

**Campionatore Sequenziale Gravimetrico  
Campagna di Misura Polveri Fini  
COMUNE DI SAN ROCCO AL PORTO**

**Dal 18/06/11 al 03/07/11**



---

Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

# CAMPAGNA DI MONITORAGGIO ATMOSFERICO

## TECNOBORGO

18 GIUGNO – 03 LUGLIO 2011

### 1 INTRODUZIONE

Le misure condotte rientrano all'interno della convenzione stipulata con la ditta Tecnoborgo S.p.a. (decreto D.G. 492 del 31/07/07, rif. Prot. ARPA 6176/07).

La campagna di rilevazione polveri e analisi IPA previste dalla convenzione è stata condotta a San Rocco al Porto 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 del 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 San Rocco al Porto 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, San Rocco al Porto nel nostro caso, si presentino una o più lacune nella raccolta ed archiviazione dei dati. In particolare, per la presente campagna di misura, sono risultati disponibili solamente i seguenti parametri meteorologici relativi alla stazione di San Rocco: temperatura, umidità, pressione, velocità e direzione del vento. Le altre variabili sono state recuperate dalle altre stazioni del territorio.

A San Rocco al Porto, nell'intervallo temporale coperto dalla presente campagna di misura, la temperatura media del periodo si è attestata poco sotto i 24 °C, con un massimo giornaliero di 26,8 °C (28 Giugno) ed un minimo giornaliero di 21,6 °C (3 Luglio). La punta più calda si è avuta alle ore 17 del 28 Giugno, dove sono stati toccati i 33,7 °C, mentre tra le ore 4 e 6 del 3 Luglio la temperatura è scesa fino a 14,6 °C, ovvero la più bassa dell'intera campagna. Osservando i grafici relativi in Allegato 1, si può notare un graduale incremento della temperatura a partire dal 18 Giugno, primo giorno di misure, fino al 28 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 3 Luglio.

Questa variazione di tendenza trova spiegazione nelle piogge occorse il 29 Giugno: il cambio della massa d'aria, evidenziato anche dal calo della pressione atmosferica (da 1012,6 hPa il 26 Giugno a 1003,1 hPa il 29 Giugno), ha portato alla formazione di precipitazioni di carattere temporalesco, con successiva diminuzione della temperatura. Generalmente è difficile stabilire l'entità dell'evento piovoso in un determinato luogo, anche perché le perturbazioni estive presentano un'apprezzabile variabilità locale, pertanto, forti scrosci di acqua possono verificarsi in limitate aree senza manifestarsi nelle immediate vicinanze. Ad esempio, nel grafico relativo alla pioggia giornaliera (sempre in Allegato 1) si possono notare le differenze tra il quantitativo d'acqua caduto nelle varie zone del territorio durante la giornata del 29 Giugno: si va dai 23,6 mm di Codogno ai 2 mm di Lodi. Tuttavia, a causa della distanza minore, la stazione di Codogno risulta certamente la più idonea a descrivere quanto sia successo a San Rocco, rendendo verosimile supporre che anche qui le precipitazioni possano essere state cospicue. In effetti, se andiamo ad osservare con attenzione i grafici e i dati relativi alle misurazioni con cadenza oraria di San Rocco, è possibile rilevare un singolare salto nei valori tra le ore 19 e le 21 del 29 Giugno: in queste due ore la temperatura è passata da 29,5 °C a 18,4 °C; l'umidità relativa dal 56 % al 99 %; la pressione in costante decrescita, fino al valore minimo di 1000,5 hPa delle ore 19, è balzata a 1004,1 hPa alle ore 21; la velocità del vento, costantemente al di sotto del metro al secondo nelle ore (e giorni) precedenti, registra un valore medio di 4,8 m/s solo alle ore 20; ed in fine, la radiazione solare paria a 0 W/m<sup>2</sup> già dalle ore 19, contrariamente ai giorni adiacenti quando, al medesimo orario, risultava essere sempre maggiore ai 100 W/m<sup>2</sup>. Questi dati, integrati con le precipitazioni registrate a Codogno, individuano il passaggio di un forte temporale, sopra San Rocco al Porto nelle prime ore serali del 29 Giugno, che ha provocato un momentaneo "stop" nel funzionamento del campionatore gravimetrico (si veda nelle Tabelle 3 e 6 l'assenza delle concentrazioni di PM10 per le giornate del 29 e 30 Giugno). A parte l'evento piovoso appena descritto, si evidenziano anche le modeste precipitazioni del 23 Giugno (quantità di pioggia inferiore al millimetro) responsabili, tuttavia, di un lieve calo delle temperature ma soprattutto di una certa diminuzione della radiazione solare al suolo.

In generale, a San Rocco, la pressione media giornaliera più elevata è stata di 1012,6 hPa il 26 Giugno, con una punta massima su media oraria alle ore 8 (1014,6 hPa), mentre la minima giornaliera, pari a 1000,2 hPa, si è avuta il 18 Giugno, con un minimo orario di 997,5 hPa alle ore 17 dello stesso giorno. Per quanto riguarda la velocità del vento, a fronte di una media giornaliera compresa tra 0,4 e 1,4 m/s, il valore orari più alto è stato di 4,8 m/s, registrato alle ore 20 del 29 Giugno (come già evidenziato in precedenza), mentre la direzione prevalente di provenienza del vento è stata "Est", con una frequenza del 17,5 % sul tempo totale di misura, ed una velocità media di 1,3 m/s su tale direzione. In ordine seguono le direzioni "Est-Nord-Est" (8,3 %) e "Nord-Ovest" (5,8 %), evidenziando come il vento "soffi" prevalentemente lungo l'asse Est-Ovest, caratteristica tipica in Pianura Padana. Tuttavia, la frequenza maggiore di casi è data dalla calma di vento (velocità inferiore a 0,5 m/s), occorsa per il 43,3 % del tempo di misura, mentre la direzione di provenienza "Sud-Sud-Ovest" è quella che ha registrato la velocità media maggiore, ovvero 2,4 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 San Rocco al Porto, 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 San Rocco al Porto, ad eccezione della precipitazione relativa a Codogno e della radiazione solare relativa a Sant'Angelo Lodigiano).

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 (W/m <sup>2</sup> )	Umidità (%)	V.Vento (m/s)
18/06/2011	25	24	22,9	1.000,2	0,2	227,6	67,2	0,9
19/06/2011	15	18	22,8	1.001,5	0,0	364,9	55,7	1,3
20/06/2011	21	22	21,9	1.008,0	0,0	343,6	62,3	0,6
21/06/2011	37	36	24,1	1.009,9	0,0	323,4	65,7	0,4
22/06/2011	35	40	24,6	1.009,0	0,0	232,1	64,6	0,7
23/06/2011	26	38	22,9	1.006,8	0,6	178,6	73,7	0,9
24/06/2011	22	30	23,6	1.006,5	0,0	307,9	68,1	0,8
25/06/2011	19	22	23,3	1.012,3	0,0	349,5	59,3	0,6
26/06/2011	24	27	24,2	1.012,6	0,0	350,3	58,5	0,5
27/06/2011	27	29	24,9	1.010,8	0,0	333,9	62,2	0,5
28/06/2011	42	49	26,8	1.005,2	0,0	320,3	66,6	0,3
29/06/2011	31	N.D.	25,5	1.003,1	23,6	283,8	70,3	0,7
30/06/2011	26	N.D.	24,2	1.002,9	0,2	321,2	76,0	0,5
01/07/2011	18	27	23,5	1.003,8	0,0	288,8	72,4	1,2
02/07/2011	13	16	21,7	1.002,8	0,0	347,8	59,2	1,4
03/07/2011	22	30	21,6	1.002,0	0,0	344,6	59,1	0,6

**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 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
S.Rocco (Gravimetrico)	87,5	29,1	9,1	0
Bertonico (centralina) <sup>(1)</sup>	100,0	27,2	10,5	0
Codogno (centralina) <sup>(1)</sup>	100,0	22,2	7,6	0
Lodi S.Alberto (centralina) <sup>(1)</sup>	100,0	25,4	10,9	0
Lodi Vignati (centralina) <sup>(1)</sup>	81,3	21,6	8,4	0
Montanaso (centralina) <sup>(1)</sup>	100,0	21,6	8,9	0
S.Rocco al Porto (centralina) <sup>(2)</sup>	100,0	25,1	7,8	0
Tavazzano (centralina) <sup>(1)</sup>	100,0	24,6	10,7	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).

