



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

PROVINCIA DI GROSSETO

CAMPAGNA DI MISURAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA LABORATORIO MOBILE ANNO 2014

**VIA MADRE TERESA DI CALCUTTA
COMUNE DI FOLLONICA**

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

**REGIONE
TOSCANA**





PROVINCIA DI GROSSETO

Campagna di Misurazione della qualità dell'aria. Laboratorio mobile.
Anno 2014

VIA MADRE TERESA DI CALCUTTA COMUNE DI FOLLONICA

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

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano:

- Dipartimento di Grosseto per il supporto logistico e di collegamento con il gestore della rete privata di misurazione della qualità dell'aria della Società Scarlino Energia;
- La Società Scarlino Energia per aver messo a disposizione sia i dati di qualità dell'aria, sia i dati meteo registrati dalle proprie stazioni di misurazione.

30 APRILE 2015

SINTESI

La campagna di misurazione della postazione Via Madre Teresa di Calcutta a Follonica, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2014 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Grosseto, Comune di Follonica e Dipartimento ARPAT di Grosseto.

I valori degli indicatori di qualità dell'aria misurati nella postazione di Via Madre Teresa di Calcutta sono conformi ai relativi valori limite finalizzati alla tutela della salute umana.

Nel dettaglio, gli indicatori relativi al materiale particolato PM10 si assestano, mediamente, su livelli inferiori ai relativi valori limite del 50 %, mentre quelli del biossido di zolfo ed idrogeno solforato, su livelli inferiori ai relativi valori limite o guida fissato dall'OMS di oltre il 90 %.

E' registrato un caso di superamento del valore limite per l'indicatore della media giornaliera di PM10 (rilevato il giorno 20 settembre 2014); in questo caso tuttavia, la norma ammette che questo indicatore possa essere superato nella misura di 35 casi/anno. La relativa valutazione, prevista per le misure indicative, è stata realizzata mediante l'analisi dell'indicatore relativo al 90,4° percentile delle concentrazioni medie giornaliere, il quale risulta conforme al relativo valore limite (-48 %).

Per quanto attiene gli aspetti connessi al disturbo olfattivo, sono stati registrati 61 valori orari (pari al 1,9 % dei dati complessivi della campagna di misurazione) di idrogeno solforato superiori alla soglia olfattiva definita dall'OMS; il mese di maggio è stato quello più significativo. Il valore orario più elevato ($31 \mu\text{g}/\text{m}^3$) superiore di circa 4 volte il limite OMS, è stato registrato il giorno 8 maggio alle ore 22. Il raffronto di questo contesto con quello riscontrato nella zona delle concerie di Santa Croce sull'Arno (Pisa) postazione Cerri, mette in rilievo la presenza di un numero di casi di superamento della soglia olfattiva più consistenti nella postazione di Cerri (3,6 % sul periodo), i quali hanno raggiunto il valore massimo orario di $517 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Se spostiamo invece il confronto sulla stazione di fondo della zona di Santa Croce (stazione Santa Croce - Coop), sono evidenziati livelli di concentrazione massimi orari equivalenti, ma un numero di superamenti della soglia olfattiva OMS più elevato a Follonica (Santa Croce - Coop = 0,5 %; Follonica = 1,9 %).

In considerazione dei valori degli indicatori relativi ad altre campagne di rilevamento effettuate nel territorio comunale mediante mezzo mobile, sia da ARPAT (postazione di misurazione di Via del Buttero periodo di osservazione maggio 2011 - maggio 2012 e postazione Via Madre Teresa di Calcutta periodi di osservazione settembre - dicembre 2012 e febbraio 2013 - gennaio 2014), che da reti private (stazione di Via Lago di Bracciano - rete Società Scarlino Energia), si rileva, dal punto di spaziale (stazioni di Via Madre Teresa di Calcutta e Via Lago di Bracciano), un contesto per l'anno 2014 caratterizzato, da una parte, da valori degli indicatori sostanzialmente equivalenti di PM10 o quasi (poco inferiori) di idrogeno solforato, e dall'altra, da valori più bassi di biossido di zolfo (-49 %) nella postazione di Via Madre Teresa di Calcutta. Considerazioni sulle variazioni temporali sul medio - lungo termine riferite alle precedenti campagne di misurazione di Via Madre Teresa di Calcutta (periodi di osservazione 2012 e 2013 -2014), mettono invece in evidenza una progressiva riduzione dei valori di biossido di zolfo (-73 % riferiti alla campagna 2013-2014) e di idrogeno solforato (-43 % riferiti alla campagna 2013-2014) ed un incremento dei valori di materiale particolato PM10 (+22 % riferiti alla campagna 2013-2014).

Rispetto alla stazione di misurazione fissa di rete regionale di Grosseto URSS (urbana - fondo), la valutazione dei dati puntuali (giornalieri) e degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione) mette in rilievo la presenza di valori di PM10 più bassi a Grosseto URSS, caratterizzati sostanzialmente dallo stesso andamento temporale; i valori degli indicatori elaborati per l'interno anno 2014 dalla stazione fissa di Grosseto URSS hanno fornito una situazione di conformità ai rispettivi valori limite ed una sostanziale invarianza rispetto ai dati del 2013. Sotto il profilo temporale, si rileva una discontinuità nella relazione tra le due stazioni poiché la postazione di misurazione di Via Madre Teresa di Calcutta, è passata da livelli più bassi di PM10 (-10 %) nella campagna 2013-2014, e livelli più alti (+28 %) nella campagna 2014.

L'elemento di maggior rilievo della presente campagna di misurazione è dato dalla riduzione dei livelli massimi di biossido di zolfo ed idrogeno solforato, i quali, rispetto alla precedente campagna di misurazione, registrano decrementi significativi (biossido di zolfo -85 %; idrogeno solforato -68 %). Le elaborazioni relative al giorno tipo da una parte, e quelle box plot e degli andamenti stagionali degli indicatori dall'altra, mettono in evidenza un cambiamento di tendenza, a partire dal mese di giugno 2014, sia per quanto riguarda la presenza delle fasce orarie in cui si presentano i massimi, sia per quanto riguarda i livelli di concentrazione di picco. Specificatamente per l'idrogeno solforato, i livelli massimi registrati si presentano nelle ore notturne.

Sommario

Introduzione	6
1- Postazione di misurazione	7
2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio	10
3. Inquinanti monitorati	10
4. Riferimenti Normativi	11
5. Obiettivo di qualità dei dati	11
Raccolta minima dei dati.....	11
Periodo di minimo di copertura.....	12
6. Dati rilevati nella campagna di misurazione	12
6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa e dall'OMS	13
6.2 Confronto con i valori degli indicatori relativi ad altre campagne di misurazione effettuate nel territorio comunale.....	144
6.3 Confronto con i valori degli indicatori relativi alla stazione fissa Grosseto URSS	15
6.4 Analisi dei dati meteorologici	16
7- Valutazione dei risultati	177
Raffronto con i livelli registrati dalla stazione di misurazione fissa di Grosseto - URSS	20
Andamenti temporali.....	20
Distribuzione dei livelli di concentrazione grafici box - plot	20
Distribuzione in classi di concentrazione.....	20
Giorno tipo	21
8 - Considerazioni riassuntive e finali	21
Allegato 1. Elaborazioni integrative	23
1.1 Andamenti temporali – grafici box plot.....	23
1.2 Andamenti orari e giornalieri dei livelli di concentrazione.....	25
1.3 Giorni tipo	27
1.4 Andamenti stagionali 2014	288
1.5 Distribuzione in classi.....	309
1.6 Confronto con gli andamenti di PM10 registrati dalla stazione fissa di Grosseto URSS e di Follonica rete privata Scarlino Energia	332
1.7 Grafici a dispersione Via Madre Teresa di Calcutta e Grosseto URSS	35
1.8 Dati meteorologici	35
Allegato 2. Caratteristiche tecniche analizzatori	39
Allegato 3. Meccanismi di formazione degli inquinanti	39
Allegato 4. Limiti normativi	411

Introduzione

La presente campagna di misurazione presso la postazione di Via Madre Teresa di Calcutta a Follonica, è stata realizzata su richiesta della Provincia di Grosseto ad ARPAT come attività istituzionale non obbligatoria; il relativo piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2014 è stato programmato dall'Amministrazione Provinciale di Grosseto, Comune di Follonica e Dipartimento ARPAT di Grosseto.

Il territorio del Comune di Follonica, è stato monitorato in precedenza, sia mediante campagne di misurazione indicative, sia mediante campagne spot, effettuate con il mezzo mobile nelle seguenti postazioni di misurazione:

- Via Del Buttero (periodo di osservazione maggio 2011 – maggio 2012), campagna indicativa;
- Via Madre Teresa di Calcutta (periodo di osservazione 7 settembre – 31 dicembre 2012), campagna spot;
- Via Madre Teresa di Calcutta (periodo di osservazione 8 febbraio 2013 – 19 gennaio 2014), campagna indicativa.

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT mediante il documento di processo DP SGQ.099.016 "Monitoraggio della qualità dell'aria mediante reti di rilevamento".

Il sistema di gestione per la qualità di ARPAT è certificato dal CERMET (registrazione n° 3198-A) secondo le UNI EN ISO 9001:2008.

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

- ai valori limite o soglia definiti dalla legislazione nazionale che disciplina la qualità dell'aria o da organismi sanitari internazionali (OMS);
- ai valori degli indicatori di qualità dell'aria elaborati per altre stazioni di misurazione riferite sia a reti pubbliche (rete regionale e provinciale), che private (rete di misurazione di proprietà della Società Scarlino Energia – Scarlino, Gr).

Il dettaglio riguardo le stazioni di misurazione, gli inquinanti ed il relativo periodo di osservazione utilizzati per il confronto con i valori registrati nella presente campagna di misurazione, è mostrato nell'elenco sottostante:

- PM10 - stazione di misurazione fissa di Grosseto – URSS (stazione di rete regionale classificata urbana – fondo) dati riferiti allo stesso periodo di osservazione della campagna di Follonica (12 aprile - 28 settembre 2014);
- idrogeno solforato - postazione mobile di Cerri (stazione provinciale) e fissa di S.Croce-COOP (stazione di rete regionale classificata suburbana – fondo/industriale) ubicata nel Comune di Santa Croce sull'Arno – Provincia di Pisa - dati riferiti al periodo di osservazione 20 maggio – 18 novembre 2014;
- PM10, idrogeno solforato e biossido di zolfo - stazione di misurazione di Follonica Via Lago di Bracciano (ubicata ad una distanza di circa 860 metri in direzione sud-ovest rispetto alla postazione di Via Madre Teresa di Calcutta) appartenente alla rete privata di proprietà della Società Scarlino Energia – Scarlino Gr, dati riferiti allo stesso periodo di osservazione della campagna di Follonica (12 aprile al 28 settembre 2014).

Le stazioni appartenenti alla rete regionale o provinciale sono gestite da ARPAT.

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 in un caso, con quello relativo alla stazione fissa di Grosseto – URSS, (riferita ad una serie di misure più solide perché continuative nel tempo) e nell'altro, con quello relativo ad altre zone, anche vicine, frequentemente monitorate per quanto attiene l'idrogeno solforato.

