipitazioni con successiva diminuzione della temperatura. In particolare, ha piovuto in 5 dei 13 giorni coperti dalla presente campagna di misura, per un totale di 25 mm di cui ben 20,2 mm nella sola giornata del 10 Luglio. È interessante notare che ben 20 mm di pioggia sono stati misurati nella sola ora tra le 23 e le 24 del 10 Luglio, in contemporanea con un repentino calo della temperatura, da 27,5 °C a 19,2 °C, e velocità del vento oltre i 3 m/s (contro una media di 1,7 m/s); indizi che testimoniano il passaggio di un temporale estivo.

In generale, a Bertonico, la pressione media giornaliera più elevata è stata di 1008,6 hPa, registrata il 9 Luglio, con una punta massima oraria di 1010,1 hPa alle ore 10, mentre la minima giornaliera, pari a 995 hPa, si è avuta il 20 Luglio, con un minimo orario di 993,7 hPa alle ore 3 dello stesso giorno.

Per quanto riguarda la velocità del vento, misurata mediante anemometro sonico, a fronte di medie giornaliere compresa tra 1,1 e 3,4 m/s, il valore orario più alto è stato di 6,1 m/s, registrato tra le ore 13 e 14 del 20 Luglio, mentre la direzione prevalente di provenienza del vento è stata "Est-Nord-Est", con una frequenza del 21,8 % sul tempo totale di misura, ed una velocità media di 1,7 m/s su tale direzione. In ordine seguono le direzioni "Ovest" (17,9 %) e "Ovest-Sud-Ovest" (8 %), evidenziando come il vento "soffi" prevalentemente lungo l'asse Est-Ovest, caratteristica tipica in Pianura Padana. La calma di vento (velocità inferiore a 0,5 m/s) è occorsa per il 3,8 % del tempo di misura, mentre la direzione di provenienza "Ovest" è quella che ha registrato la velocità media maggiore, ovvero 2,7 m/s.

## 7 RISULTATI

Si riportano di seguito, in forma sintetica, nelle Tabelle 3, 4 e 5 e in Figura 1 i dati acquisiti durante la campagna di misura.

In Tabella 3 sono presentati i dati meteorologici e le concentrazioni di PM10 per la sola stazione di Bertonico, in Tabella 4 si rende un confronto diretto tra i dati acquisiti dal gravimetrico durante la campagna e i valori di concentrazione registrati dai polverimetri collocati nelle diverse cabine presenti sul territorio lodigiano, dati espressi con maggior dettaglio in Tabella 6 e nel successivo paragrafo. In Tabella 5 sono riportati i risultati delle analisi dei composti IPA eseguite sui filtri campionati, e successivamente evidenziati in Figura 1.

**Tab.3** - Tabella riassuntiva dei dati **PM10** confrontati con i **dati meteorologici** (dati acquisiti dalla centralina di rete fissa e dal campionatore gravimetrico di Bertonico).

Data	PM10 e Meteo							
	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Centralina	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Gravimetrico	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	Pressione (hPa)	Pioggia (mm)	RADS ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	Umidità (%)	V.Vento (m/s)
08/07/2011	N.D.	30	25,2	1.004,6	0,0	269,2	73,0	1,5
09/07/2011	29	34	26,2	1.008,6	0,0	291,8	72,7	1,2
10/07/2011	28	32	26,5	1.007,5	20,2	275,7	76,5	1,7
11/07/2011	18	19	25,5	1.006,5	0,0	296,7	77,9	1,1
12/07/2011	30	37	26,9	1.005,1	0,0	N.D.	78,9	1,5
13/07/2011	43	42	25,4	999,6	0,2	104,1	87,4	1,6
14/07/2011	14	18	23,0	1.000,9	0,0	190,0	81,0	1,7
15/07/2011	21	24	23,9	1.004,4	0,0	284,8	71,1	2,2
16/07/2011	24	25	23,0	1.004,4	0,0	218,3	71,5	1,1
17/07/2011	20	24	23,3	997,6	2,8	230,9	72,2	2,0
18/07/2011	15	17	22,3	995,2	0,0	275,4	70,7	1,2
19/07/2011	N.D.	19	19,7	995,8	0,6	157,2	78,7	1,6
20/07/2011	N.D.	11	21,0	995,0	1,2	292,0	68,3	3,8

**Tab.4** - Riassuntivo concentrazioni di **PM10** e giorni di superamento del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

	Rendimento (%)	Media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Dev.Stand. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	N° giorni superamento valore limite $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Bertonico (gravimetrico)	100,0	25,6	9,0	0
Bertonico (centralina)(1)	84,6	21,8	11,0	0
Codogno (centralina)(1)	100,0	21,2	7,7	0
Lodi S.Alberto (centralina)(1)	100,0	22,2	9,5	0
Lodi Vignati (centralina)(1)	100,0	21,5	8,8	0
Montanaso (centralina)(1)	84,6	22,3	9,8	0
S.Rocco al Porto (centralina)(2)	100,0	27,4	9,4	0
Tavazzano (centralina)(1)	100,0	21,5	9,5	0

NOTA: <sup>(1)</sup>: Analizzatore a Raggi Beta.

<sup>(2)</sup>: Analizzatore a Microbilancia Oscillante.

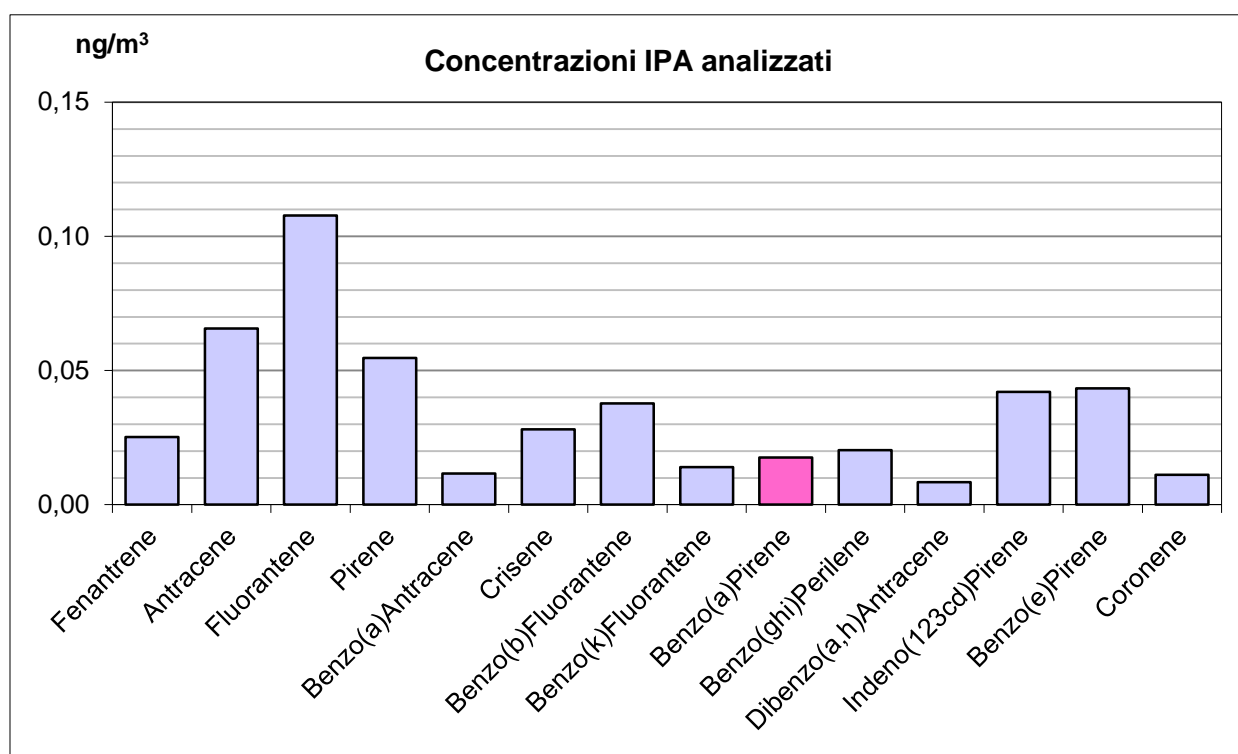
**Tab.5** - Valori concentrazioni IPA e BaP (espressi in ng/m<sup>3</sup> a temperatura ambiente).