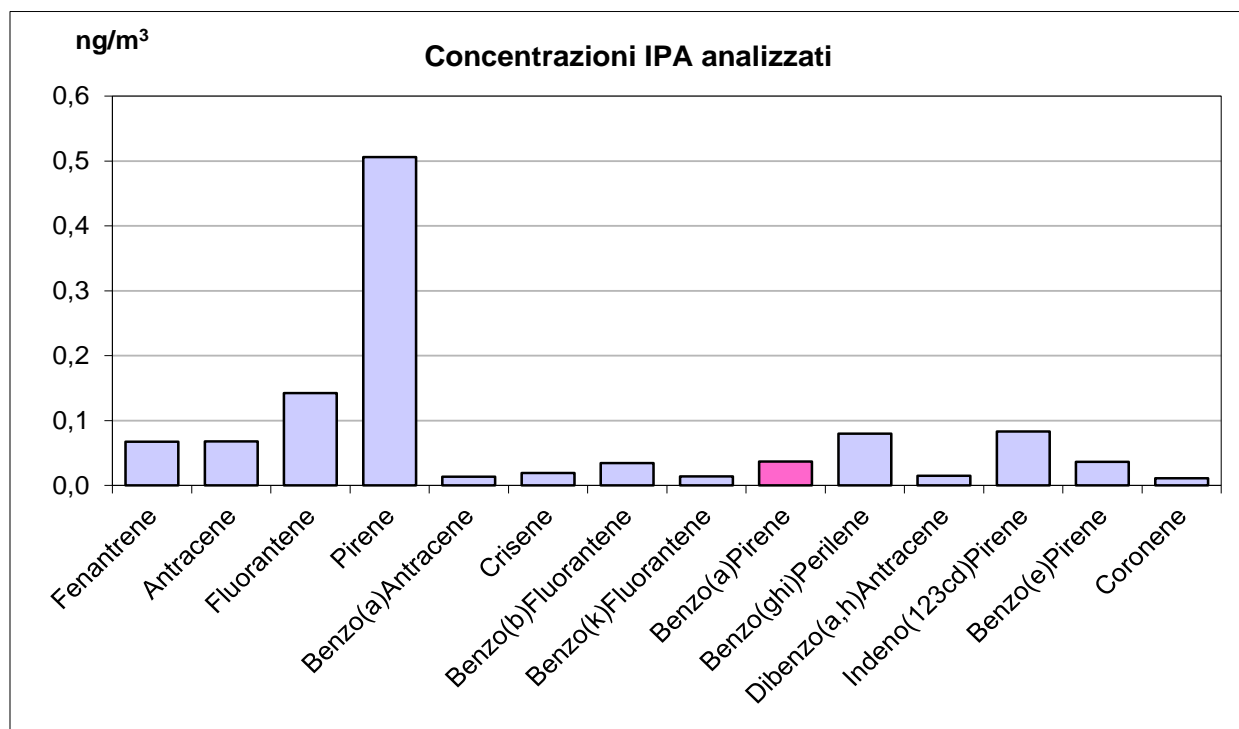
cod. filtro	GR01	GR02	GR03	GR04	GR05	GR06	GR07	GR08
Data	18/6/11	19/6/11	20/6/11	21/6/11	22/6/11	23/6/11	24/6/11	25/6/11
conc. PM10	24	18	22	36	40	38	30	22
Fenantrene	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Antracene	0,262	0,316	0,288	0,311	0,309	0,138	0,140	0,184
Fluorantene	0,161	0,092	0,160	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092
Pirene	0,171	0,080	0,105	0,124	0,086	0,095	0,086	0,116
Benzo(a)Antracene	0,019	0,008	0,015	0,008	0,008	0,015	0,008	0,021
Crisene	0,046	0,050	0,051	0,057	0,055	0,063	0,045	0,065
Benzo(b)Fluorantene	0,043	0,054	0,039	0,058	0,038	0,048	0,055	0,034
Benzo(k)Fluorantene	0,015	0,020	0,013	0,020	0,017	0,008	0,017	0,017
Benzo(a)Pirene	0,018	0,023	0,016	0,008	0,015	0,008	0,008	0,027
Benzo(ghi)Perilene	0,016	0,025	0,018	0,013	0,018	0,018	0,010	0,022
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	0,042	0,042
Coronene	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,013

cod. filtro	GR09	GR10	GR11	GR12	GR13	GR14	GR15
Data	26/6/11	27/6/11	28/6/11	29/6/11	1/7/11	2/7/11	3/7/11
conc. PM10	27	29	49	N.D.	27	16	30
Fenantrene	0,025	0,025	0,025	N.D.	0,025	0,025	0,025
Antracene	0,173	0,105	0,060	N.D.	0,067	0,042	0,046
Fluorantene	0,092	0,092	0,092	N.D.	0,093	0,093	0,093
Pirene	0,042	0,094	0,078	N.D.	0,091	0,066	0,084
Benzo(a)Antracene	0,008	0,008	0,008	N.D.	0,027	0,016	0,027
Crisene	0,031	0,069	0,065	N.D.	0,058	0,046	0,089
Benzo(b)Fluorantene	0,054	0,044	0,048	N.D.	0,034	0,039	0,081
Benzo(k)Fluorantene	0,013	0,017	0,008	N.D.	0,008	0,021	0,017
Benzo(a)Pirene	0,008	0,016	0,008	N.D.	0,008	0,016	0,024
Benzo(ghi)Perilene	0,027	0,021	0,011	N.D.	0,008	0,011	0,021
Dibenzo(a,h)Antracene	0,008	0,008	0,008	N.D.	0,008	0,008	0,008
Indeno(123cd)Pirene	0,042	0,042	0,042	N.D.	0,042	0,042	0,042
Benzo(e)Pirene	0,042	0,042	0,052	N.D.	0,042	0,042	0,056
Coronene	0,008	0,008	0,008	N.D.	0,008	0,008	0,008

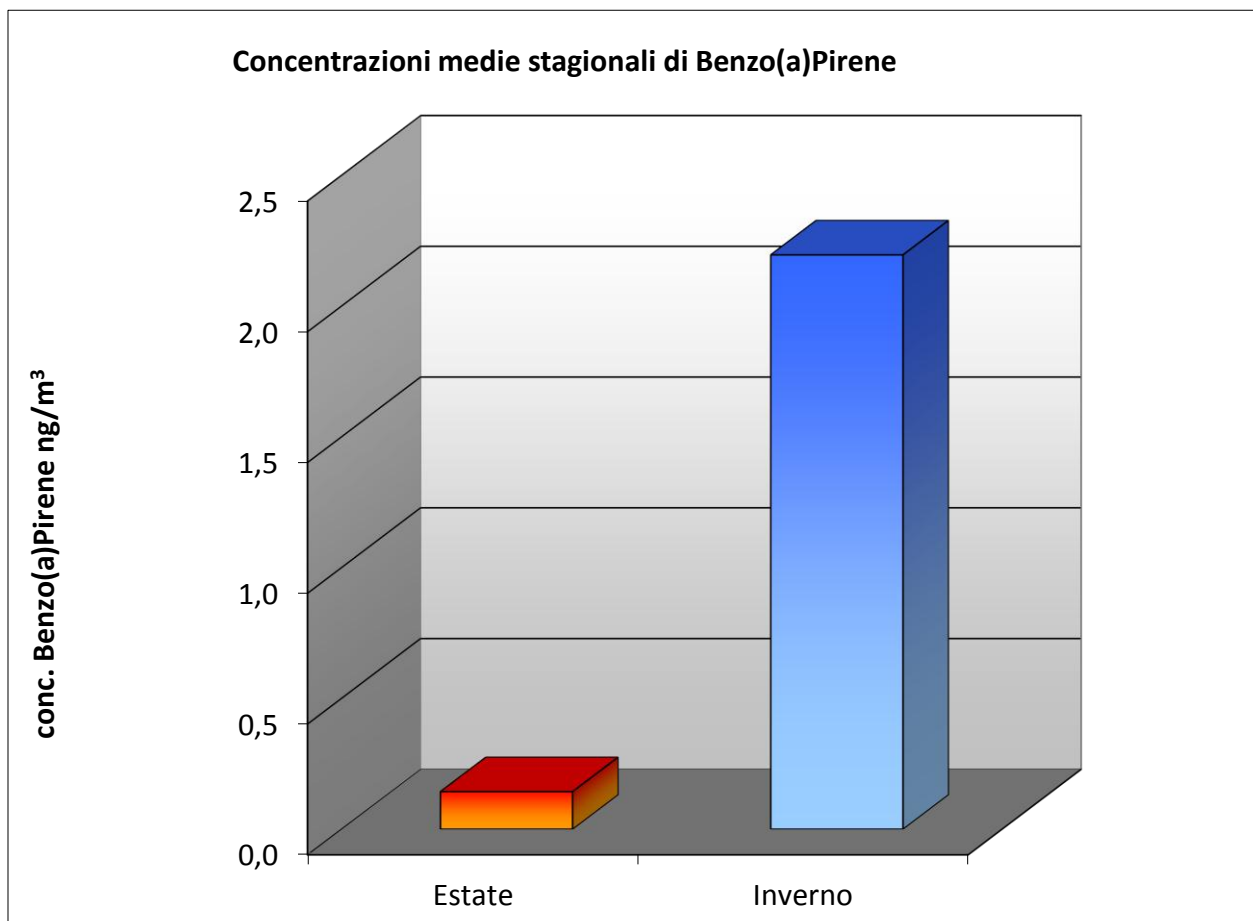
Da cui segue la distribuzione percentuale media sotto riportata in Figura 1.