Sono stati inoltre impiegati per alcune elaborazioni anche dati meteorologici forniti dalla Società Scarlino Energia relativi alla propria rete di misurazione; i sensori relativi alle misure anemometriche, sono installati nella stazione di misurazione di Via Lago di Bracciano a Follonica. Per quanto attiene i requisiti di localizzazione su microscala (guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation – WMO, 2008), si mette in evidenza che i sensori sono ubicati su palo anemometrico a 10 metri (condizione di idoneità - § 5.9.2, ibidem) e che la localizzazione in campo (§ "General requirements of meteorological station", ibidem) della stazione non è completamente aperta. Il contesto urbano della zona è caratterizzato da edifici residenziali elevati (4/6 piani) attorno alla stazione e pertanto i dati di vento non sarebbero del tutto rappresentativi (potrebbero mancare alcuni settori di provenienza del vento, in quanto gli ostacoli elevati fungono da "schermo"). In relazione a queste considerazioni le elaborazioni riferite ai dati meteorologici sono da considerarsi indicative.

1- Postazione di misurazione

L'autolaboratorio è stato posizionato in Via Madre Teresa di Calcutta in località Cassarello - Follonica.

Tabella 1.1 informazioni generali postazione di misurazione

Nome Postazione	Follonica via Madre Teresa di Calcutta – Loc. Cassarello	
Coordinate Geografiche (gradi, minuti, secondi)	LONG E	10°46'32.19"
	LAT N	42°55'21.29"
Quota (metri s.l.m.)	5	
Altezza punto di campionamento (mt)	2,5	
Periodo Osservazione	12 APRILE – 28 SETTEMBRE 2014	
Zona di appartenenza All. 1 DGRT 1025/2010	Costiera	

Poiché la messa in funzione degli analizzatori installati nell'autolaboratorio è stata effettuata in tempi leggermente sfalsati, anche in relazione alla disponibilità delle miscele gas campione di riferimento per le attività di taratura, il periodo di inizio funzionamento degli analizzatori risulta non sovrapposto, ma progressivo, come mostrato nella tabella 1.2 sottostante:

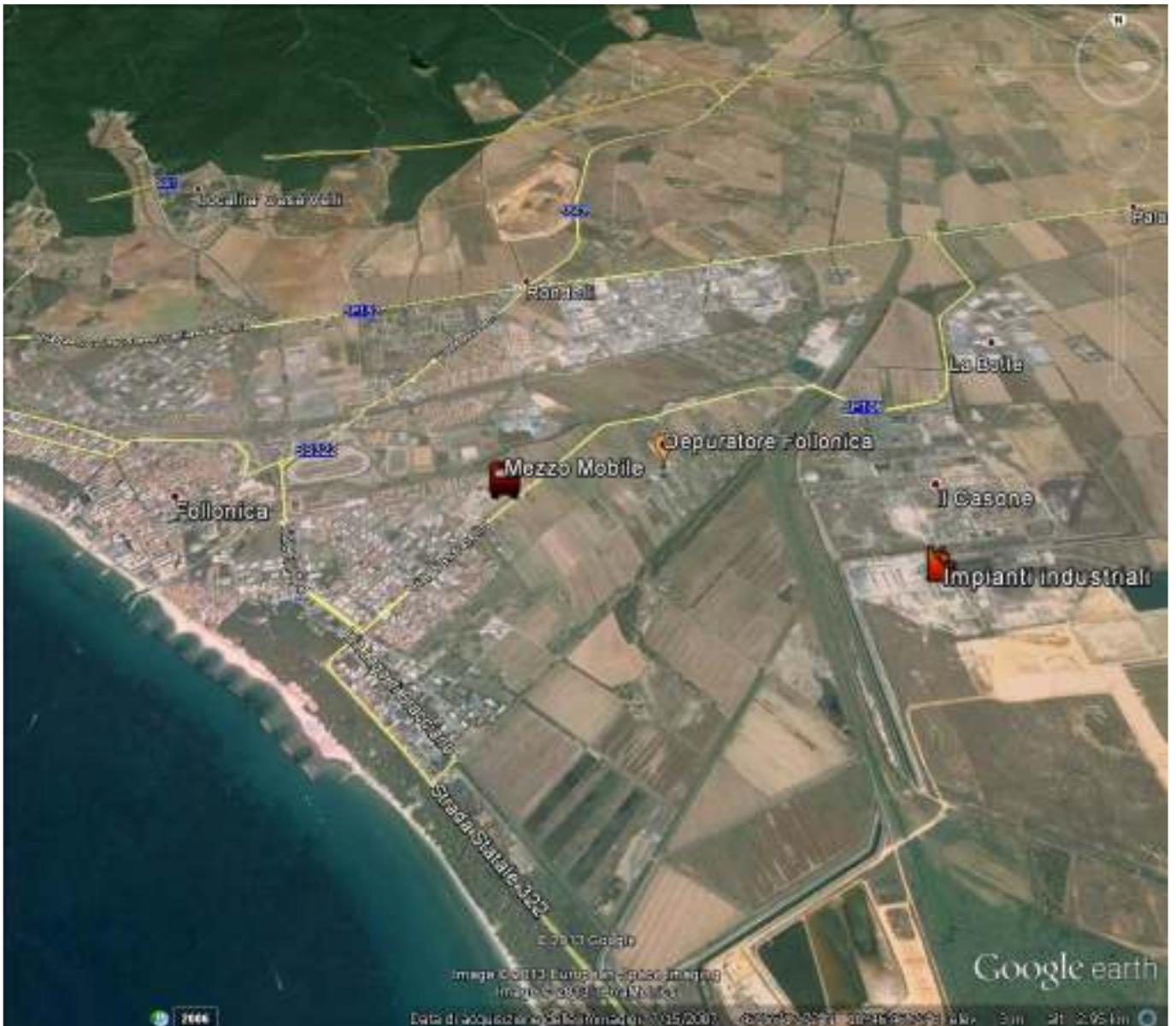
Tabella 1.2 Periodi di disponibilità dei dati

Analizzatore	Periodo di Osservazione
PM10	12 aprile - 28 settembre
SO ₂	16 aprile - 28 settembre
H ₂ S	24 aprile - 28 settembre

Figura 1.1 - localizzazione autolaboratorio



Mappa 1.1 - caratterizzazione geografica della zona e localizzazione della postazione di misurazione



2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio

Il piano di utilizzo definito per la presente campagna di misurazione è stato caratterizzato, sostanzialmente da misurazioni continuative da aprile a settembre 2014.

La legislazione che definisce le linee di indirizzo riguardanti le campagne di monitoraggio mediante mezzi mobili è la seguente:

- allegato I paragrafo 1, tabella 1 D.Lgs. n. 155/2010 e smi;
- punto 4 Deliberazione Giunta Regione Toscana N° 450/2009
- allegato I della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio.

Relativamente alla postazione di Follonica, Via Madre Teresa di Calcutta, sono stati effettuati complessivamente, 170 giorni di misurazione nell'arco di un anno 2014.

La tabella 2.1 mostra i periodi di osservazione della campagna di misurazione effettuata nella postazione di Via Madre Teresa di Calcutta nell'intervallo temporale 12 aprile - 28 settembre 2014:

tabella 2.1 - piano di utilizzo autolaboratorio postazione Follonica via Madre Teresa di Calcutta:

Stagione	Periodo	numero giorni
Primavera	12/4 - 31/5/2014	50
Estate	01/06 - 31/8/2014	92
Autunno	01 - 28/9/2014	28
TOTALE		170

A causa dell'indisponibilità dell'autolaboratorio dovuta a cause esterne (danneggiamento irreparabile dell'autolaboratorio e della strumentazione causa alluvione), non è stato possibile effettuare la campagna di misurazione stagionale relativa all'inverno; considerato tuttavia l'obiettivo della campagna di misurazione, riferito sostanzialmente a valutare disturbi olfattivi, si ritiene che le informazioni messe in evidenza dalla presente campagna, siano da considerarsi esaustive, poiché nella precedente campagna di misurazione effettuata con l'autolaboratorio, le maggiori criticità nella zona erano emerse nel periodo estivo, il quale è stato ampiamente monitorato anche nella presente campagna di misurazione.

3. Inquinanti monitorati

In relazione alle disposizioni della normativa che disciplina la qualità dell'aria ambiente (D.Lgs. 155/2010 e smi), sono stati monitorati i seguenti inquinanti:

- materiale particolato con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (PM10) - CENTS 16450:2012. "Sistemi di misurazione automatizzati per la misura della concentrazione del particolato PM10 in aria ambiente;
- biossido di zolfo (SO₂) - EN 14212:2012 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta;
- idrogeno solforato (H₂S) - Fluorescenza pulsata.

La scheda nell'allegato 3 alla presente relazione, riporta i meccanismi di formazione nonché il significato degli inquinanti misurati nella presente campagna di misurazione.

Per la misura del materiale particolato PM10 è stato utilizzato lo strumento automatico Environnement Mod. MP101 M, n. serie 1727 prodotto dalla ditta Environnement S.A., Francia, basato sul principio di misura dell'attenuazione di raggi β, mezzo di filtrazione rappresentato da nastro in fibra di vetro. Lo strumento non effettua il riscaldamento della linea di prelievo e del filtro di campionamento, i quali sono mantenuti alla temperatura ambiente.

E' stato impiegato il dispositivo di separazione granulometrica PM10 conforme alle specifiche previste della norma tecnica europea UNI EN 12341.

Le caratteristiche tecniche della strumentazione automatica di cui è dotato l'autolaboratorio sono indicate nell'allegato 2.

4. 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 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 anche il 90,4° percentile.

Poiché la normativa vigente che disciplina la qualità dell'aria non prevede prescrizioni per il parametro idrogeno solforato, sono stati considerati i valori soglia indicati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nelle linee guida pubblicate nell'anno 2000.

Lo schema dei limiti previsti dalla normativa per ciascun inquinante è riportata nell'allegato 4.

5. Obiettivo di qualità dei dati

Raccolta minima dei dati

La tabella 5.1 presenta la raccolta minima dei dati per singolo analizzatore relativa al periodo di osservazione dell'intera campagna di misurazione (170 giorni).

La normativa che disciplina la qualità dell'aria (allegato I del D.Lgs. 155/2010) ed il documento "criteri di validazione ed elaborazione degli indicatori relativi agli inquinanti in aria ambiente" previsto dal Documento di Processo di ARPAT riguardante il monitoraggio della qualità dell'aria, 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.

La raccolta minima dei dati è calcolata come percentuale di dati generati e validati rispetto al totale teorico (per es. 24 dati orari per ogni giorno di monitoraggio, che ad esempio, nella presente campagna, comportano per il biossido di zolfo 4008 dati orari teorici). Una parte dei dati è inevitabilmente perduta per le attività di controllo automatico giornaliero, per le tarature periodiche e per le operazioni di manutenzione ordinaria; la perdita dei dati dovuta alle sopracitate attività è stimabile in misura del 5 % sulla base dei dati validi raccolti.

tabella 5.1 raccolta minima dei dati % al netto delle attività di manutenzione e taratura

Postazione	PM10	SO ₂	H ₂ S
Follonica	98	95	90

PM10 = materiale particolato PM10

SO₂ = anidride solforosa

H₂S = idrogeno solforato

Dall'esame dei dati relativi alla raccolta minima dei dati mostrati nella tabella 5.1, traspare che i singoli rendimenti forniti dagli analizzatori automatici impiegati nella presente campagna di misurazione sono da ritenersi buoni (rendimento totale medio della campagna 94 %). La raccolta minima dei dati elaborata per ogni analizzatore risulta conforme ai criteri stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 e smi.