cod. filtro	SW03	SW06	SW08	SW10	SW12	SW13	SW14	SW15
Data	8/7/11	11/7/11	13/7/11	15/7/11	17/7/11	18/7/11	19/7/11	20/7/11
conc. PM10	30	19	42	24	24	17	19	11
Fenantrene	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Antracene	0,196	0,121	0,081	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Fluorantene	0,118	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,174	0,108
Pirene	0,052	0,065	0,058	0,053	0,042	0,042	0,055	0,071
Benzo(a)Antracene	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,034	0,008
Crisene	0,024	0,013	0,036	0,024	0,011	0,014	0,073	0,029
Benzo(b)Fluorantene	0,030	0,008	0,037	0,025	0,029	0,029	0,097	0,047
Benzo(k)Fluorantene	0,016	0,008	0,012	0,012	0,008	0,008	0,033	0,013
Benzo(a)Pirene	0,015	0,015	0,008	0,015	0,015	0,008	0,048	0,015
Benzo(ghi)Perilene	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,054	0,058
Dibenzo(a,h)Antracene	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Indeno(123cd)Pirene	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
Benzo(e)Pirene	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,053	0,042
Coronene	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,011	0,008	0,028

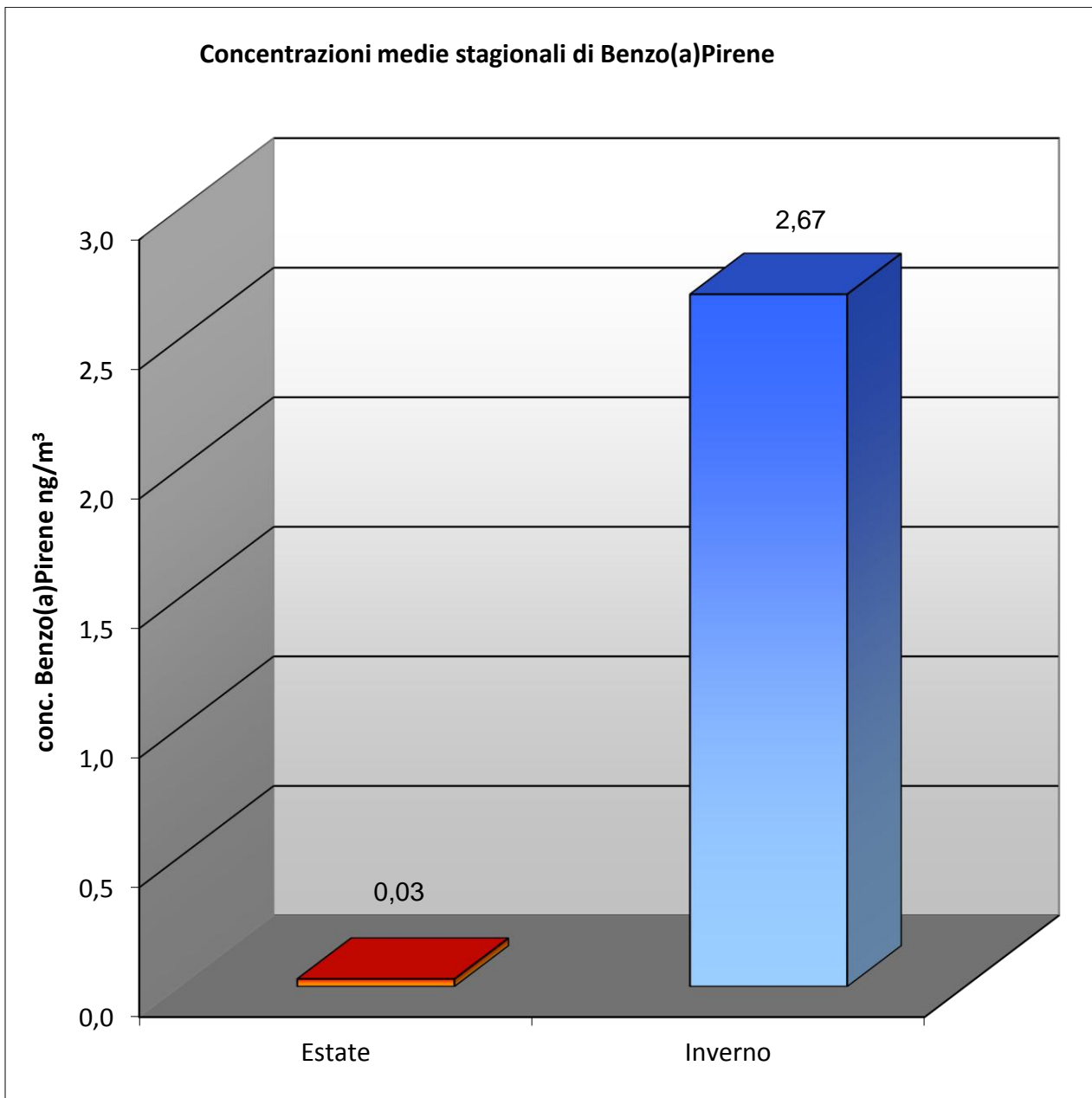
Da cui segue la distribuzione percentuale media sotto riportata in Figura 1.

Successivamente, in Figura 2, sono rappresentati i valori medi di Benzo(a)Pirene ottenuti nel corso degli anni, distinguendo la stagione estiva (21 Giugno – 20 Settembre) e quella invernale (21 Dicembre – 20 Settembre) per ciascuno dei filtri analizzati nel corso delle varie campagne di monitoraggio. Si ricorda tuttavia che il dato è puramente indicativo, in quanto non soddisfa le caratteristiche di rappresentatività previste dal D.Lgs. 155/10.

**Fig.1** - Concentrazioni composti IPA individuati nelle analisi riportate in Allegato 2. Il Benzo(a)Pirene viene evidenziato con un colore differente dagli altri.



**Fig.2** - Concentrazioni medie stagionali di **Benzo(a)Pirene** ricavate dalle analisi effettuate sui filtri di tutte le campagne di monitoraggio effettuata a Bertonico.