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 campagna di monitoraggio effettuata a San Rocco al Porto.

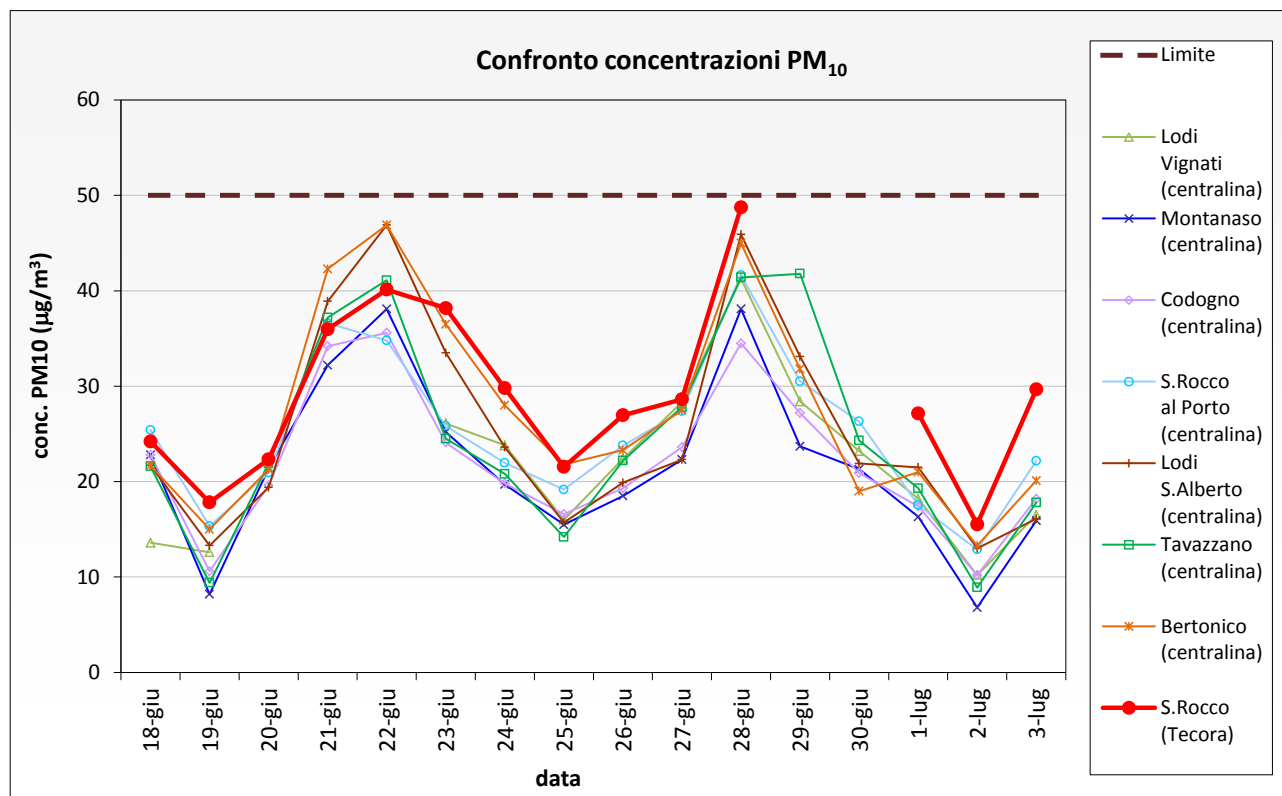


## 8 GRAFICI E CONFRONTI

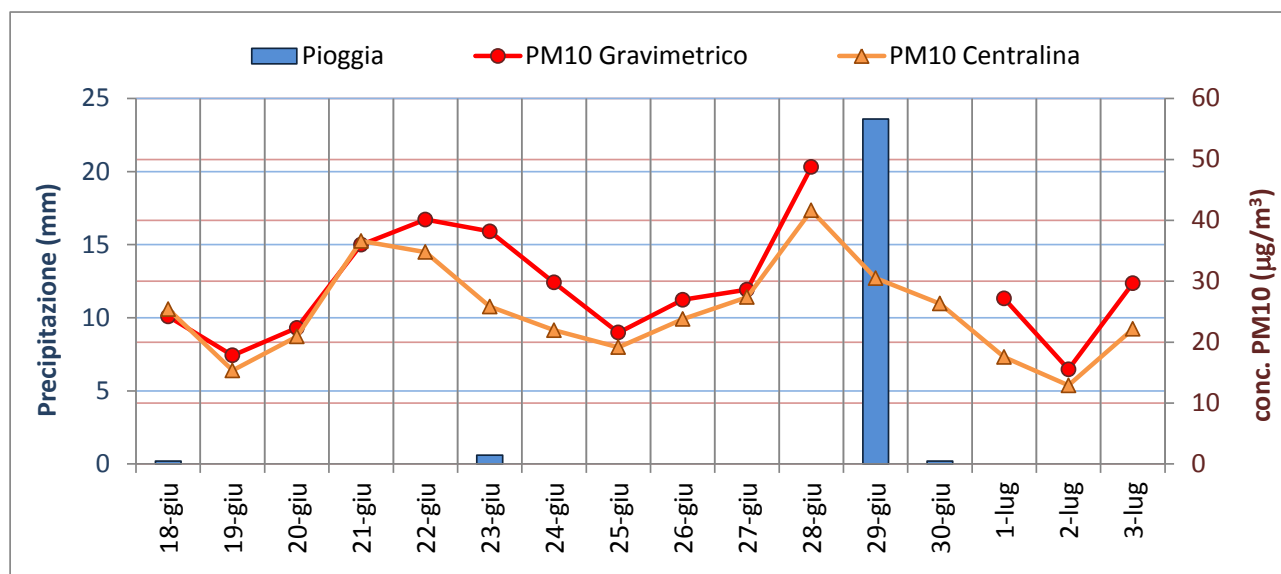
Tab.6 – Confronto concentrazioni giornaliere di **PM10** (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Data	S.Rocco al Porto (Tecora)	Bertonico (centralina)	Codogno (centralina)	Lodi S.Alberto (centralina)	Lodi Vignati (centralina)	Montanaso (centralina)	S.Rocco al Porto (centralina)	Tavazzano (centralina)
18/06/2011	24	22	23	22	14	23	25	22
19/06/2011	18	15	11	13	13	8	15	9
20/06/2011	22	21	20	19	N.D.	21	21	22
21/06/2011	36	42	34	39	N.D.	32	37	37
22/06/2011	40	47	36	47	N.D.	38	35	41
23/06/2011	38	37	24	34	26	25	26	25
24/06/2011	30	28	20	24	24	20	22	21
25/06/2011	22	22	17	16	16	16	19	14
26/06/2011	27	23	19	20	22	19	24	22
27/06/2011	29	28	24	22	28	22	27	28
28/06/2011	49	45	35	46	41	38	42	41
29/06/2011	N.D.	32	27	33	28	24	31	42
30/06/2011	N.D.	19	21	22	23	21	26	24
01/07/2011	27	21	17	22	18	16	18	19
02/07/2011	16	13	10	13	10	7	13	9
03/07/2011	30	20	18	16	17	16	22	18