Periodo di minimo di copertura

Poiché la campagna di misurazione è stata caratterizzata da un periodo di osservazione abbastanza ampio, il relativo periodo di copertura (su base annuale) raggiunto, pari al 34 %, risulta conforme ai criteri degli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative dalla legislazione che disciplina la qualità dell'aria (allegato 1 del D.Lgs. 155/2010 e dall'allegato I della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento e del Consiglio Europeo - periodo minimo di copertura di riferimento per le campagne indicative = 14 %).

Le misurazioni indicative sono basate su obiettivi di qualità meno severi di quelli previsti per le misurazioni in stazioni fisse.

6. Dati rilevati nella campagna di misurazione

Nella presente relazione sono riportati gli elaborati grafici relativi a:

- confronto dei risultati con i relativi limiti di legge e valori soglia OMS;
- confronto con i valori rilevati nelle precedenti campagne di misurazione effettuate nel territorio comunale postazioni di Via del Buttero (2011-2012), Via Madre Teresa di Calcutta (settembre-dicembre 2012 e 8 febbraio 2013 – 19 gennaio 2014) e Via Lago di Bracciano;
- confronto con i valori degli indicatori di PM10 registrati dalla stazione fissa di Grosseto – URSS;
- confronto con i valori degli indicatori di biossido di zolfo ed idrogeno solforato registrati dalla stazione fissa di Via Lago di Bracciano ubicata a Follonica appartenente alla rete privata di Scarlino Energia;
- andamenti temporali degli inquinanti monitorati e grafici box-plot;
- giorni tipo biossido di zolfo ed idrogeno solforato;
- andamenti stagionali degli indicatori;
- distribuzione in classi di concentrazione.

Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (μg o mg) per metro cubo di aria (m^3) sono riferiti alla temperatura di 293°K e alla pressione atmosferica di 101.3 kPa ad esclusione del materiale particolato PM10 il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

La tabella sottostante, fornisce quale premessa alla valutazione della qualità dell'aria, un'indicazione del livello medio registrato per ciascun inquinante nella postazione di misurazione.

Tabella 6.1 valori medi annuali postazione Via Madre Teresa di Calcutta 2014

H₂S	PM10	SO₂
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	19	2

H₂S= idrogeno solforato
 PM10 = materiale particolato PM10
 SO₂ = anidride solforosa

6.1 Confronto con i valori limite/soglia definiti dalla normativa e dall'OMS

Periodo di osservazione: dal 12 aprile al 28 settembre 2014.

Indicatori significativi per la salute umana

Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana

INDICATORE	Follonica – Via MT Calcutta 12/04 - 28/09/2014	LIMITE	Scarto % Limite
PM10 Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19	40	-53
PM10 90,4° percentile delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26	50	-48
SO ₂ Max Media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	125	-96
SO ₂ Max Orario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	350	-95
H ₂ S Max Media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9	150*	-94

PM10= materiale particolato PM10

SO₂ = anidride solforosa

H₂S = idrogeno solforato

* Valore guida fissato dalle linee guida 2000 - OMS

La tabella 6.1.1 riassume gli indicatori significativi per la salute umana, le concentrazioni misurate ed i valori limite.

I valori limite si riferiscono al D.Lgs. 155/2010 ed alle linee guida 2000 dell'OMS (per il solo idrogeno solforato) e sono confrontati visivamente nel Grafico 6.1.1

SUPERAMENTI VALORE LIMITE MEDIA GIORNALIERA PM10

Tabella 6.1.2 – numero superamenti Valore Limite media giornaliera PM10

DATA	Valore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Numero superamenti Valore limite periodo 12/4 -28/9/14	Numero superamenti ammessi
20 settembre 2014	57	1	35

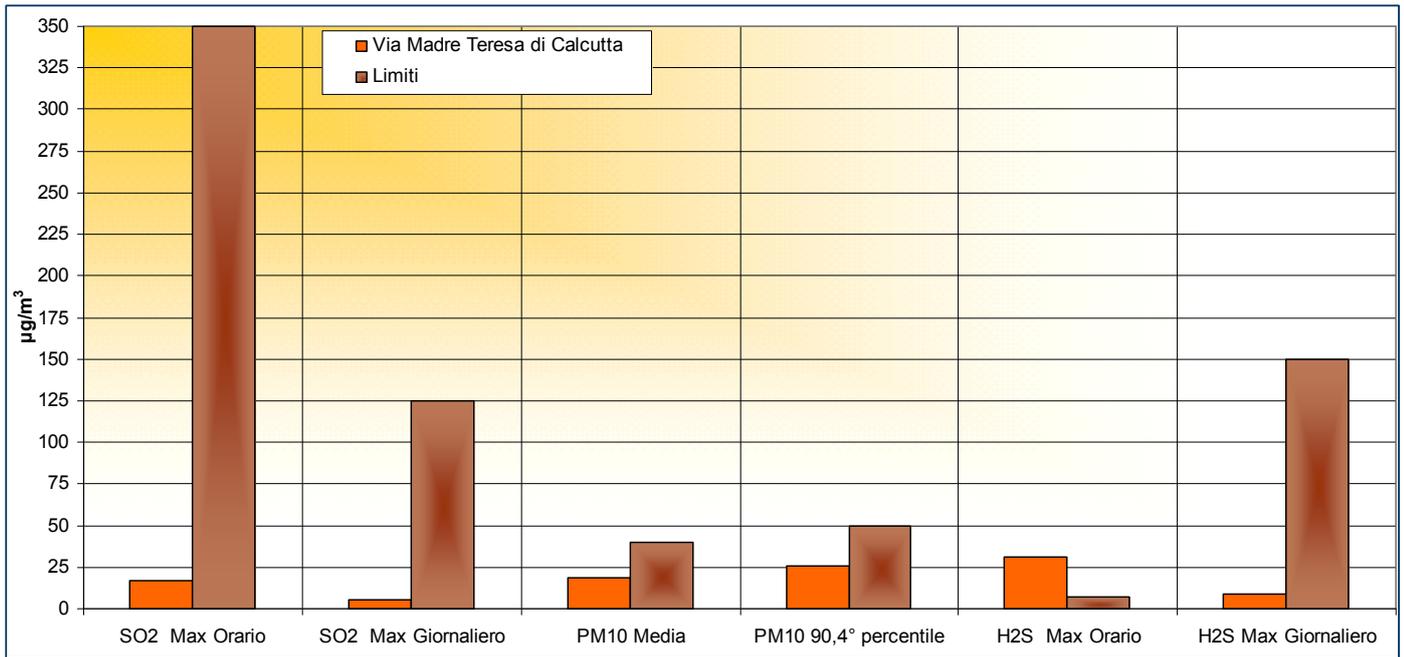
SOGLIA OLFATTIVA IDROGENO SOLFORATO - H₂S (LINEE GUIDA 2000 OMS)

Tabella 6.1.3 - indicatore soglia olfattiva OMS 2000

INDICATORE	Follonica – Via MT Calcutta 24/04 - 28/09/2014
numero superamenti orari soglia olfattiva OMS (7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media 30 minuti)	61

Valore massimo orario del periodo: 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrato il giorno 8 maggio alle ore 22.

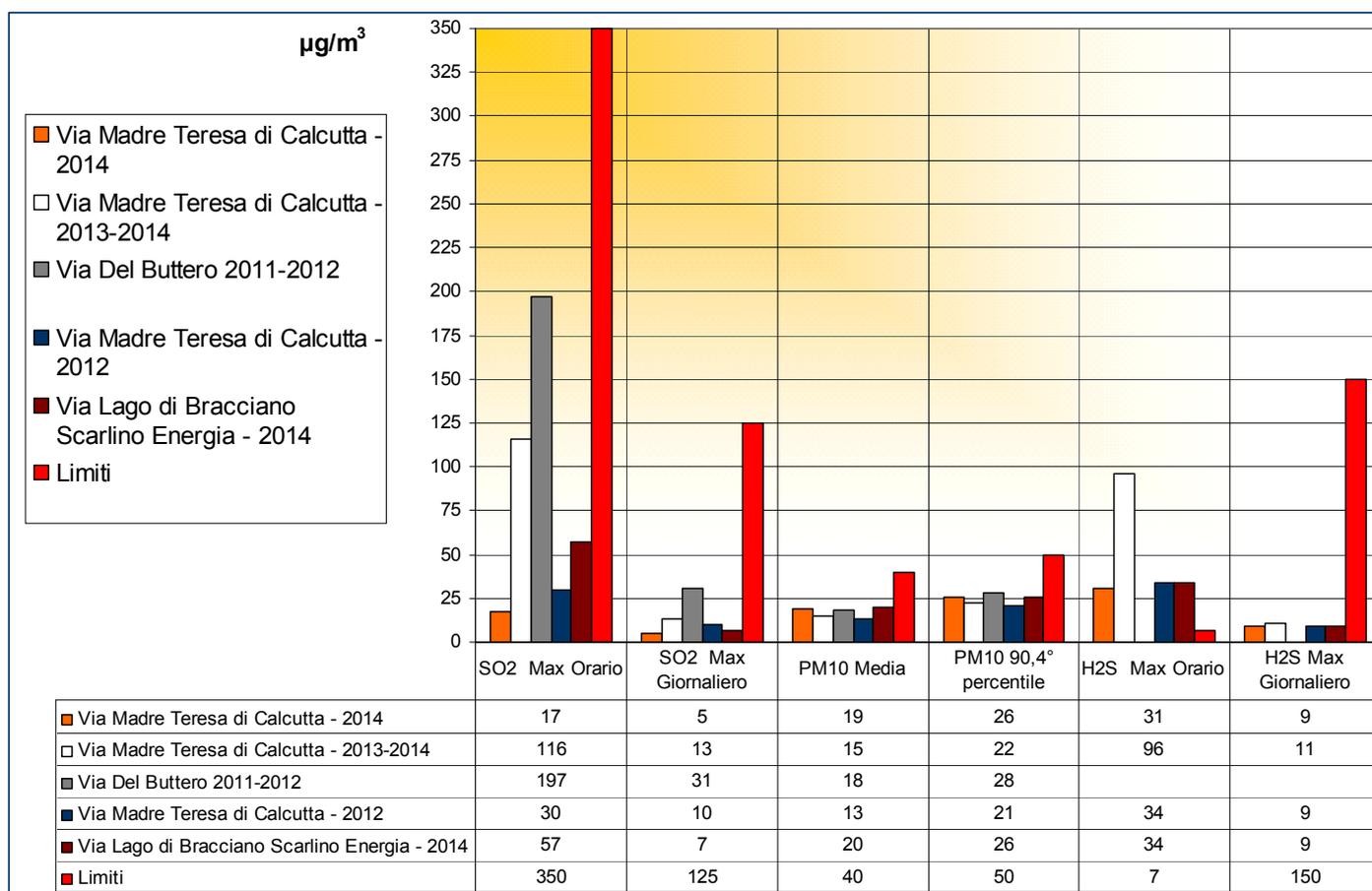
Figura 6.1.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria biossido di zolfo, materiale particolato PM10 ed idrogeno solforato



6.2 Confronto con i valori degli indicatori di altre campagne di misurazione nel territorio comunale

Nel grafico mostrato sotto, si riporta in dettaglio il confronto tra gli indicatori di qualità dell'aria riguardanti il Comune di Follonica relativi alle postazioni di misurazione di Via del Buttero (maggio 2011 – maggio 2012), Via Madre Teresa di Calcutta (7 settembre – 31 dicembre 2012 e 8 febbraio 2013 – 19 gennaio 2014) effettuate con mezzo mobile ed alla stazione fissa di Via Lago di Bracciano (appartenente alla rete di misurazione privata della Società Scarlino Energia).