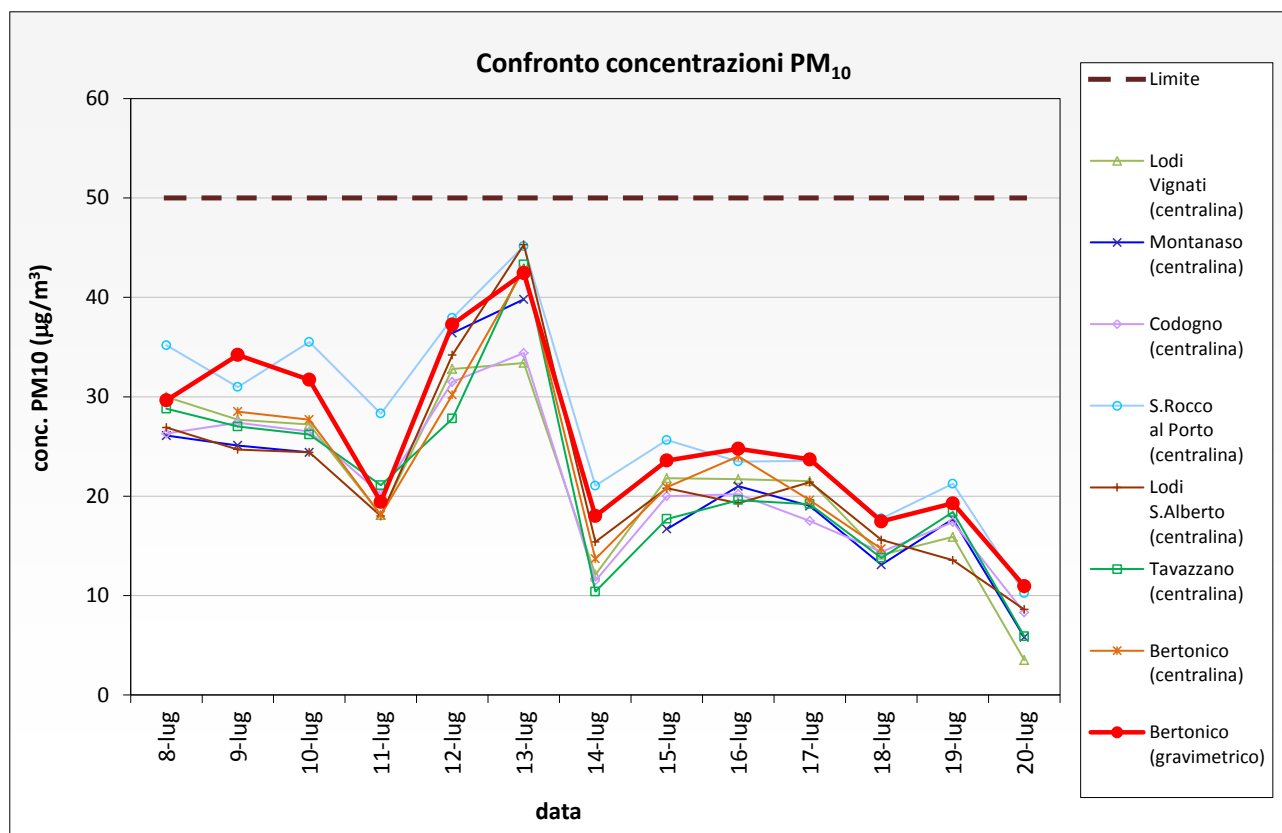


## 8 GRAFICI E CONFRONTI

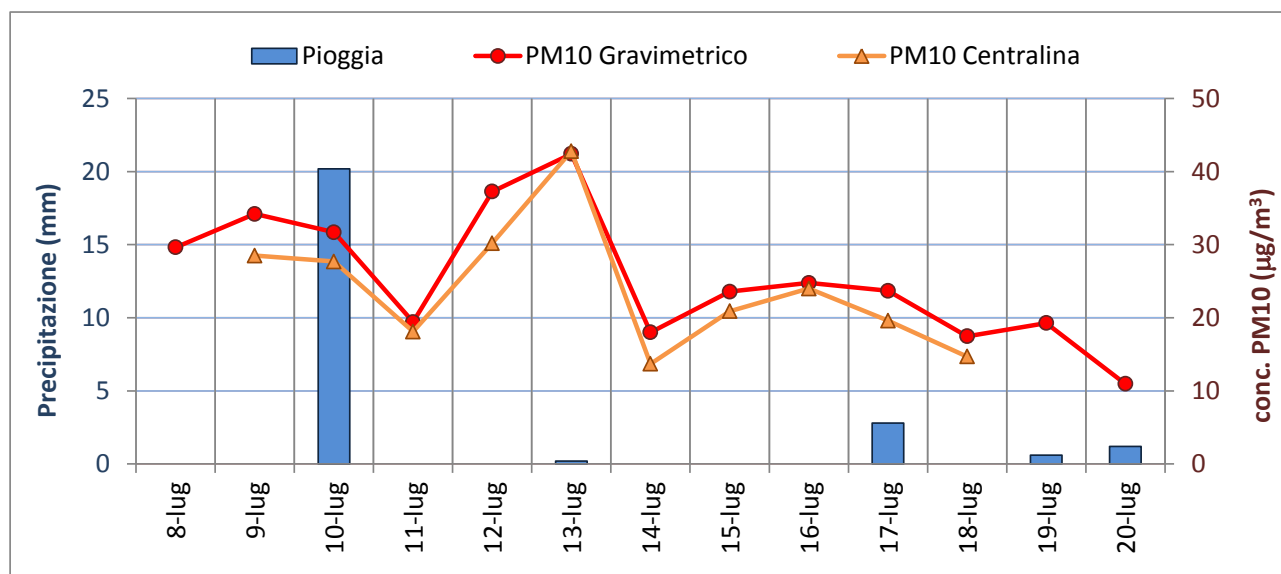
Tab.6 – Confronto concentrazioni giornaliere di PM10 (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Data	Bertonico (gravimetrico)	Bertonico (centralina)	Codogno (centralina)	Lodi S.Alberto (centralina)	Lodi Vignati (centralina)	Montanaso (centralina)	S.Rocco al Porto (centralina)	Tavazzano (centralina)
08/07/2011	30	N.D.	26	27	30	26	35	29
09/07/2011	34	29	27	25	28	25	31	27
10/07/2011	32	28	27	24	27	24	36	26
11/07/2011	19	18	20	18	18	N.D.	28	21
12/07/2011	37	30	32	34	33	36	38	28
13/07/2011	42	43	34	45	33	40	45	43
14/07/2011	18	14	12	15	12	N.D.	21	10
15/07/2011	24	21	20	21	22	17	26	18
16/07/2011	25	24	20	19	22	21	23	20
17/07/2011	24	20	18	21	22	19	24	19
18/07/2011	17	15	14	16	14	13	18	14
19/07/2011	19	N.D.	17	14	16	18	21	18
20/07/2011	11	N.D.	8	9	4	6	10	6

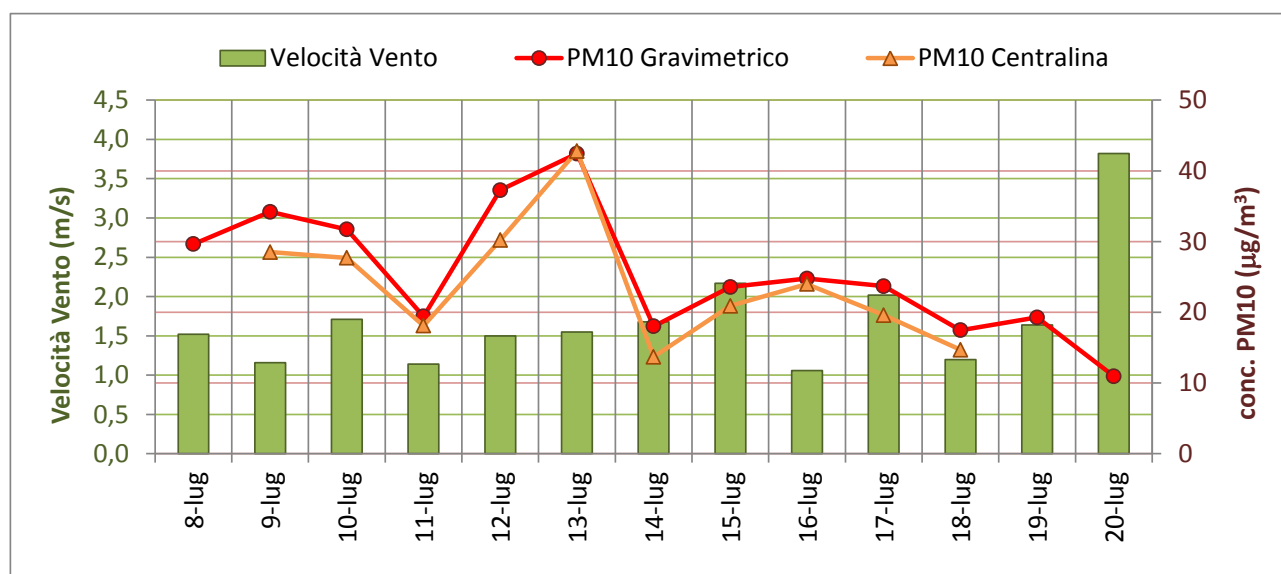
Fig.3 – Confronto tra le concentrazioni PM10 del gravimetrico e le centraline di qualità dell'aria (rete fissa). I valori relativi al campionatore gravimetrico (Tecora) sito in Bertonico sono rappresentati dalla linea rossa più spessa.



**Fig.4** – Confronto tra le concentrazioni di **PM10** campionate mediante gravimetrico e i dati giornalieri di **pioggia** registrati nella centralina fissa di Bertanico.