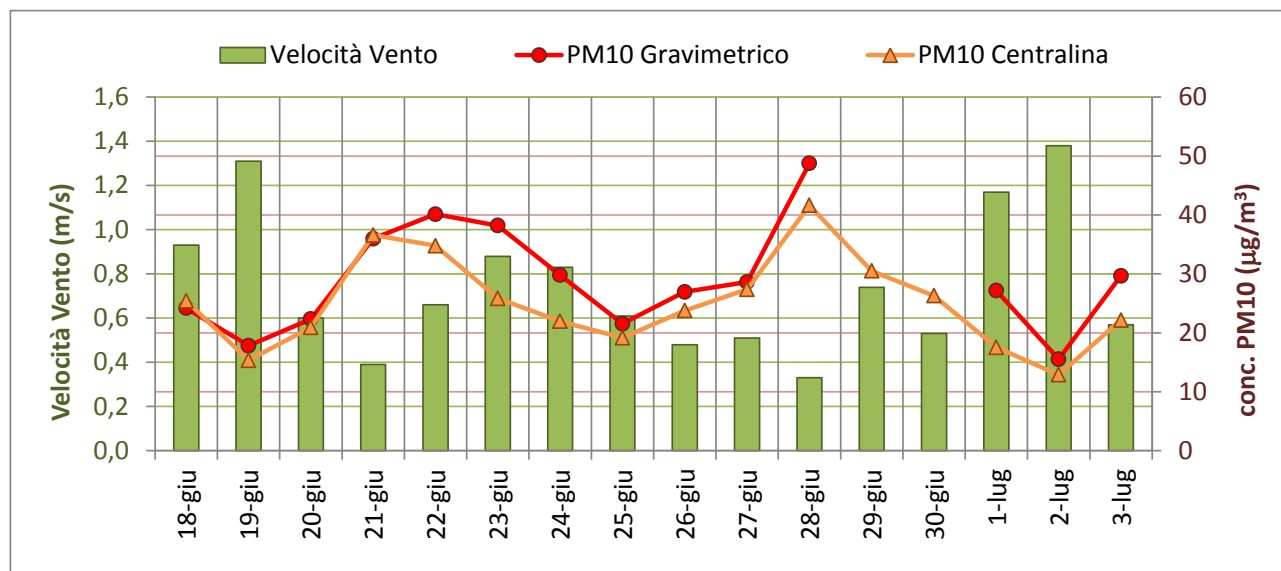
Fig.3 – Confronto tra le concentrazioni **PM10** del gravimetrico e le centraline di qualità dell'aria (rete fissa). I valori relativi al campionatore gravimetrico (Tecora) sito in San Rocco al Porto sono rappresentati dalla linea rossa più spessa.



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

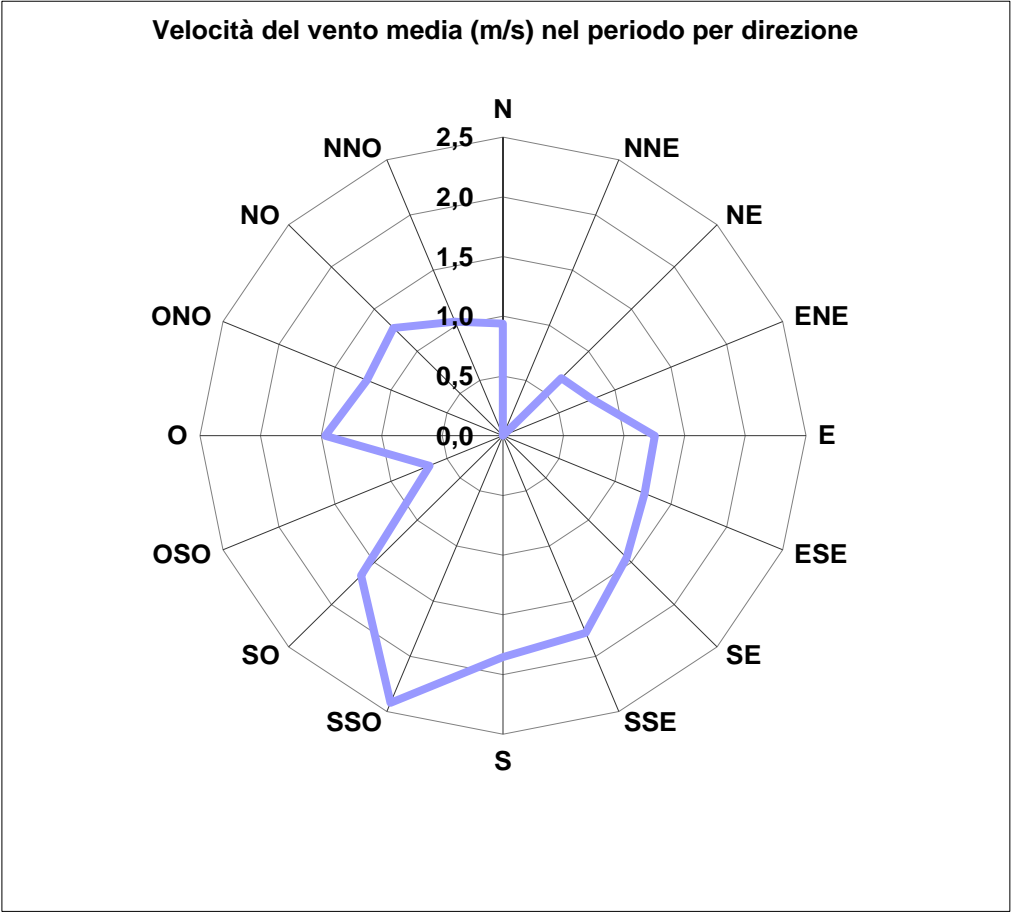
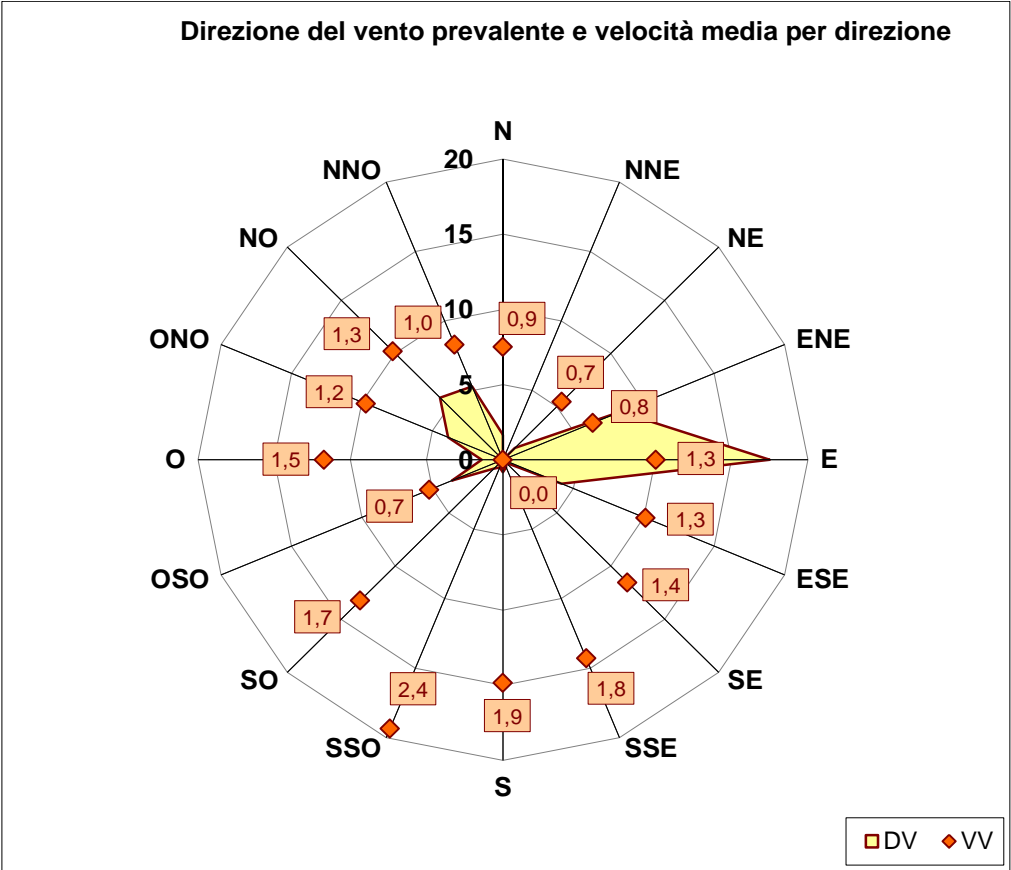


**Fig.5** – Confronto tra le concentrazioni di **PM10** campionate mediante gravimetrico e i dati giornalieri di **velocità del vento** registrati nella centralina fissa di San Rocco al Porto.



**Fig.6** – Direzione del vento prevalente (% di accadimenti nel periodo) e velocità del vento media nel periodo per direzione (m/s) (Dati relativi alla centralina di San Rocco al Porto).

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	Variabile	Calma
Frequenza DV %	1,7	0,0	1,1	8,3	17,5	4,2	0,3	0,6	0,8	0,6	0,8	3,6	1,4	3,9	5,8	5,3	1,1	43,3
Velocità VV m/s	0,9	-	0,7	0,8	1,3	1,3	1,4	1,8	1,9	2,4	1,7	0,7	1,5	1,2	1,3	1,0	-	0,3



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 16 giorni, si è svolta dal 18 Giugno al 3 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 San Rocco al Porto.