Grafico 6.2.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria Via Madre Teresa di Calcutta 2014 e campagne Via Del Buttero (2011-2012), Via Madre Teresa di Calcutta (2012) – Via Madre Teresa di Calcutta (2013-2014) – Via Lago di Bracciano - biossido di zolfo, idrogeno solforato e materiale particolato PM10.



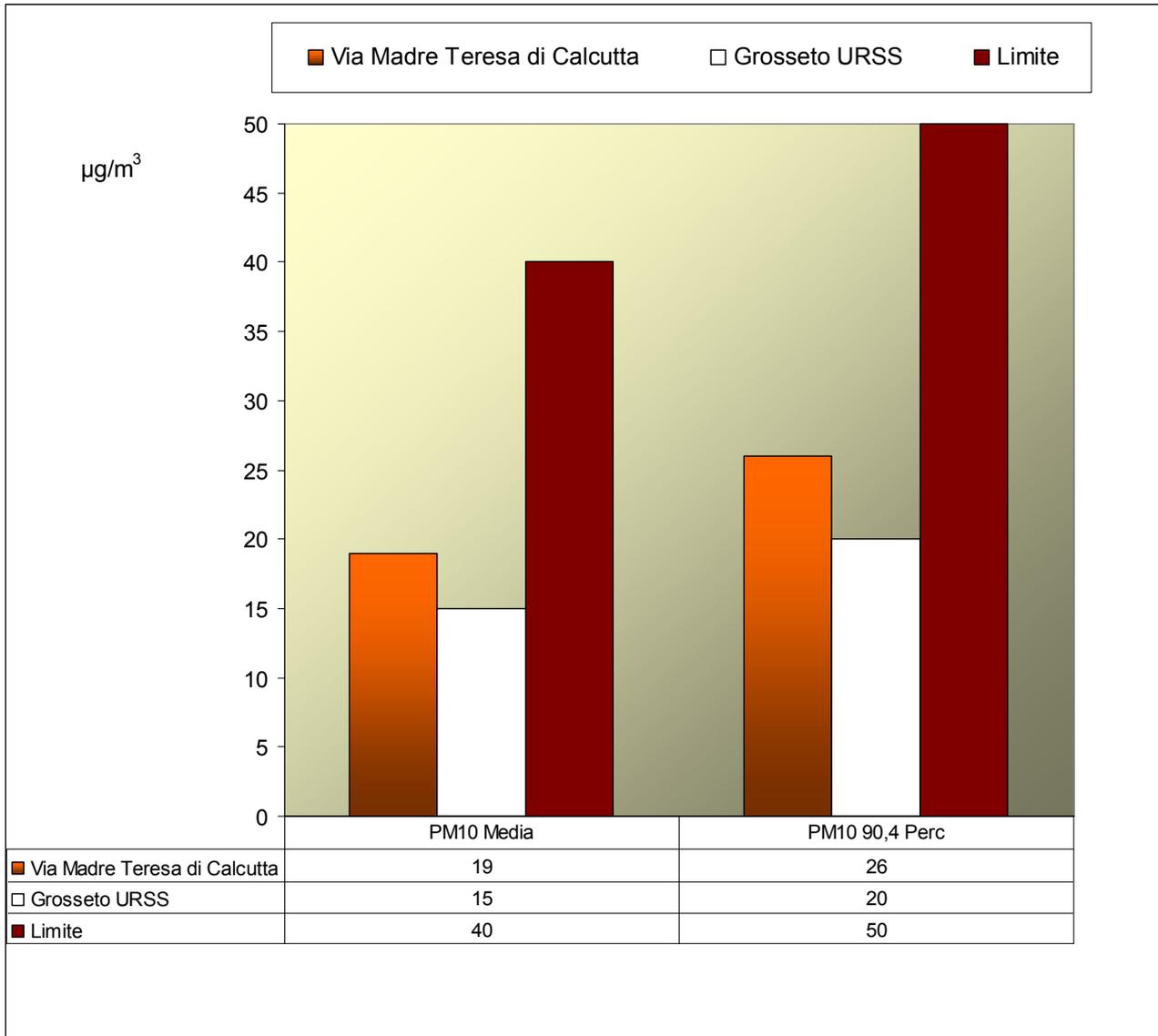
PM10 = materiale particolato PM10

SO₂ = anidride solforosa

H₂S = idrogeno solforato

6.3 Confronto con i livelli rilevati dalla stazione di misurazione di Grosseto URSS

grafico 6.3.1. istogramma valori degli indicatori di PM10 Via Madre Teresa di Calcutta e Grosseto URSS



6.4 Analisi dati meteorologici rilevati durante la campagna di monitoraggio

In relazione ai dati registrati dai sensori meteo di direzione e velocità del vento installati nella stazione di misurazione di Via Lago di Bracciano a Follonica, appartenente alla rete privata di misurazione della qualità dell'aria della società Scarlino Energia e gestita dalla società, sono stati elaborati i grafici polari mostrati sotto che mettono in relazione la direzione del vento e le concentrazioni di biossido di zolfo ed idrogeno solforato rilevati dalla postazione di Via Madre Teresa di Calcutta (mediana e media delle concentrazioni orarie rilevate). 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 nel caso in questione.

Nelle figure che seguono, sono rappresentati i valori delle mediane e delle medie dei dati di concentrazione di biossido di zolfo ed idrogeno solforato rilevati nella campagna di misurazione di Follonica Via Madre Teresa di Calcutta nelle ore caratterizzate da vento proveniente dallo stesso settore; a titolo di confronto, sono riportati anche i valori delle rispettive mediane e medie relative 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).

Grafico 6.4.1 – elaborazione polare medie e mediane SO₂ (µg/m³) - Follonica Via Madre Teresa di Calcutta

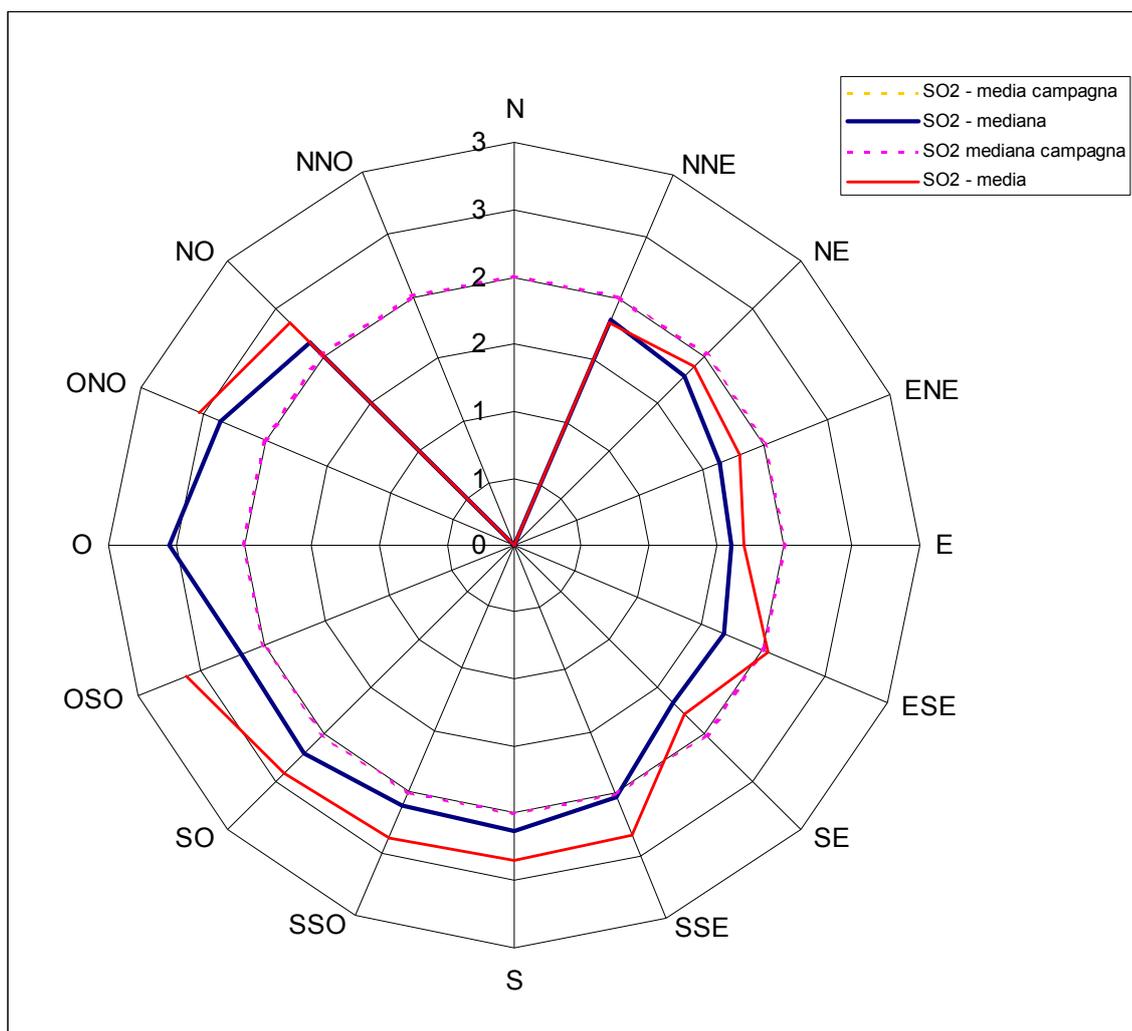
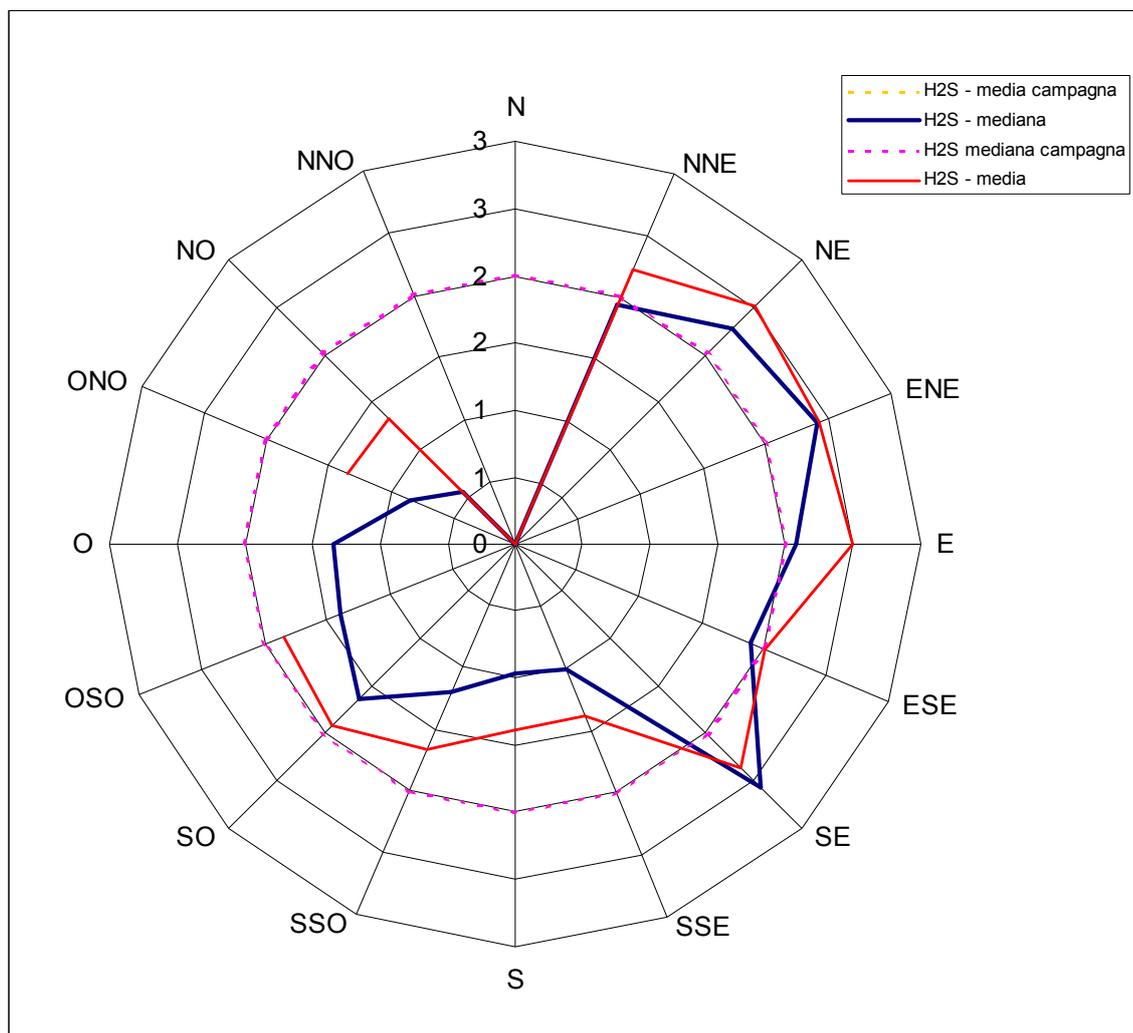