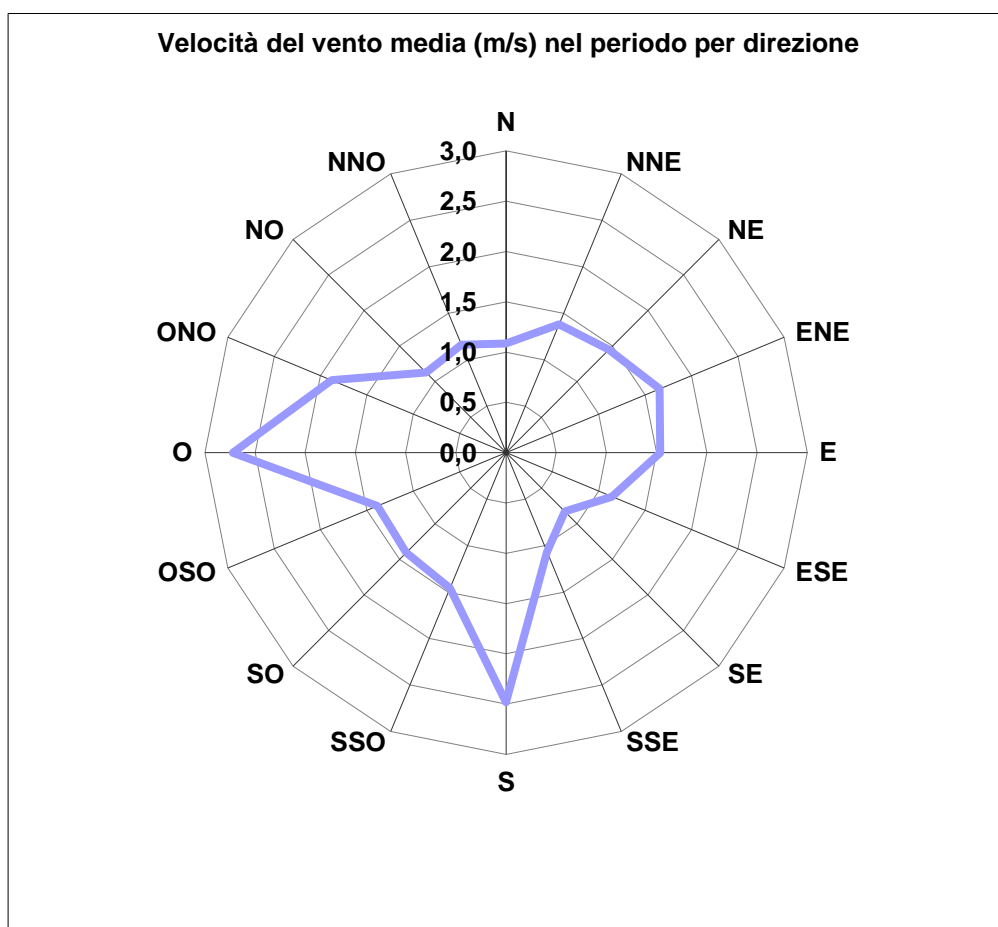
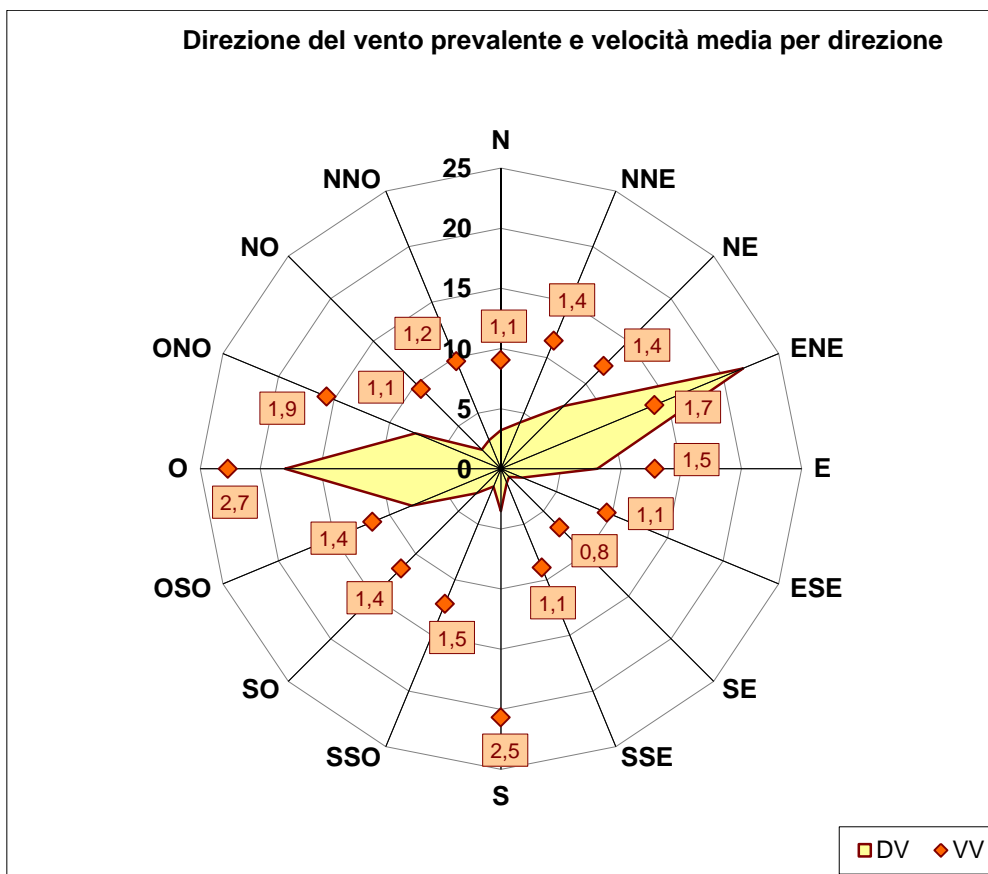


**Fig.5** – Confronto tra le concentrazioni di **PM10** campionate mediante gravimetrico e i dati giornalieri di **velocità del vento** registrati nella centralina fissa di Bertanico.



**Fig.6** – Direzione del vento prevalente (% di accadimenti nel periodo) e velocità del vento media nel periodo per direzione (m/s) (Dati relativi all'anemometro sonico posto nella centralina di Bertanico).

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	Variabile	Calma
Frequenza DV %	3,2	4,2	7,4	21,8	8,0	1,9	1,0	1,3	3,5	1,6	2,9	8,0	17,9	7,7	2,2	2,6	1,0	3,8
Velocità VV m/s	1,1	1,4	1,4	1,7	1,5	1,1	0,8	1,1	2,5	1,5	1,4	1,4	2,7	1,9	1,1	1,2	-	0,4



*N.B. In entrambe le figure di pagina i vertici della rosa dei venti indicano la direzione di provenienza del vento.*

## 9 CONCLUSIONI

La presente campagna, della durata di 13 giorni, si è svolta dall' 8 al 20 Luglio 2011 con l'intento principale di misurare le concentrazioni giornaliere di PM10 mediante campionatore gravimetrico (basato sul principio fisico delle pesate di filtri prima e dopo il campionamento) sito in Bertonico.

In Figura 3 sono riportati i valori di **PM10** registrati dal campionatore gravimetrico confrontati con quelli misurati nelle centraline di rete fissa di Lodi (via Vignati), Lodi Sant'Alberto, Codogno, Tavazzano, San Rocco al Porto, Montanaso e la stessa Bertonico. Tale grafico evidenzia un'eccellente coerenza negli andamenti delle concentrazioni fornite dai diversi campionatori. A tale proposito, è importante sottolineare che il territorio lodigiano, e quello Padano in generale, risultano essere molto omogenei, privi di particolari rilievi, pertanto gli inquinanti riescono a diffondersi facilmente uniformando le concentrazioni nella zone più vicine tra loro. Per questo, a meno di importanti sorgenti emissive o di notevoli agglomerati urbani (come ad esempio Milano), non ci si aspettano generalmente grandi differenze nei valori degli inquinanti, rendendo di fatto comuni vicini totalmente confrontabili.

Il risultato della campagna di monitoraggio rappresenta bene una tipica condizione estiva nella Pianura Padana, difatti, le concentrazioni di PM10 sono risultate sempre inferiori al valore limite giornaliero di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Si tratta di un risultato positivo, tuttavia, va sottolineato che questo è quanto ci si aspetta in tale periodo dell'anno, infatti, gran parte degli inquinanti presentano accentuate variazioni stagionali: le concentrazioni sono il risultato delle differenti condizioni meteo-climatiche della Val Padana tra l'inverno e l'estate. Durante l'estate sia la velocità media del vento che l'altezza media dello strato rimescolato risultano essere più elevate migliorando così la capacità dispersiva degli inquinanti in atmosfera. In inverno, le frequenti e persistenti inversioni termiche al suolo creano una situazione stagnante che facilita l'accumulo di inquinanti negli strati bassi dell'atmosfera. Questo fenomeno è dovuto al differente grado di irraggiamento solare, infatti, durante la stagione estiva, la superficie terrestre è soggetta ad una radiazione maggiore che ne determina un deciso aumento delle temperatura. Conseguentemente la massa d'aria a diretto contatto con il suolo viene riscaldata innescando moti convettivi che innalzano lo strato rimescolato (strato atmosferico più prossimo alla superficie terrestre) determinando un ragguardevole abbassamento delle concentrazioni dei vari inquinanti.

Nel dettaglio, il massimo valore di PM10 si è avuto il 13 Luglio ed è stato pari a 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre il minimo, 11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , è occorso il 20 Luglio. La media sull'intero periodo della campagna è risultata essere di 25,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Infine, merita attenzione il legame che unisce le concentrazioni delle polveri sottili, ed in generale di tutti gli inquinanti, con le variabili meteorologiche. Infatti, dalle Figure 4 e 5 si può notare come il minimo valore di PM10 sia stato toccato in corrispondenza del giorno (20 Luglio) con la velocità media del vento più alta in assoluto (3,8 m/s). Inoltre, la concentrazione delle polveri è andata nel complesso calando durante il svolgersi della campagna, a causa del cambio della massa d'aria e dei vari eventi piovosi verificatisi. Ad esempio, a seguito dell'abbondante pioggia del 10 Luglio si è assistito ad un abbassamento di PM10 da 34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  del 9 Luglio a 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dell'11 Luglio. Ancora più marcata e repentina è la riduzione dai 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  del 13 Luglio ai 18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  del 14 Luglio, provocata molto probabilmente dall'afflusso di una nuova massa d'aria sul territorio. Tutto questo sottolinea la significativa influenza delle variabili meteorologiche sulle concentrazioni del particolato atmosferico, con particolare riferimento alla pioggia e al vento.