A causa di un problema di alimentazione, causato con molta probabilità da un forte temporale occorso nella serata del 29 Giugno, non è stato possibile valutare le concentrazioni delle polveri per le giornate del 29 e 30 Giugno, tuttavia, il confortante accordo con i valori registrati dagli analizzatori automatici della centraline fisse consente di estendere l'analisi dei risultati anche a questi giorni. 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.

Proprio in Figura 3 sono riportati i valori di **PM10** registrati dal campionatore gravimetrico confrontati con gli stessi misurati nelle centraline di rete fissa di Lodi (via Vignati), Lodi Sant'Alberto, Codogno, Tavazzano, Bertonico, Montanaso e la stessa San Rocco al Porto. Tale grafico evidenzia la già citata coerenza negli andamenti delle concentrazioni fornite dai diversi campionatori.

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 28 Giugno ed è stato pari a  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi poco sotto il limite mentre il minimo,  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , è occorso il 2 Luglio. La media sull'intero periodo della campagna (18 Giugno – 3 Luglio, esclusi 29 e 30 Giugno) è risultata essere di circa  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

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 massimo valore di PM10 sia stato toccato in corrispondenza del giorno (28 Giugno) con la velocità media del vento più bassa in assoluto ( $0,3 \text{ m/s}$ ), mentre i valori minimi (19 Giugno e 2 Luglio) si sono avuti nelle giornate con la maggiore velocità media del vento (rispettivamente  $1,3$  e  $1,4 \text{ m/s}$ ). Inoltre, sia le deboli precipitazioni del 23 Giugno che quelle più abbondanti del 29 Giugno hanno provocato un successivo calo delle polveri. 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 i quattordici filtri analizzati, relativi alla presente campagna, è stato evidenziato un valore inferiore a  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ , con una media di  $0,015 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Tale valore è inferiore a quello trovato nella precedente campagna estiva (Giugno – Luglio 2010), dove si era registrato un valore pari a  $0,037 \text{ ng}/\text{m}^3$ . 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 (Fig.2), 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.

Poiché il limite dettato dalla direttiva CE va calcolato su base annuale, si fornisce solo a titolo indicativo, il valore di  $1,17 \text{ ng}/\text{m}^3$  risultato dalla media dei filtri relativi a tutte le campagne "spot" inverno/estate realizzate a San Rocco al Porto.

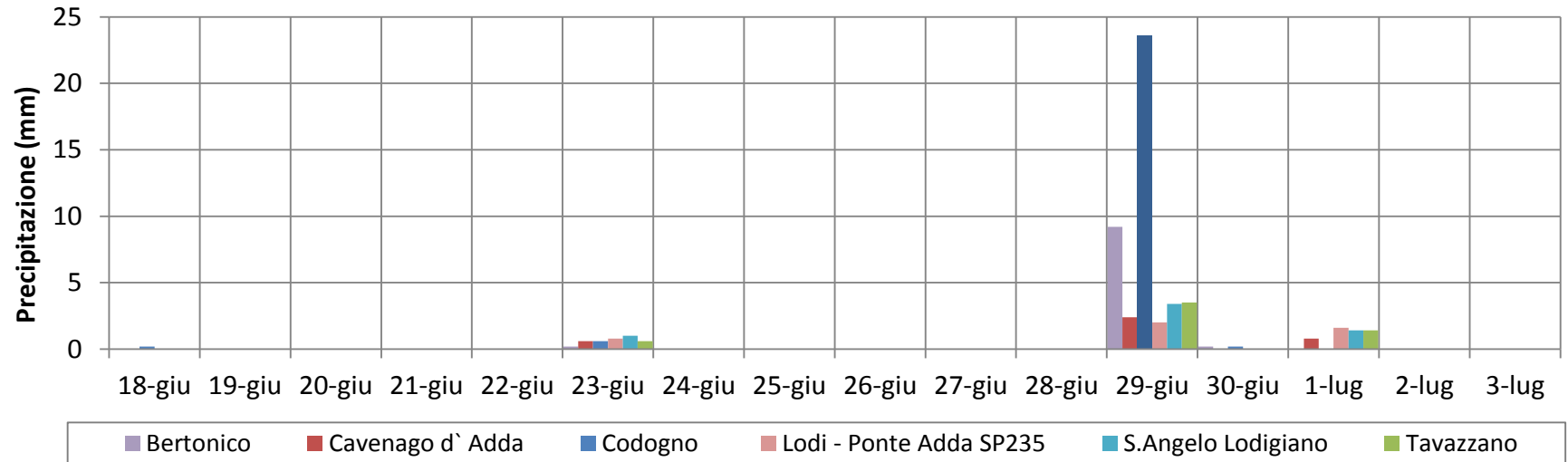
**Il Responsabile**  
del **C.O.D. e Agenti Fisici**  
del **Dipartimento di Lodi**  
Dott.ssa Manuela Crippa

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

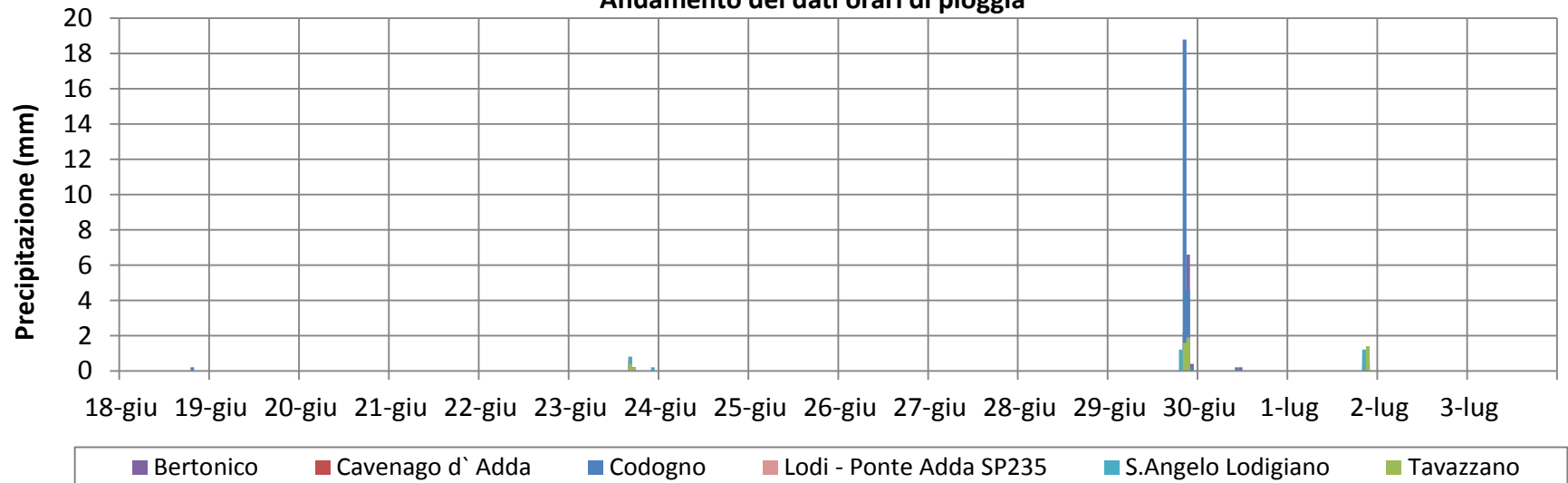
Visto del **Dirigente**  
dell'**U.O. Attività Produttive, Controlli e**  
**Monitoraggi Ambientali**  
del **Dipartimento di Lodi**  
Dott. Fabio Cambielli