Grafico 6.4.2 – elaborazione polare medie e mediane H₂S (µg/m³) - Follonica Via Madre Teresa di Calcutta



Le elaborazioni polari, mettono in evidenza una peculiarità della rosa dei venti caratterizzata dalla mancanza dei settori di provenienza del vento settentrionali (specialmente Nord e Nord-Nord-Ovest); questa situazione sarebbe da attribuire al contesto urbano della zona di ubicazione della stazione di misurazione, caratterizzato da edifici residenziali elevati che fungono da schermo. Per quanto attiene il biossido di zolfo, si riscontra una distribuzione radiale dei livelli di concentrazione sbilanciata sui settori occidentali, in particolare Ovest, Ovest-Nord-Ovest e Nord-Ovest, mentre per quanto attiene l'idrogeno solforato, risulterebbero più significativi i settori di Nord-Est, Est-Nord-Est e di Sud-Est, nella prevalenza dei casi coerenti all'ubicazione della zona industriale.

7- Valutazione dei risultati

Gli indicatori di qualità dell'aria a tutela della salute umana elaborati nella campagna di misurazione della postazione di Via Madre Teresa di Calcutta sono conformi ai valori limite previsti dalla normativa vigente.

In questo contesto, è stato registrato 1 caso di superamento del valore limite riferito all'indicatore della media giornaliera (57 µg/m³ il 20 settembre 2014) di **materiale particolato PM10** (Tabella 6.1.2). La norma ammette il superamento di questo valore limite nella misura di 35 casi/anno. Poiché la presente campagna di misurazione è stata caratterizzata da una copertura temporale non continuativa (170 giorni su base annuale corrispondente ad un periodo minimo di copertura del 34 %) la verifica di conformità della media giornaliera è stata valutata, in relazione a quanto previsto dalla norma, mediante

l'elaborazione relativa al 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere. Il valore di questo indicatore statistico, pari a 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ risulta conforme al valore limite previsto fissato a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (-48 %).

L'altro indicatore di materiale particolato PM10, relativo alla media annuale, (Tabella 6.1.1) presenta un valore inferiore del 53 % rispetto al valore limite di protezione della salute umana (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Si riscontra inoltre, che per alcuni inquinanti, quali **biossido di zolfo - SO₂** ed **idrogeno solforato - H₂S**, l'ordine di grandezza dei livelli di concentrazione si attesta decisamente al di sotto del 50 % dei rispettivi valori limite (Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana). In particolare, per quanto attiene il biossido di zolfo, sono stati registrati valori massimi orari inferiori al limite (350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) del 95 % e valori massimi giornalieri inferiori al limite (125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) del 96 %.

In merito all'idrogeno solforato, si mette in evidenza che la normativa italiana ed europea che disciplina la qualità dell'aria non ha fissato valori limite a tutela della salute umana per questo agente inquinante, pertanto al fine della valutazione sanitaria, è stato preso a riferimento il Valore Guida stabilito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nelle linee guida pubblicate nell'anno 2000. In questo contesto, in relazione all'indicatore riguardante il valore massimo giornaliero, è stato registrato un valore massimo di 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore al valore limite (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) del 94 %.

Per quanto attiene il disturbo olfattivo, le linee guida OMS - 2000 citate sopra, hanno fissato anche una soglia olfattiva riferita al tempo di mediazione di 30 minuti pari a 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Si evidenzia che il tempo di mediazione minimo in cui sono espressi i dati di qualità dell'aria dagli acquisitori locali di stazione (computer industriali che acquisiscono, memorizzano ed archiviano su base locale i dati misurati dagli analizzatori) appartenenti al sistema di misura della qualità dell'aria della toscana ed anche del mezzo mobile dell'Amministrazione provinciale di Grosseto, è di 60 minuti, e pertanto, le valutazioni in merito al rispetto della soglia olfattiva sono da ritenersi indicative (il tempo di mediazione orario, rispetto a quello previsto per la soglia olfattiva da OMS potrebbe fornire informazioni in difetto). Tuttavia, il raffronto con dati registrati in altre zone (postazioni di misurazione di COOP e Cerri della zona di Santa Croce sull'Arno in Provincia di Pisa), caratterizzati dallo stesso tempo di mediazione orario, potrà consolidare maggiormente la valutazione del contesto olfattivo della zona in oggetto. Nella presente campagna di misurazione, è stato registrato un valore massimo orario di 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, circa 4 volte più elevato della rispettiva soglia olfattiva. Complessivamente, sono stati registrati 61 valori orari superiori alla soglia olfattiva, che, riferiti all'intera campagna di misurazione, rappresentano l'1,9 % dei casi; questi eventi sono stati registrati maggiormente nel mese di maggio 2014 (56 % dei casi).

Nella postazione di Cerri, è stato raggiunto nel periodo di osservazione 2014 (20 maggio - 18 novembre 2014), il valore massimo orario di 517 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ed un numero di superamenti della soglia olfattiva (156) pari al 3,6 %; la stazione suburbana di fondo di S.Croce-COOP presa a riferimento per la zona, ha registrato un valore massimo orario di 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nonché 24 superamenti della soglia olfattiva OMS, pari al 0,5 % dei casi sul periodo.

La valutazione degli andamenti temporali dell'idrogeno solforato, riferiti alle precedenti campagne di misurazione, mette in rilievo una diminuzione significativa dei valori massimi orari rispetto ai dati della campagna 2013-2014 di Via Madre Teresa di Calcutta ed un avvicinamento ai livelli registrati dalla stazione di fondo di Santa Croce Sull'Arno; la differenza sostanziale rispetto alla stazione di fondo di Santa Croce sull'Arno è data dalla consistenza degli episodi acuti relativi ai valori massimi orari superiori alla soglia olfattiva OMS, più elevati di circa 2,6 volte nella postazione di Follonica.

In merito alle campagne di misurazione effettuate nel territorio comunale (Via del Buttero periodo di osservazione 2011-2012, Via Madre Teresa di Calcutta settembre-dicembre 2012 - e 2013-2014, Via Lago di Bracciano aprile - settembre 2014 mostrati nella Tabella di figura 6.2.1), sotto il profilo spaziale, si rilevano livelli di concentrazione più elevati di biossido di zolfo

nella postazione di misurazione di Via Lago di Bracciano (Via Madre Teresa di Calcutta: -49 % scarto medio; gli scarti più significativi sono riferiti al valore massimo orario caratterizzato da uno scarto di -70 %) e valori sostanzialmente equivalenti o quasi, per il materiale particolato PM10 (allegato 1 – grafico delle differenze 1.6.3) e per l'idrogeno solforato. La differenza tra i livelli di concentrazione orari di biossido di zolfo ed idrogeno solforato delle due stazioni, è messa bene in rilievo nelle relative elaborazioni sugli andamenti temporali (allegato 1 – grafici 1.6.4-5), nelle quali sono evidenziati numerosi livelli di picco registrati dalla stazione di Via Lago di Bracciano.

Sotto il profilo temporale, analizzando le precedenti campagne di misurazione effettuate in Via Madre Teresa di Calcutta (nel periodo di osservazione settembre-dicembre 2012 e nel periodo di osservazione 2013-2014) gli indicatori statistici indicano, da una parte una rilevante diminuzione dei livelli di biossido di zolfo (-73 %) ed idrogeno solforato (-43 %), e dall'altra un incremento dei livelli di PM10 (+22 %). I decrementi più significativi riguardano proprio gli indicatori relativi al tempo di medie orarie (biossido di zolfo -85 %; idrogeno solforato -68 %), maggiormente correlabili ad inconvenienti di natura olfattiva.

Raffronto con i livelli registrati dalla stazione di misurazione fissa di Grosseto - URSS

Per quanto attiene i valori degli indicatori di qualità dell'aria (grafico 6.3.1. - allegato 1 – grafico delle differenze 1.6.2), la postazione di Via Madre Teresa di Calcutta presenta valori di PM10 superiori alla stazione di fondo urbana di Grosseto URSS, sia per quanto attiene l'indicatore della media annuale (+27 %), sia per quanto attiene l'indicatore del 90,4° percentile (+30 %).

Dal punto di vista temporale, tenendo a riferimento il confronto fra i valori registrati dalle due stazioni nella precedente campagna di misurazione 2013-2014, si rileva che gli incrementi di PM10 registrati dalla postazione di Via Madre Teresa di Calcutta hanno determinato un cambiamento di relazione con la stazione di URSS, caratterizzato dal passaggio da valori leggermente più bassi nella campagna 2013-2014 (mediamente -10 %) a valori più alti nella campagna 2014 (mediamente +28 %). La stazione di URSS ha mantenuto stabili i livelli di PM10 nel biennio 2013-2014.