Tra i vari IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) analizzati si evidenzia il **Benzo(a)Pirene** (Fig.1): infatti è l'unico per il quale l'ultima direttiva CE stabilisce un valore limite (1  $\text{ng}/\text{m}^3$  per il tenore totale della frazione PM10 calcolata in media su un anno di calendario): in tutti e otto i filtri analizzati, relativi alla presente campagna, è stato evidenziato un valore inferiore a 1  $\text{ng}/\text{m}^3$ , con una media di 0,018  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Tale valore è inferiore a quello trovato nella precedente campagna estiva (Giugno – Luglio 2010), dove si era registrato un valore pari a 0,03  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Analogamente alla maggior parte degli inquinanti ed a quanto avviene in tutto il territorio Padano, le concentrazioni maggiori di Benzo(a)Pirene si registrano nella stagione invernale dove le frequenti e persistenti inversioni termiche al suolo creano una situazione stagnante che facilita l'accumulo di inquinanti negli strati bassi dell'atmosfera, al contrario della stagione estiva quando lo strato rimescolato risulta più alto favorendo la dispersione degli inquinanti. A conferma di questo, la concentrazione di Benzo(a)Pirene, mediata su tutte le campagne invernali effettuate a partire dal 2009 nel sito di Bertonico, è risultate essere pari a 2,67  $\text{ng}/\text{m}^3$ , contro una media di 0,03 relativa alle campagne estive (Fig.2).

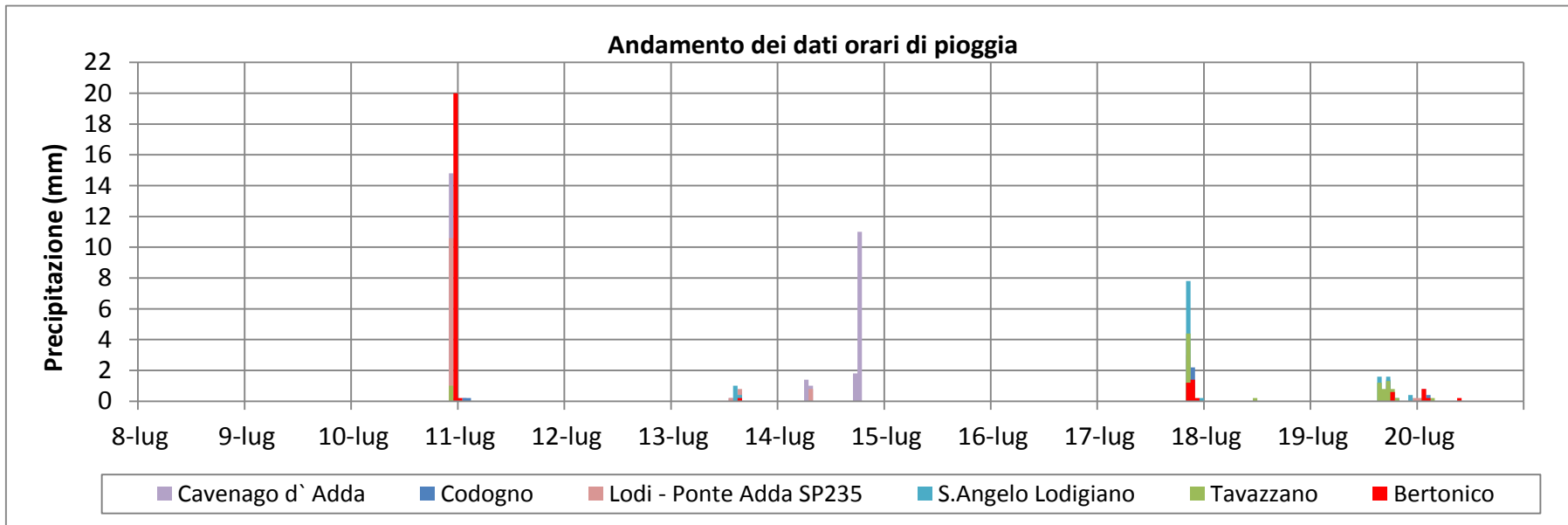
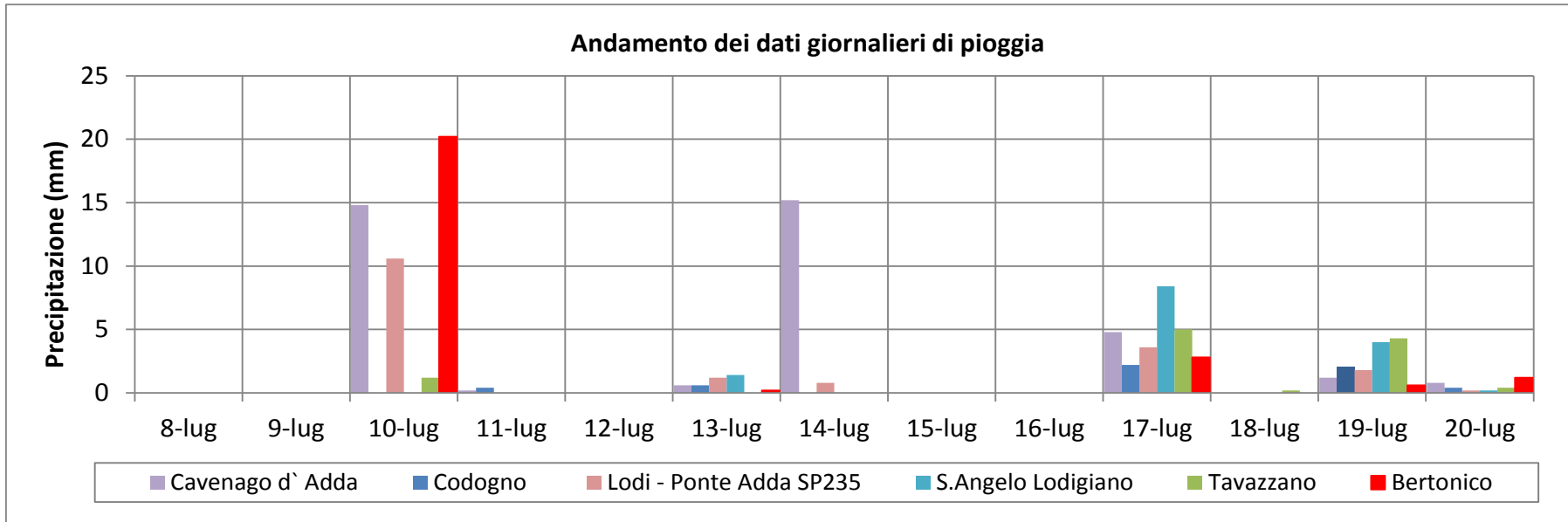
Poiché il limite dettato dalla direttiva CE va calcolato su base annuale, si fornisce solo a titolo indicativo, il valore di 1,35  $\text{ng}/\text{m}^3$  risultato dalla media dei filtri relativi a tutte le campagne "spot" inverno/estate realizzate a Bertonico.