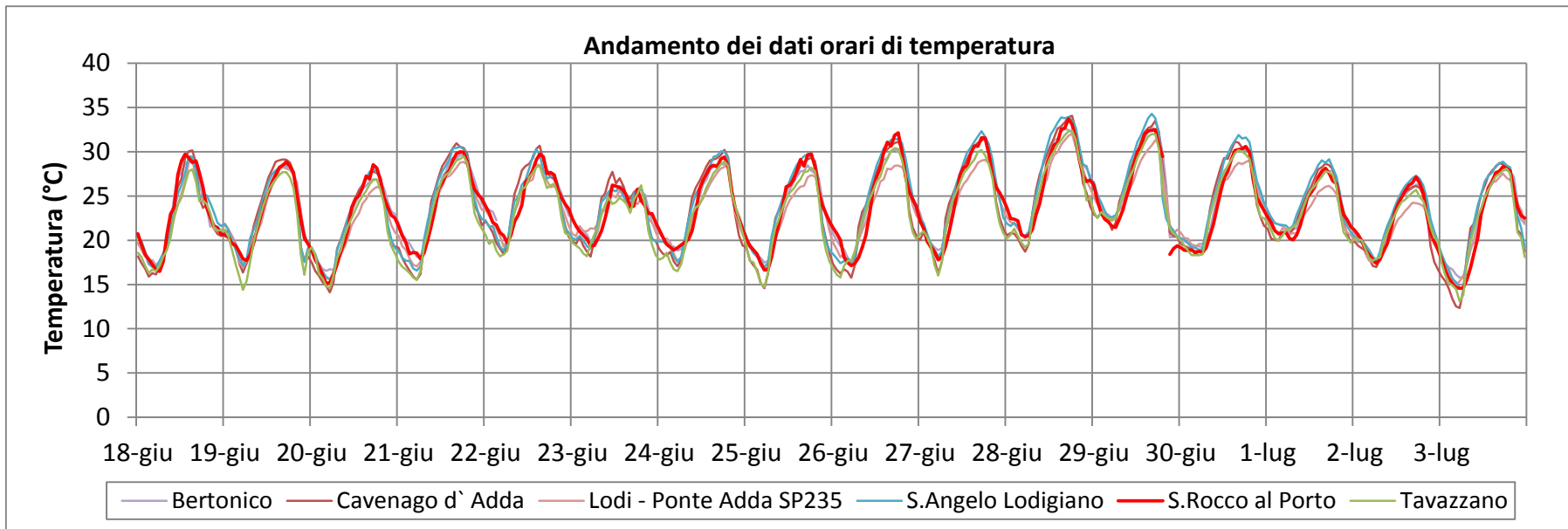
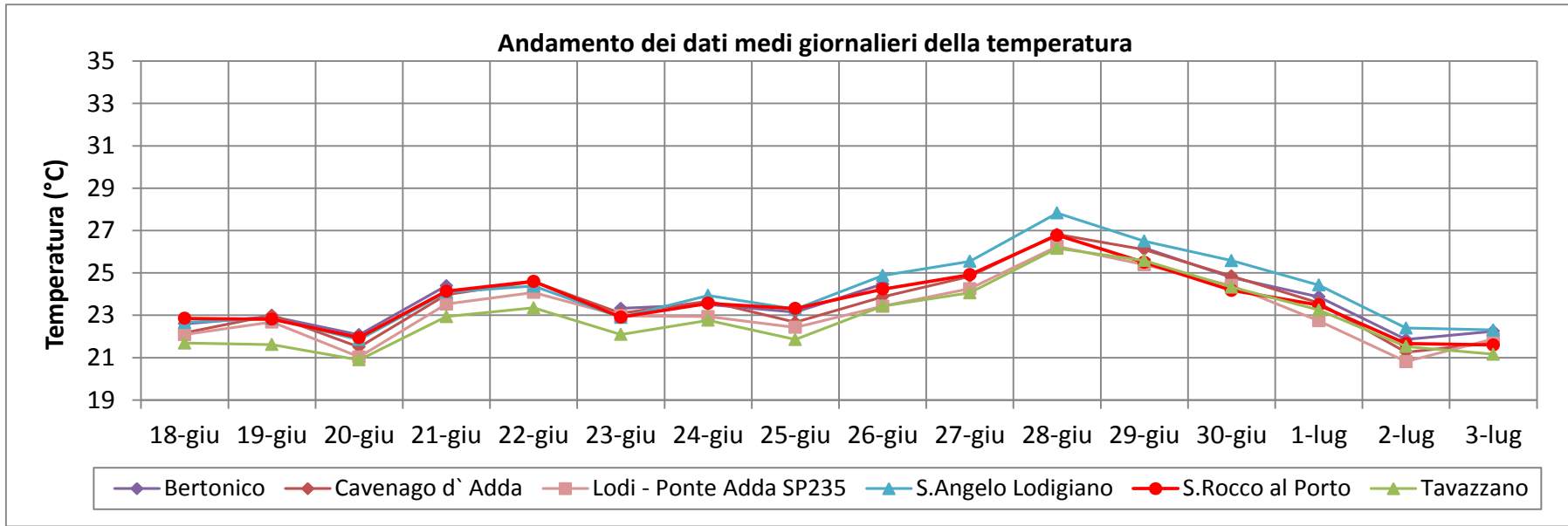
## Allegato 1 Grafici meteo

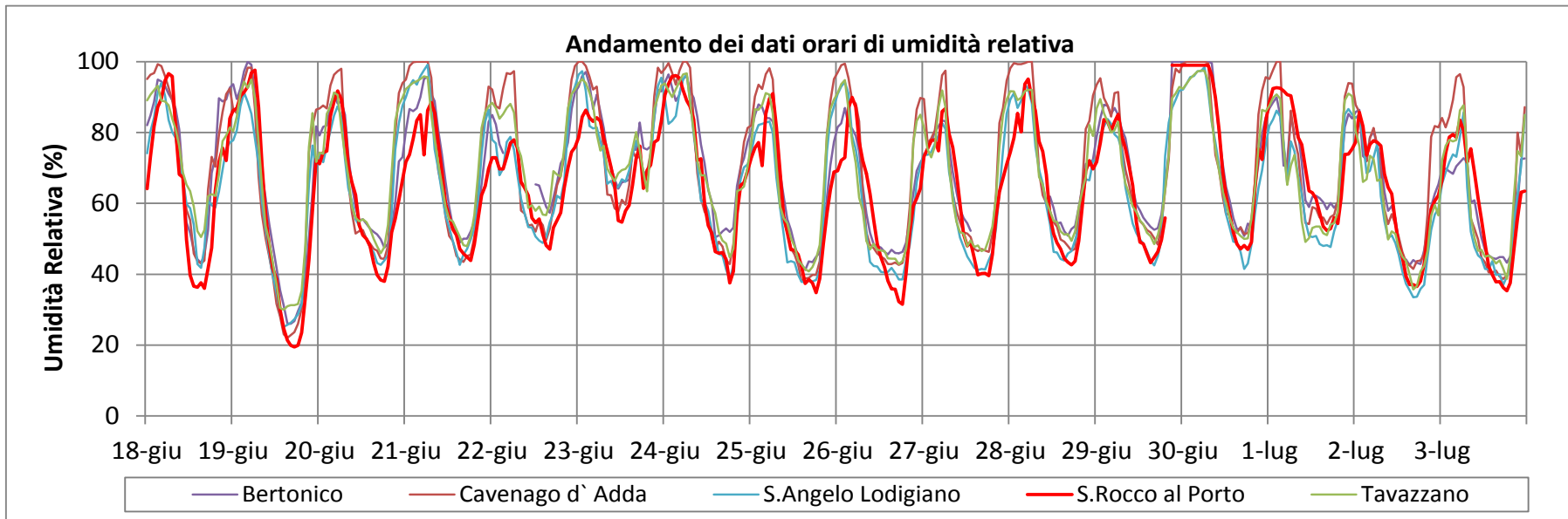
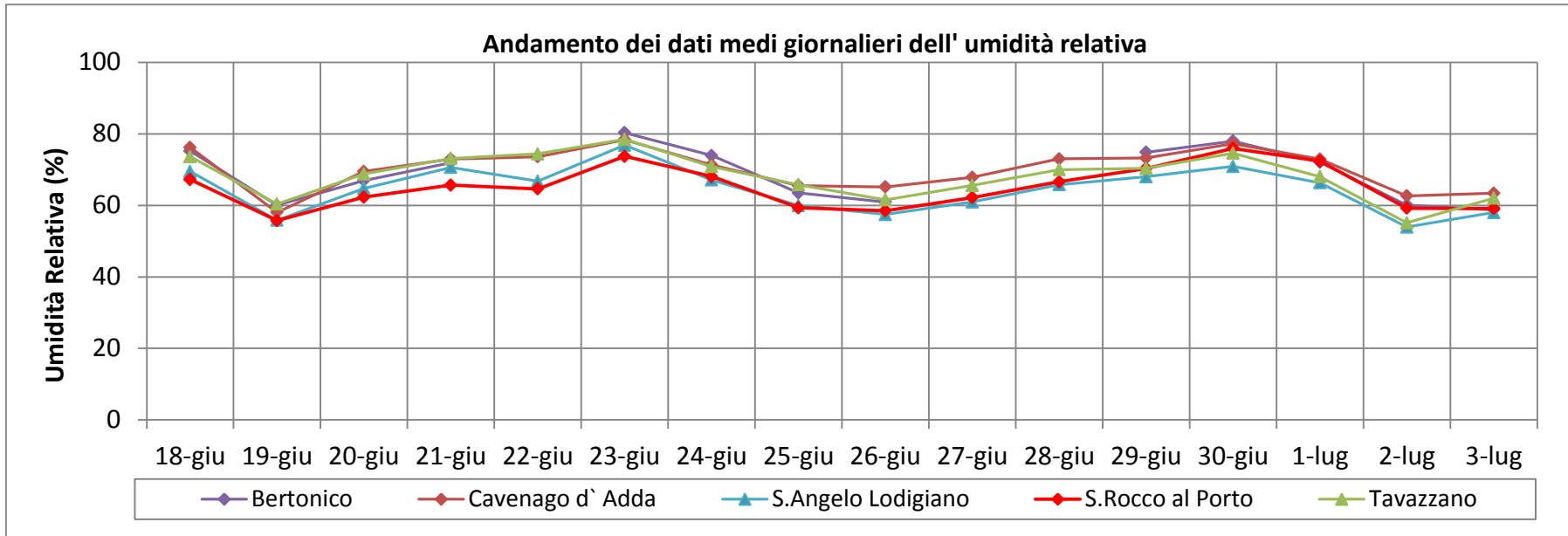
**Andamento dei dati giornalieri di pioggia**