In relazione alle elaborazioni grafiche dei valori medi giornalieri di PM10 effettuate con la sopraccitata stazione fissa, riguardanti il raffronto fra gli andamenti temporali (grafico 1.4.2.) e di correlazione (grafico 1.5.1.), si rileva che le variazioni temporali dei livelli di concentrazione sono caratterizzate dagli stessi andamenti e che le correlazioni sono definite da buoni coefficienti di correlazione ($R^2 = 0,70$).

Andamenti temporali

Gli andamenti dei valori orari e giornalieri (Allegato 1, grafici 1.2.1-3), mettono in rilievo, la presenza di livelli di concentrazioni più elevati in determinati periodi: si rilevano ad esempio medie giornaliere più significative nei mesi di maggio e settembre per il materiale particolato PM10. In particolare, nel mese di settembre è stato registrato un caso di superamento del valore limite fissato per l'indicatore della media giornaliera nel giorno 20 settembre 2014.

I dati orari di biossido di zolfo registrati nei mesi di maggio e luglio sono più elevati (attorno a $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$) degli altri mesi, i quali sono invece distribuiti sostanzialmente attorno al valore di $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sotto il profilo temporale, i livelli orari più elevati di idrogeno solforato ($31 \mu\text{g}/\text{m}^3$) si riferiscono sostanzialmente ai mesi di aprile e maggio 2014; a partire dal mese di giugno i livelli massimi si sono distribuiti attorno al valore di $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in controtendenza agli andamenti del precedente anno, contraddistinti dalla presenza di livelli orari significativi in un ampio periodo prevalentemente estivo (da giugno a settembre 2013 – valore massimo orario raggiunto: $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 23 agosto alle ore 1).

Sostanzialmente speculari a quanto rilevato sopra le variazioni stagionali degli indicatori di qualità dell'aria (Allegato 1, grafico 1.4.1), giacché si registra da un lato, la tendenza all'incremento nella stagione dell'autunno per il PM10, e dall'altro la tendenza al decremento a partire dall'estate per il biossido di zolfo e l'idrogeno solforato.

Distribuzione dei livelli di concentrazione – grafici box-plot

Gli indicatori di sintesi (Allegato 1, tabella 1.1.1) mensili mettono in evidenza una distribuzione dei dati asimmetrica per biossido di zolfo ed idrogeno solforato.

I grafici box-plot (Allegato 1, grafici 1.1.1-3) mettono in rilievo la presenza di livelli massimi di materiale particolato nel mese di settembre, di biossido di zolfo nei mesi di aprile e luglio, e di idrogeno solforato nel mese di maggio.

Distribuzione in classi di concentrazione

La prevalenza degli inquinanti presenta la massima distribuzione dei livelli di concentrazione nelle categorie caratterizzate dai valori più bassi, significativamente distanti dai relativi valore limite o soglia a tutela della salute umana (Allegato 1, grafici 1.5.1-3). Non segue questa distribuzione il materiale particolato PM10, poiché è registrato un andamento più simmetrico attorno alla classe di concentrazione dalla frequenza più elevata.

Giorno tipo

Dalle elaborazioni inerenti il giorno tipo (Allegato 1, 1.3.1-2) si rileva:

- biossido di zolfo – andamenti caratteristici nel quale sono ben evidenti i livelli medi massimi stagionali caratterizzati, da una parte, da valori più elevati alla mattina, e dall'altra da valori più elevati nel tardo pomeriggio; in particolare si registra la presenza di livelli di picco più elevati al mattino nella fascia oraria 9 – 10 nella stagione della primavera e nella fascia oraria 17 – 19 per le stagioni dell'estate e dell'autunno. Si rileva pertanto una dicotomia riguardante la distribuzione della fascia oraria nel quale si verifica il valore massimo per le stagioni dell'estate e dell'autunno rispetto a quella della primavera, quest'ultima più allineata agli andamenti medi stagionali registrati nella precedente campagna di misurazione 2013-2014;
- idrogeno solforato – gli andamenti stagionali sono caratterizzati da andamenti simili contraddistinti da livelli massimi nelle fasce orarie 3 - 9 e 20 – 24 e livelli minimi nella fascia oraria 16 – 19. Cambiano tuttavia i livelli medi di concentrazione, poiché nella stagione della primavera i valori sono tendenzialmente più elevati e con livelli di picco ben evidenti: la stagione dell'estate risulta essere invece quella caratterizzata dai livelli medi più bassi, in controtendenza rispetto alle stesse elaborazioni della campagna precedente 2013-2014 nel quale i livelli medi più elevati appartenevano proprio alla stagione estiva.

8 - Considerazioni riassuntive e finali

I valori degli indicatori di qualità dell'aria misurati nella postazione di Via Madre Teresa di Calcutta sono conformi ai relativi valori limite finalizzati alla tutela della salute umana.

Nel dettaglio, gli indicatori relativi al materiale particolato PM10 si assestano, mediamente, su livelli inferiori ai relativi valori limite del 50 %, mentre quelli del biossido di zolfo ed idrogeno solforato, su livelli inferiori ai relativi valori limite o guida fissato dall'OMS di oltre il 90 %.

E' registrato un caso di superamento del valore limite per l'indicatore della media giornaliera di PM10 (rilevato il giorno 20 settembre 2014); in questo caso tuttavia, la norma ammette che questo indicatore possa essere superato nella misura di 35 casi/anno. La relativa valutazione, prevista per le misure indicative, è stata realizzata mediante l'analisi dell'indicatore relativo al 90,4° percentile delle concentrazioni medie giornaliere, il quale risulta conforme al relativo valore limite (-48 %).

Per quanto attiene gli aspetti connessi al disturbo olfattivo, sono stati registrati 61 valori orari (pari al 1,9 % dei dati complessivi della campagna di misurazione) di idrogeno solforato superiori alla soglia olfattiva definita dall'OMS; il mese di maggio è stato quello più significativo.

Il valore orario più elevato ($31 \mu\text{g}/\text{m}^3$) superiore di circa 4 volte il limite OMS, è stato registrato il giorno 8 maggio alle ore 22. Il raffronto di questo contesto con quello riscontrato nella zona delle concerie di Santa Croce sull'Arno (Pisa) postazione Cerri, mette in rilievo la presenza di un numero di casi di superamento della soglia olfattiva più consistenti nella postazione di Cerri (3,6 % sul periodo), i quali hanno raggiunto il valore massimo orario di $517 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Se spostiamo invece il confronto sulla stazione di fondo della zona di Santa Croce (stazione Santa Croce - Coop), sono evidenziati livelli di concentrazione massimi orari equivalenti, ma un numero di superamenti della soglia olfattiva OMS più elevato a Follonica (Santa Croce - Coop = 0,5 %; Follonica = 1,9 %).

In considerazione dei valori degli indicatori relativi ad altre campagne di rilevamento effettuate nel territorio comunale mediante mezzo mobile, sia da ARPAT (postazione di misurazione di Via del Buttero periodo di osservazione maggio 2011 - maggio 2012 e postazione Via Madre Teresa di Calcutta periodi di osservazione settembre - dicembre 2012 e febbraio 2013 - gennaio 2014), che da reti private (stazione di Via Lago di Bracciano - rete Società Scarlino Energia), si rileva, dal punto di spaziale (stazioni di Via Madre Teresa di Calcutta e Via Lago di Bracciano), un contesto per l'anno 2014 caratterizzato, da una parte, da valori degli indicatori sostanzialmente equivalenti di PM10 o quasi (poco inferiori) di idrogeno solforato, e dall'altra, da valori più bassi di biossido di zolfo (-49 %) nella postazione di Via Madre Teresa di Calcutta. Considerazioni sulle variazioni temporali sul medio - lungo termine riferite alle precedenti campagne di misurazione di Via Madre Teresa di Calcutta (periodi di osservazione 2012 e 2013 -2014), mettono invece in evidenza una progressiva riduzione dei valori di biossido di zolfo (-73 % riferiti alla campagna 2013-2014) e di idrogeno solforato (-43 % riferiti alla campagna 2013-2014) ed un incremento dei valori di materiale particolato PM10 (+22 % riferiti alla campagna 2013-2014).

Rispetto alla stazione di misurazione fissa di rete regionale di Grosseto URSS (urbana - fondo), la valutazione dei dati puntuali (giornalieri) e degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione) mette in rilievo la presenza di valori di PM10 più bassi a Grosseto URSS, caratterizzati sostanzialmente dallo stesso andamento temporale; i valori degli indicatori elaborati per l'interno anno 2014 dalla stazione fissa di Grosseto URSS hanno fornito una situazione di conformità ai rispettivi valori limite ed una sostanziale invarianza rispetto ai dati del 2013. Sotto il profilo temporale, si rileva una discontinuità nella relazione tra le due stazioni poiché la postazione di misurazione di Via Madre Teresa di Calcutta, è passata da livelli più bassi di PM10 (-10 %) nella campagna 2013-2014, e livelli più alti (+28 %) nella campagna 2014.

L'elemento di maggior rilievo della presente campagna di misurazione è dato dalla riduzione dei livelli massimi di biossido di zolfo ed idrogeno solforato, i quali, rispetto alla precedente campagna di misurazione, registrano decrementi significativi (biossido di zolfo -85 %; idrogeno solforato -68 %). Le elaborazioni relative al giorno tipo da una parte, e quelle box plot e degli andamenti stagionali degli indicatori dall'altra, mettono in evidenza un cambiamento di tendenza, a partire dal mese di giugno 2014, sia per quanto riguarda la presenza delle fasce orarie in cui si presentano i massimi, sia per quanto riguarda i livelli di concentrazione di picco. Specificatamente per l'idrogeno solforato, i livelli massimi registrati si presentano nelle ore notturne.

Allegati

Allegato 1. Elaborazioni integrative

1.1 Andamenti temporali – grafici box plot

Il box plot o diagramma a scatola e baffi, è un grafico, relativo a caratteri quantitativi, ottenuto a partire dai 6 numeri di sintesi [minimo, 1° quartile (Q1), mediana, media, 3° quartile (Q3), massimo] – che descrive le caratteristiche salienti della distribuzione. Si ottiene riportando su un asse verticale i 6 numeri di sintesi. La scatola del box plot ha come estremi inferiore e superiore rispettivamente Q1 e Q3. La mediana divide la scatola in due parti.

Confrontando tra loro le lunghezze dei due baffi (che rappresentano le distanze tra Q1 e il minimo e tra Q3 e il massimo) e le altezze dei due rettangoli che costituiscono la scatola (che rappresentano le distanze tra Q1 e mediana e tra mediana e Q3) si ottengono informazioni sulla simmetria della distribuzione: questa è tanto più simmetrica quanto più le lunghezze dei baffi risultano simili tra loro e le altezze dei due rettangoli risultano simili tra loro.

I baffi mettono inoltre in evidenza la presenza di eventuali outliers (osservazioni eccezionali).

La tabella sottostante visualizza gli indicatori di sintesi elaborati su base annuale per materiale particolato PM10 (medie giornaliere), biossido di zolfo (medie orarie) e idrogeno solforato (medie orarie).