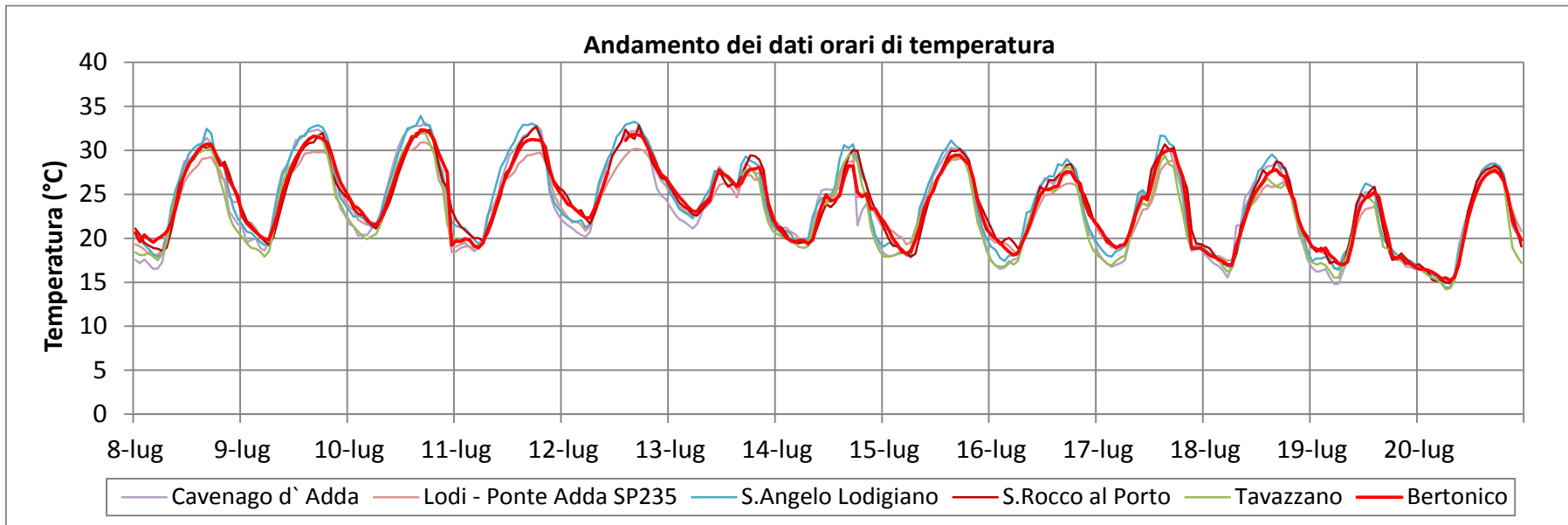
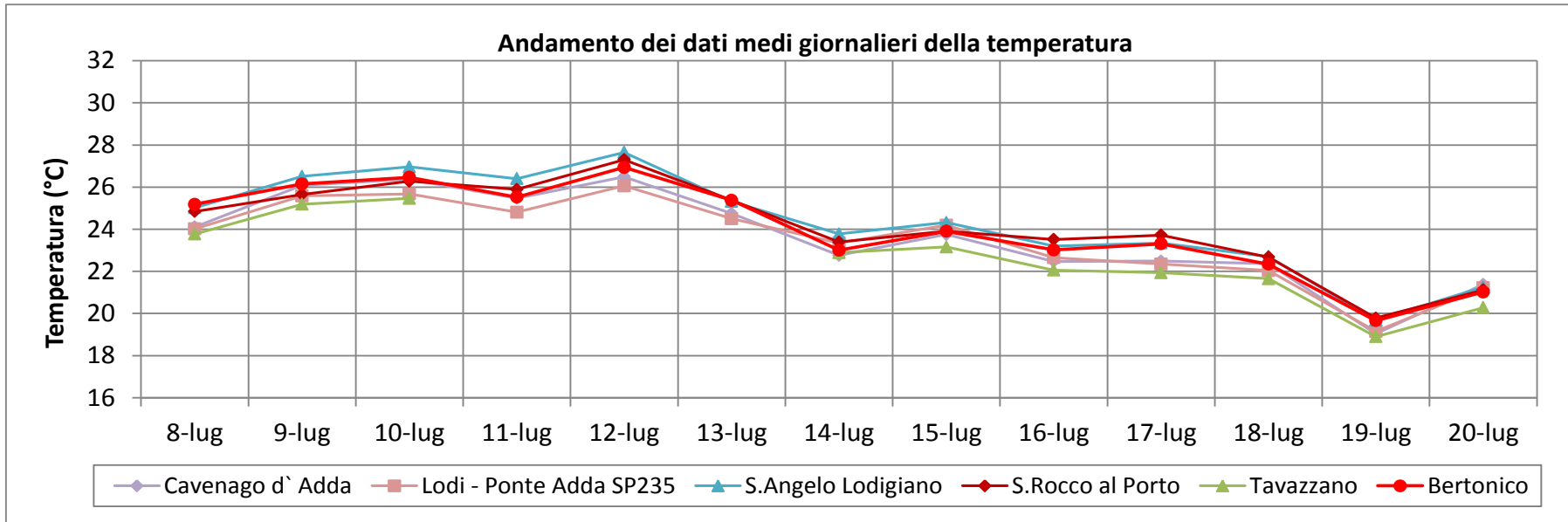
**Il Responsabile**  
del **C.O.D. e Agenti Fisici**  
del **Dipartimento di Lodi**  
Dott.ssa Manuela Crippa

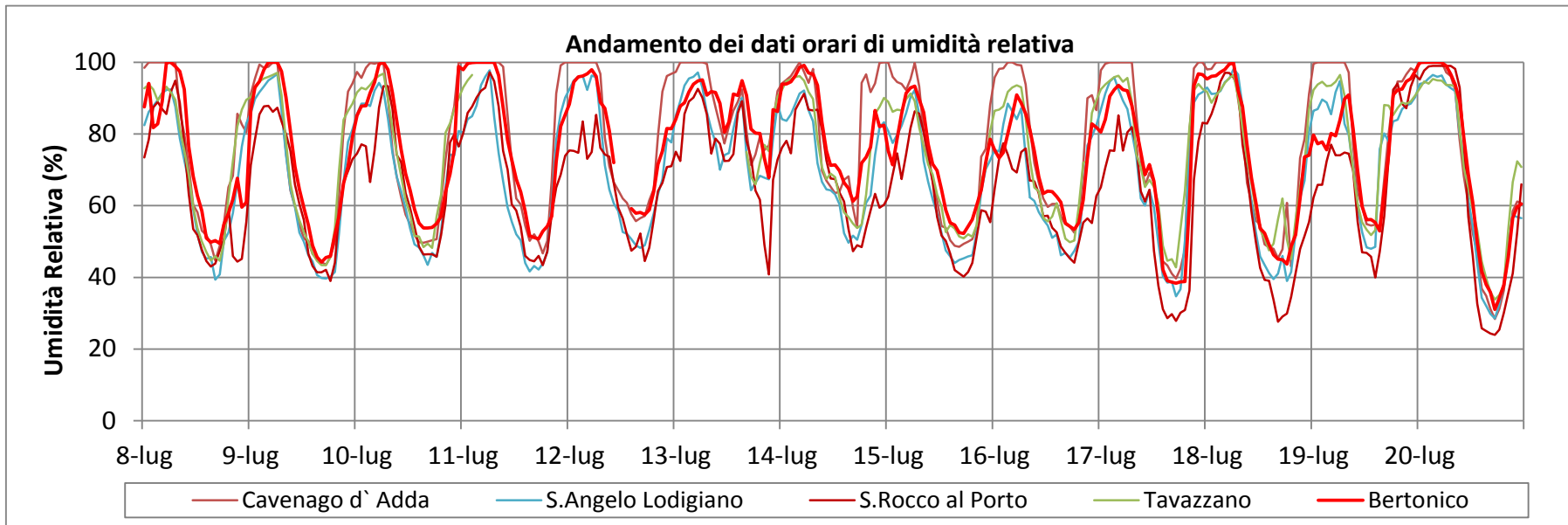
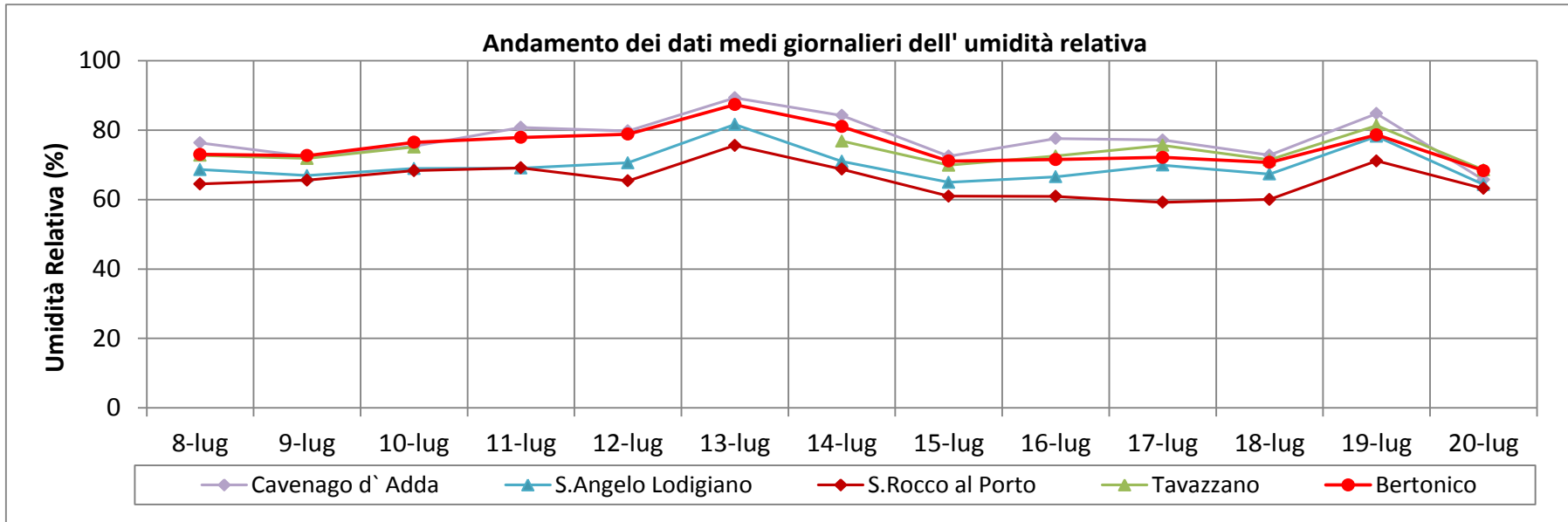
**Il Collaboratore**  
**Tecnico Professionale**  
Dott. Umberto Dal Santo