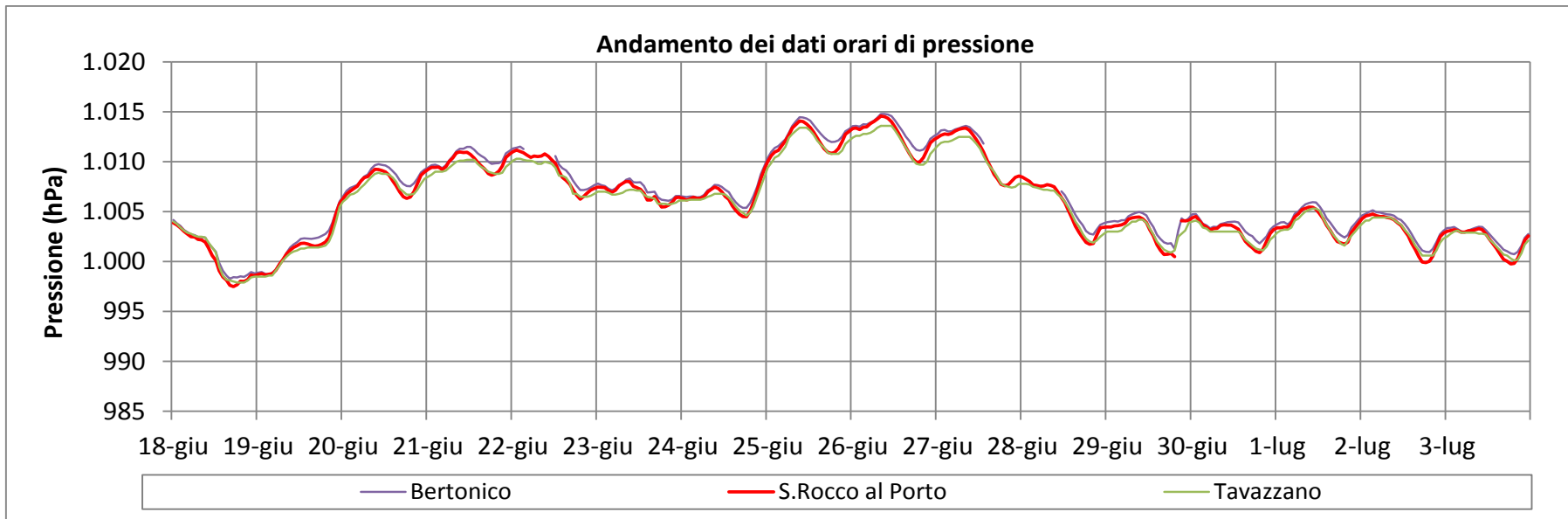
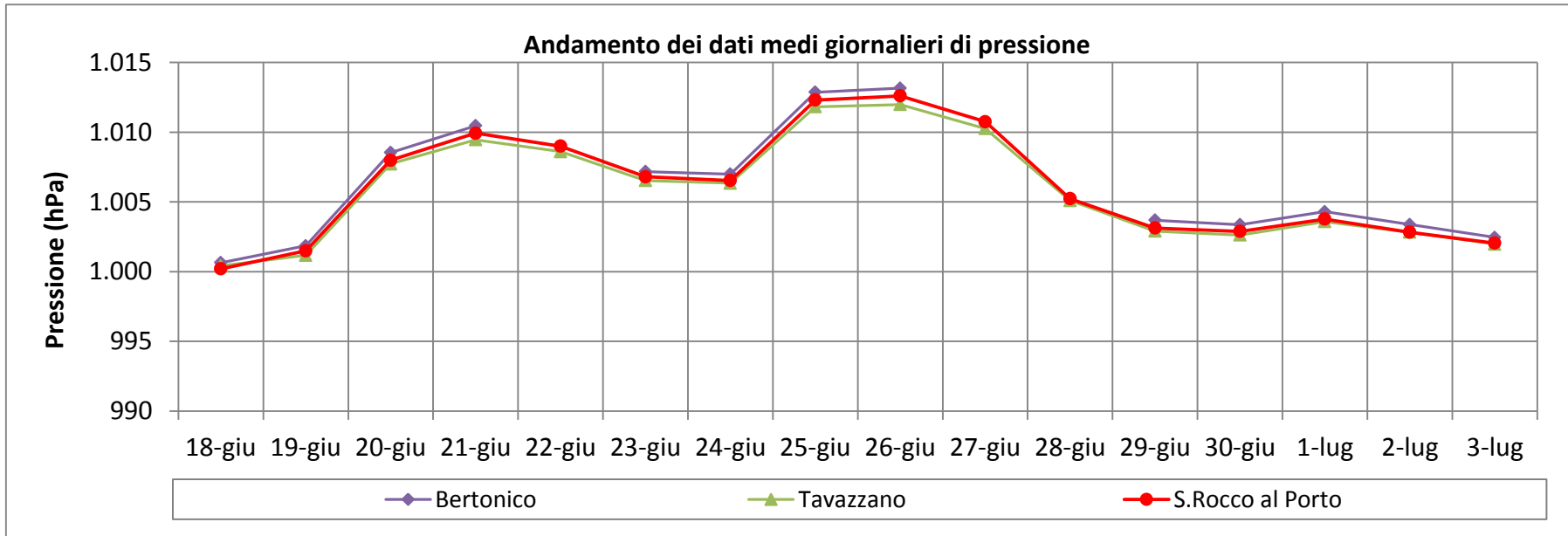