Tabella 1.1.1 indicatori di sintesi materiale particolato PM10, biossido di zolfo ed idrogeno solforato

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10	SO ₂	H ₂ S
1° Quartile	15	1	1
Minimo	2	0,1	0,2
Media	19	2	2,3
Mediana	18	2	1,9
Massimo	57	17	31
3° Quartile	22	3	3
Deviazione standard	7	1	2,1

PM10= materiale particolato PM10

SO₂ = anidride solforosa

H₂S = idrogeno solforato

grafico 1.1.1 grafici box plot materiale particolato PM10

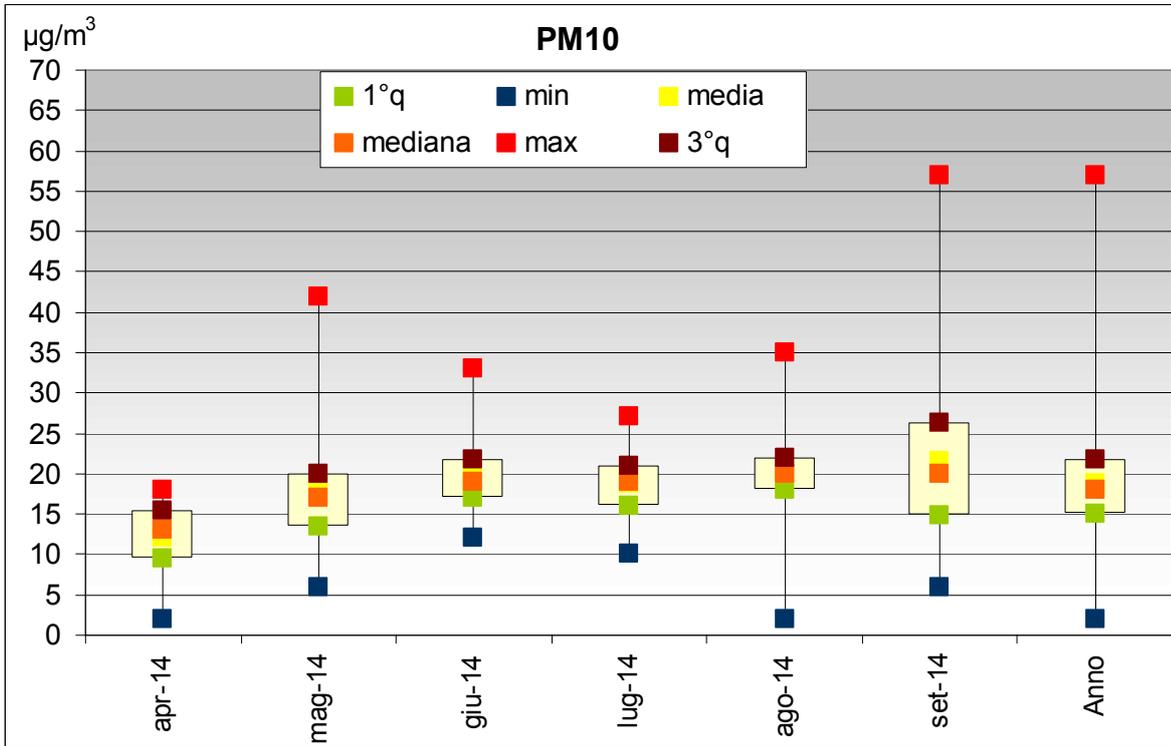


grafico 1.1.2 grafici box plot biossido di zolfo - SO₂

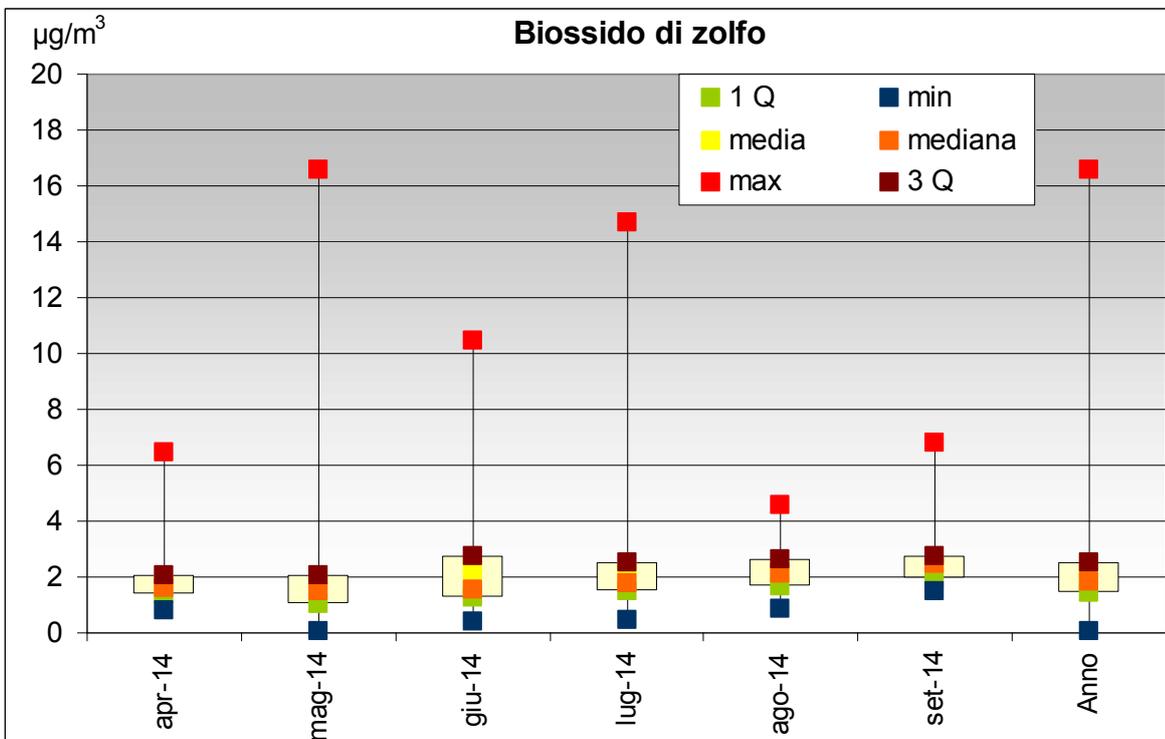
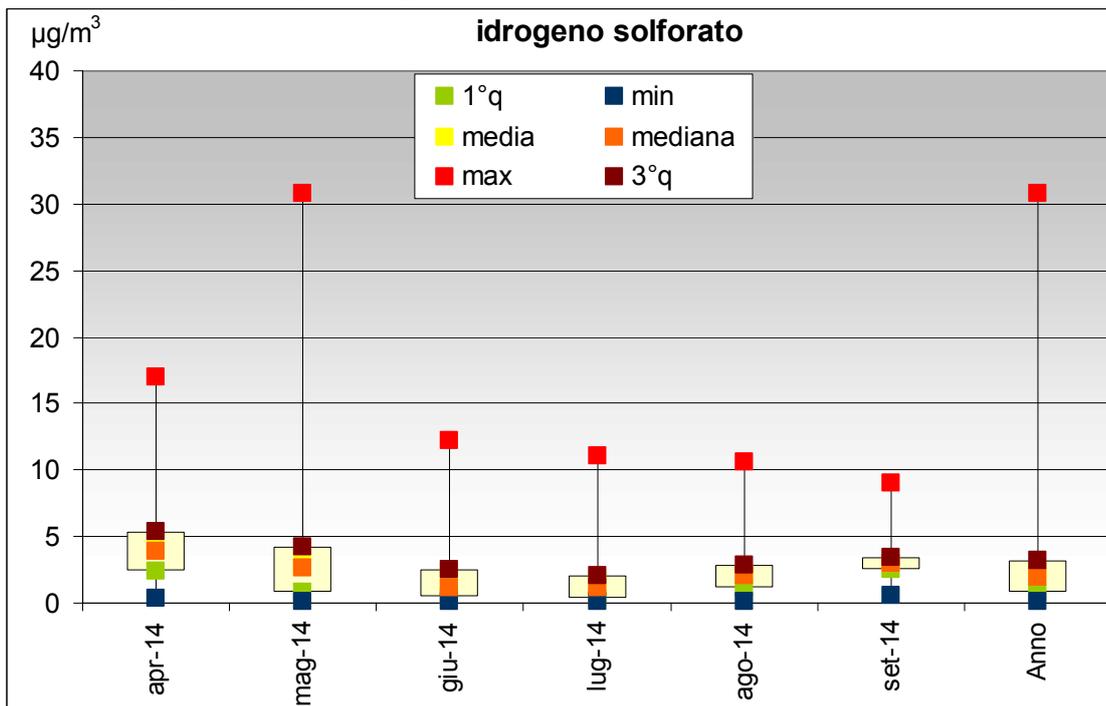


grafico 1.1.3 grafici box plot idrogeno solforato - H₂S



1.2 Andamenti orari e giornalieri dei livelli di concentrazione

Le presenti elaborazioni grafiche sono state predisposte impostando, per la prevalenza degli inquinanti, i valori di fondo scala dei livelli di concentrazione (asse delle ordinate) pari al valore limite a tutela della salute umana dell'indicatore dell'inquinante considerato ad esclusione dell'idrogeno solforato il cui tempo di mediazione dei valori elaborati, è differente dal tempo di mediazione che esprime il valore soglia.