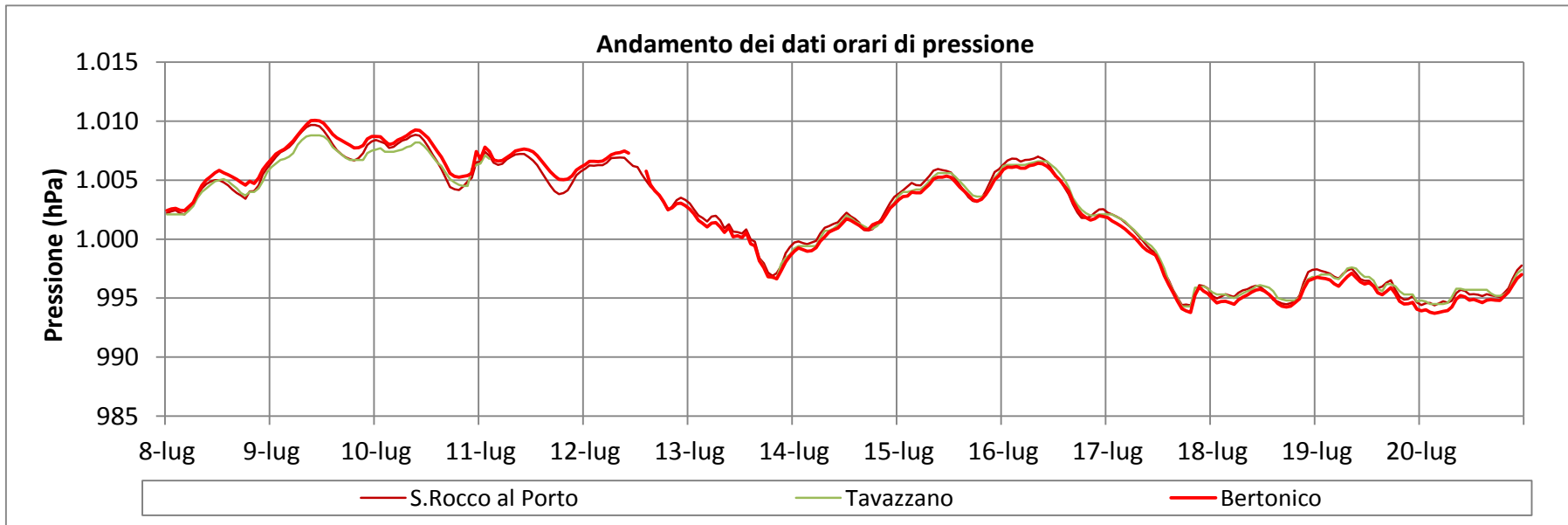
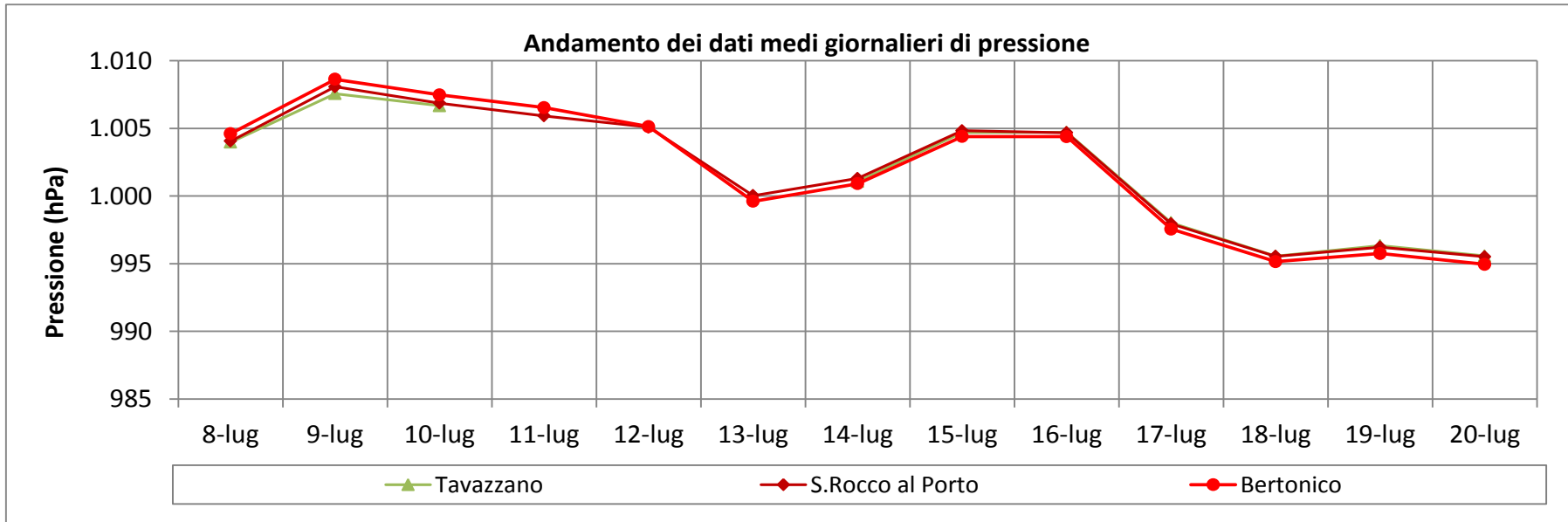
Visto del **Dirigente**  
dell'**U.O. Attività Produttive, Controlli e**  
**Monitoraggi Ambientali**  
del **Dipartimento di Lodi**  
Dott. Fabio Cambielli