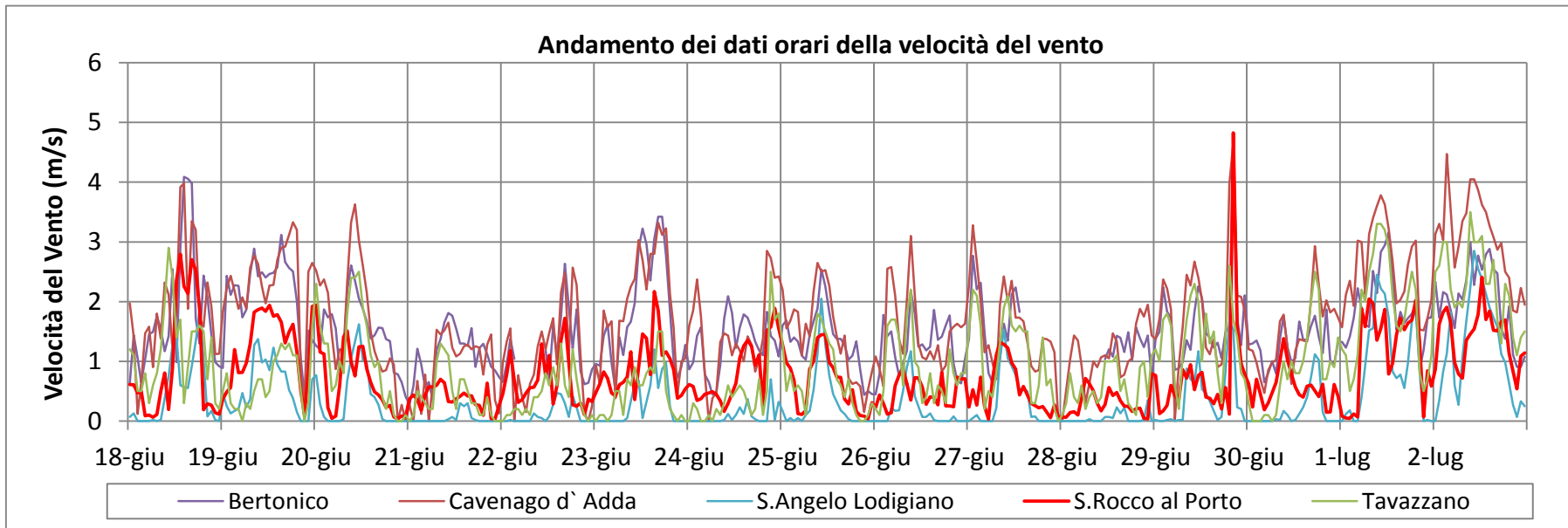
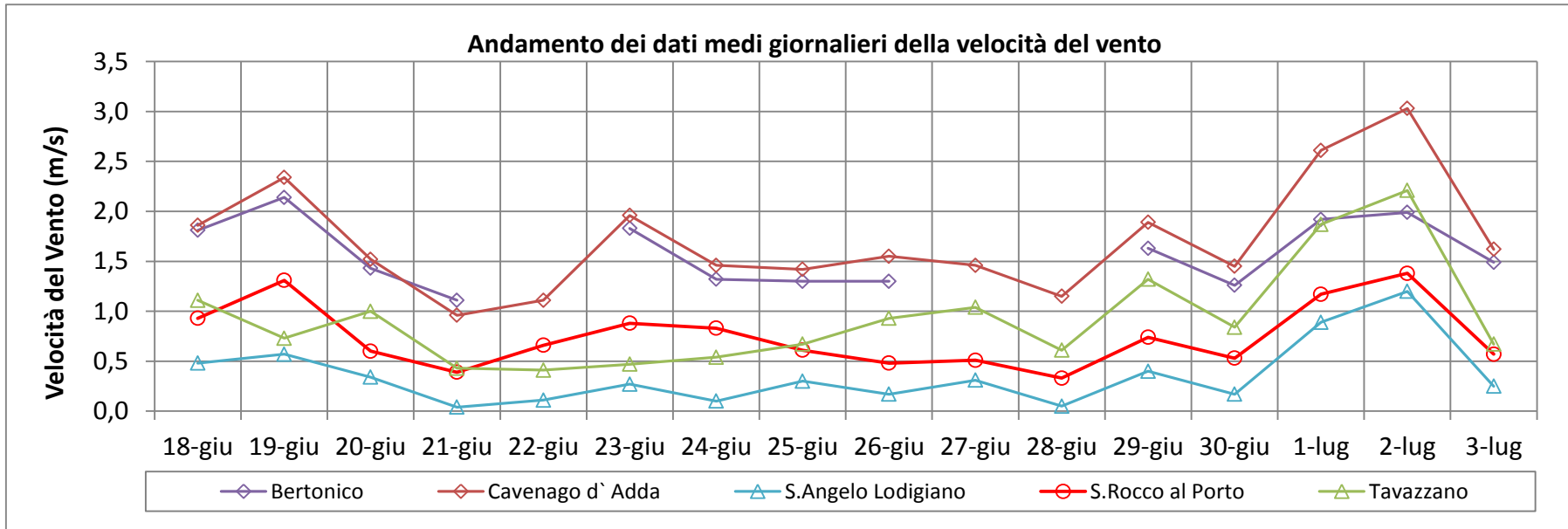
**Andamento dei dati orari di pioggia**

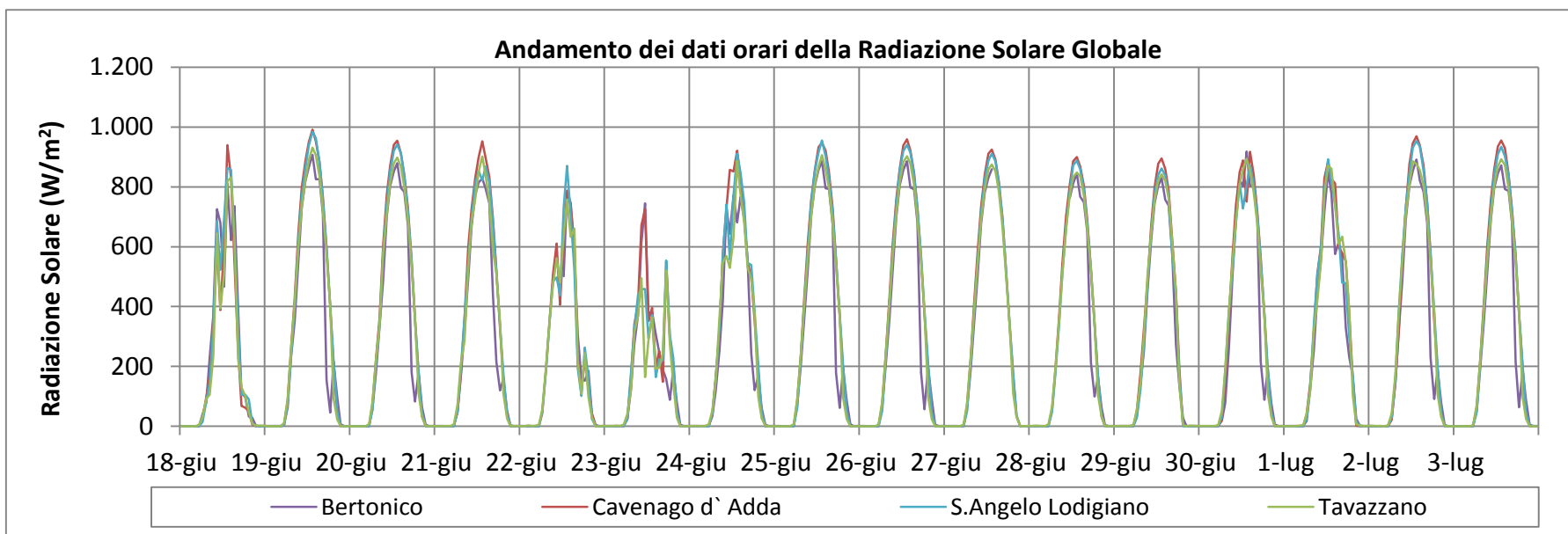
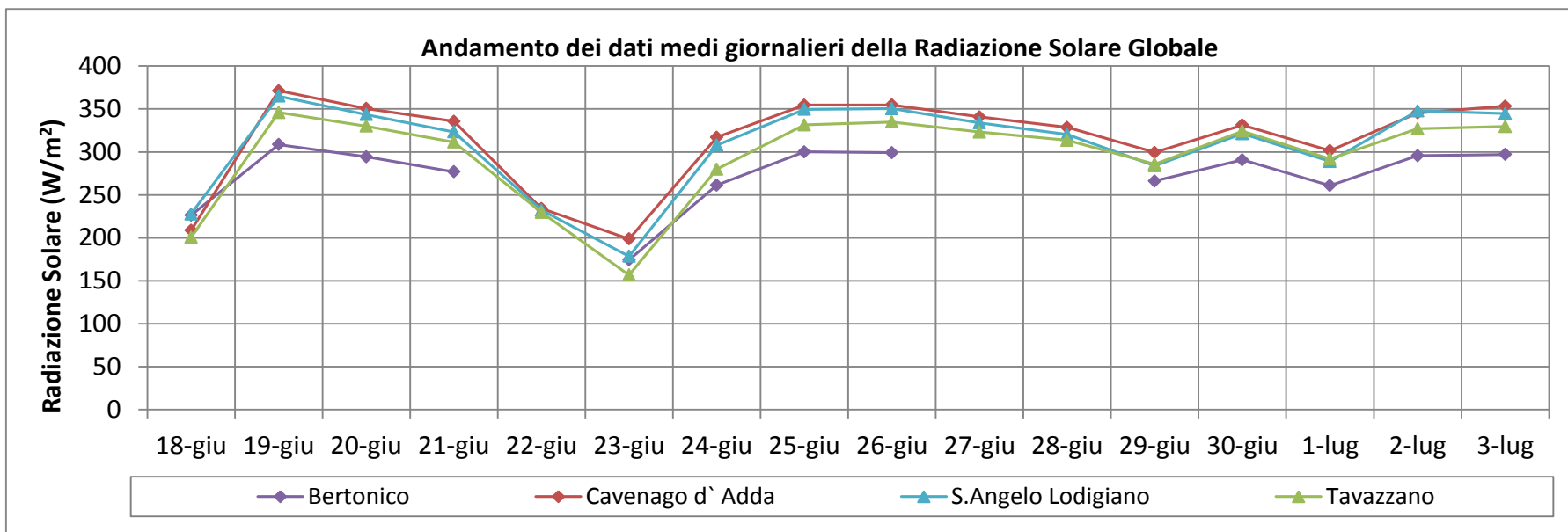












Allegato 2  
Certificati di misura