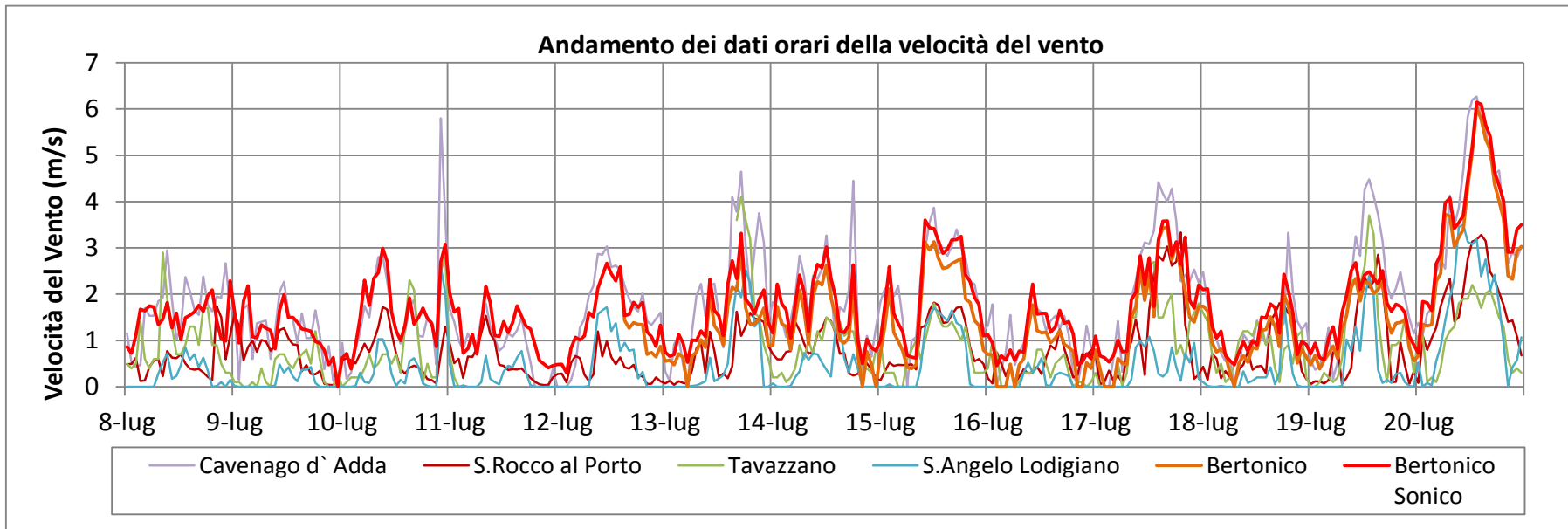
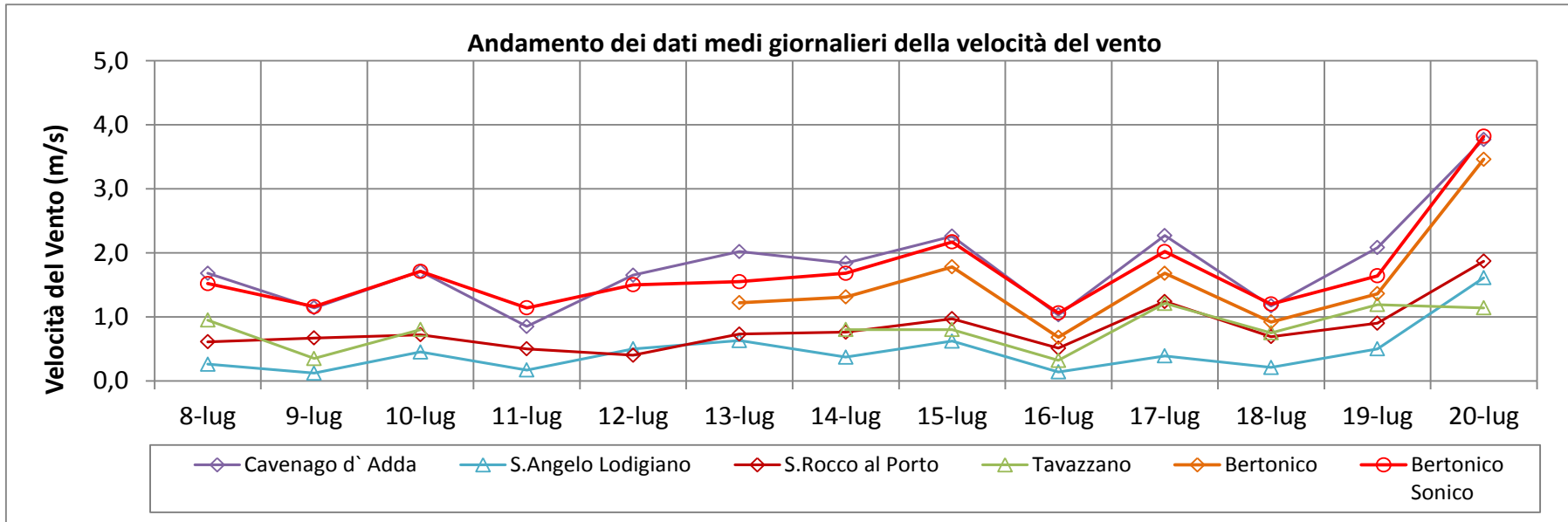
## Allegato 1 Grafici meteo

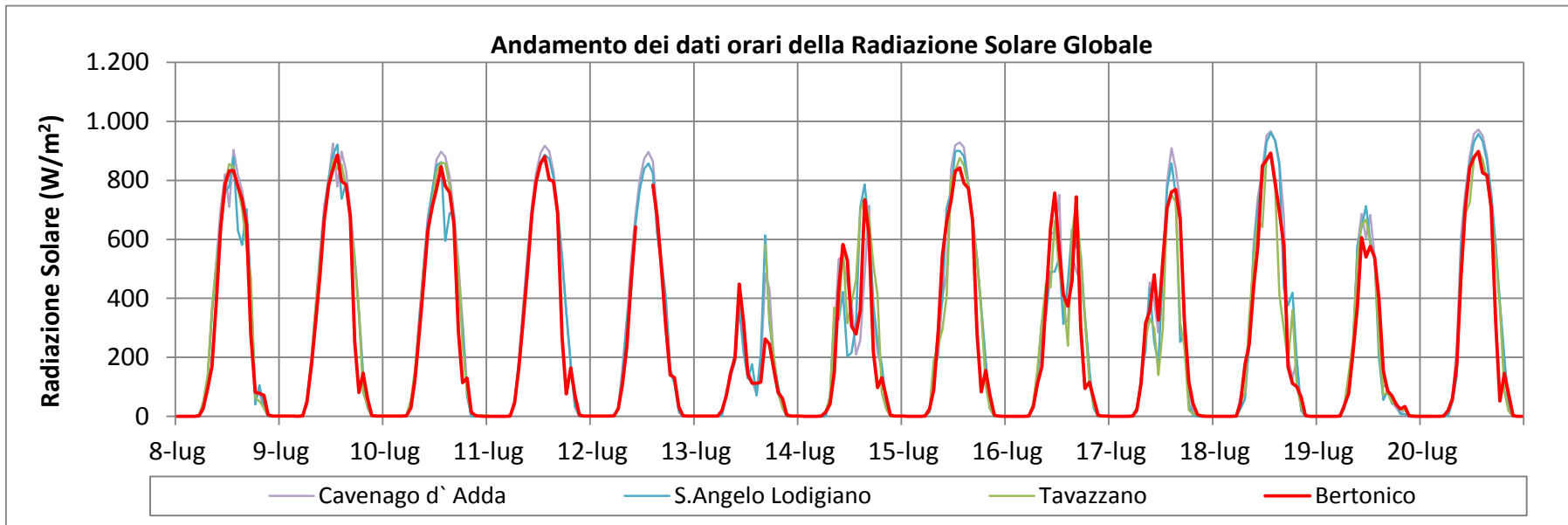
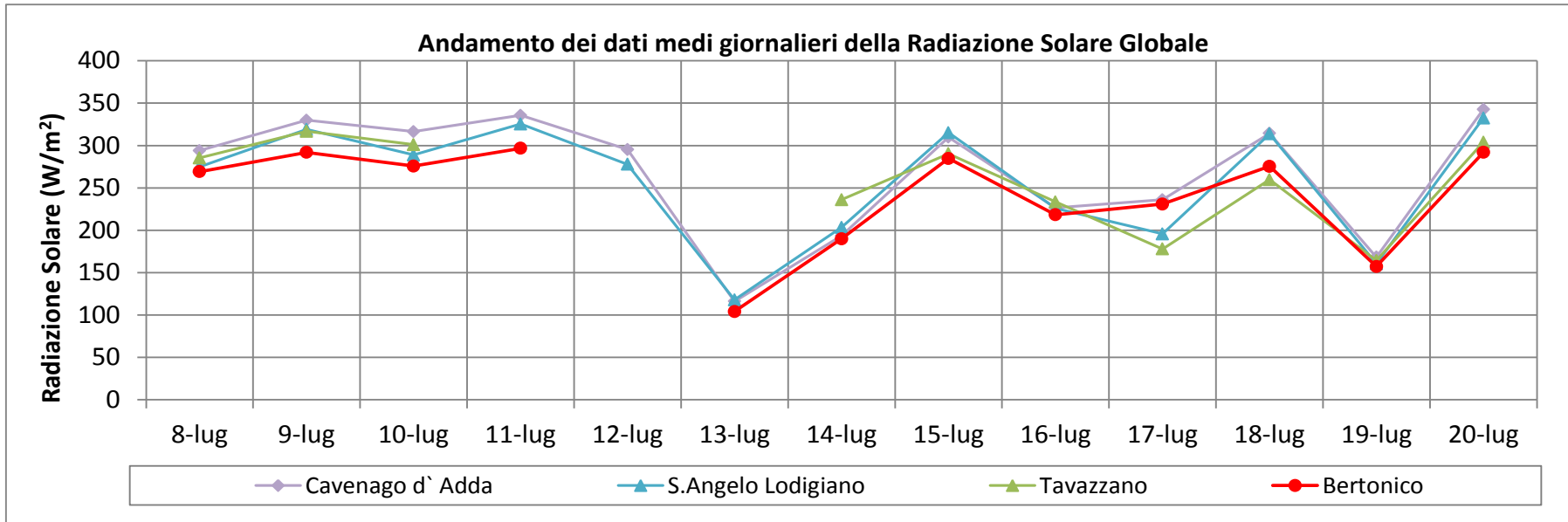












Allegato 2  
Certificati di misura