grafico 1.2.1 andamenti orari biossido di zolfo

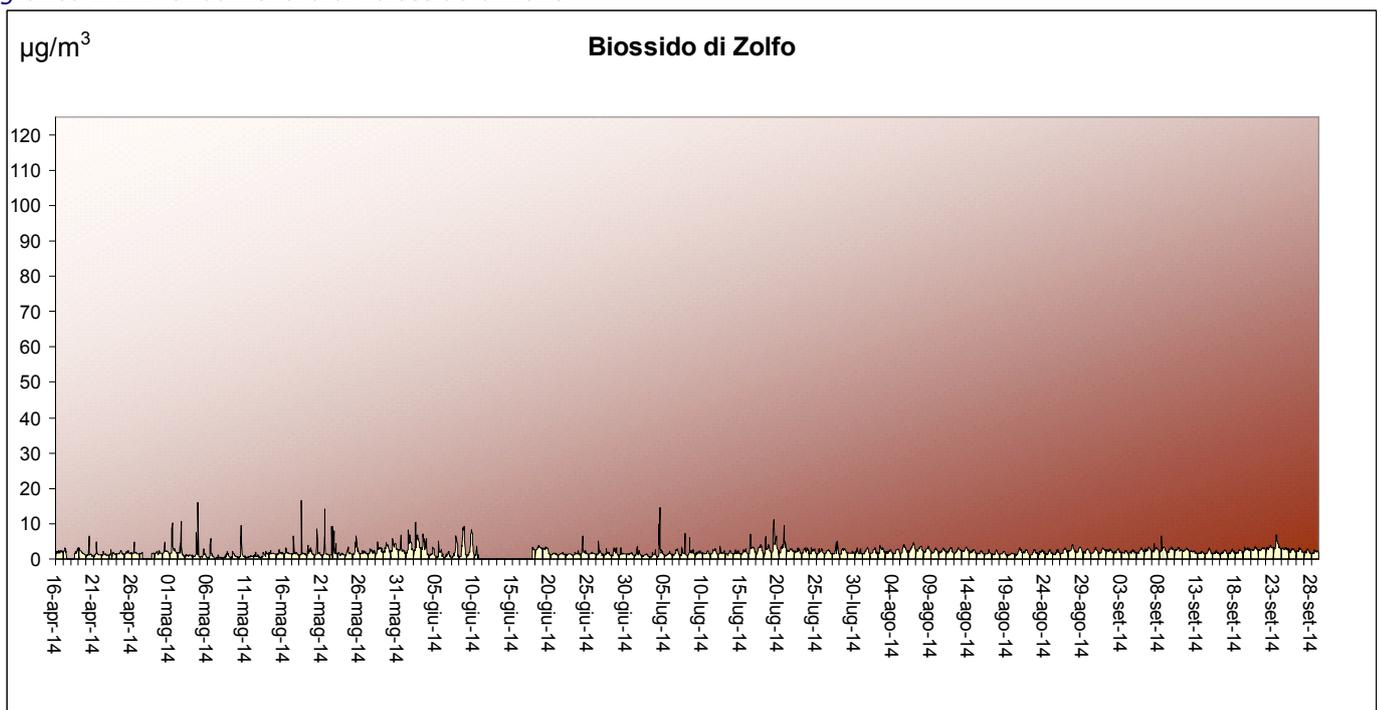


Grafico 1.2.2 andamenti orari idrogeno solforato - H₂S

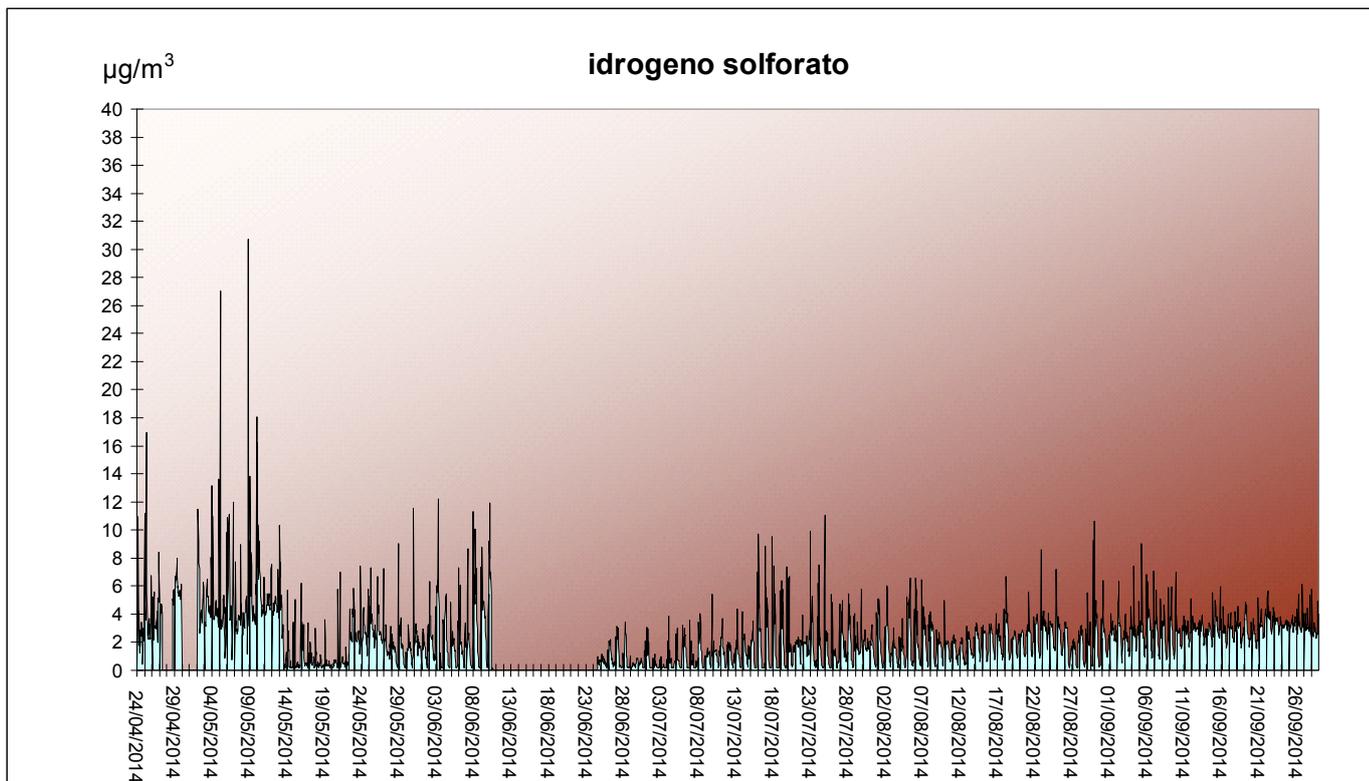
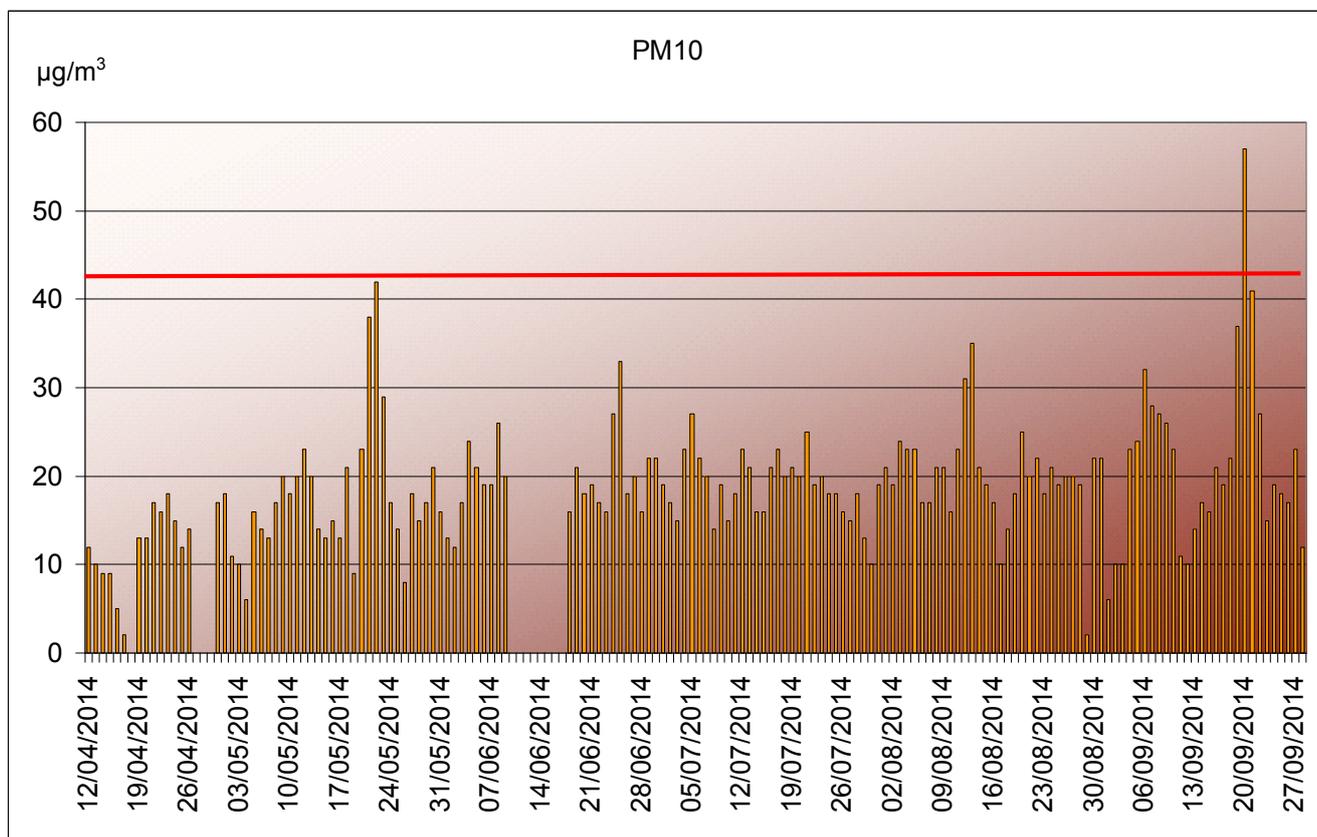


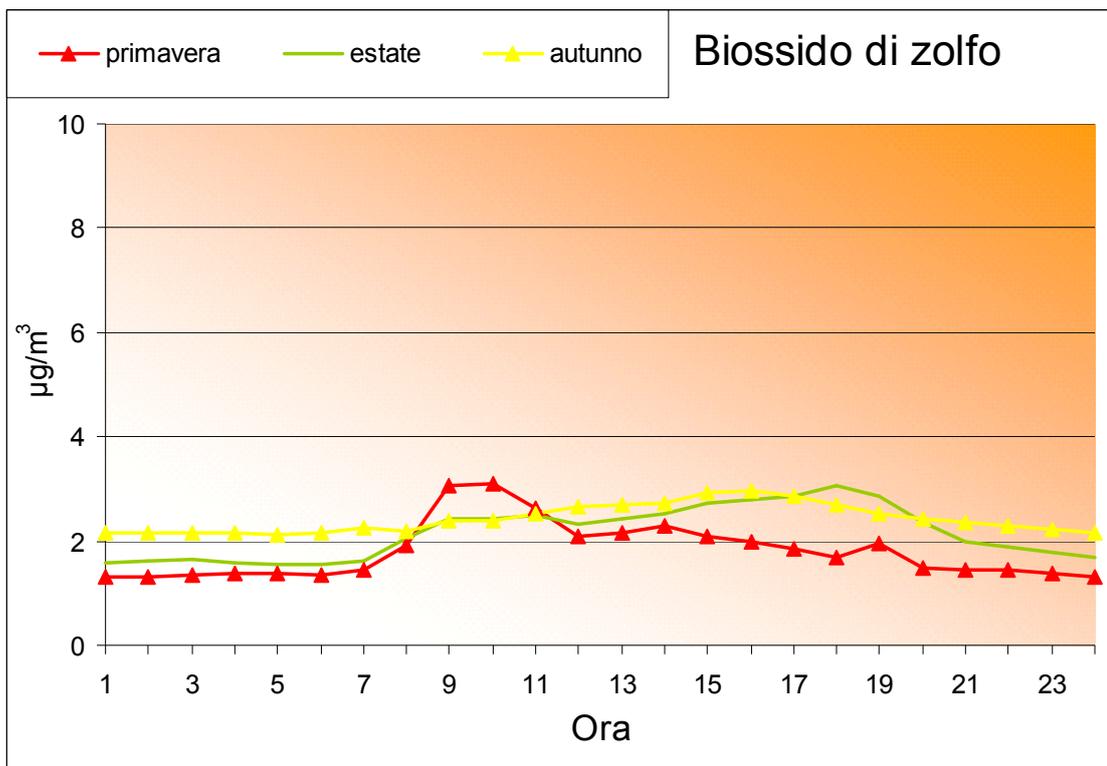
grafico 1.2.3 andamenti giornalieri materiale particolato PM10



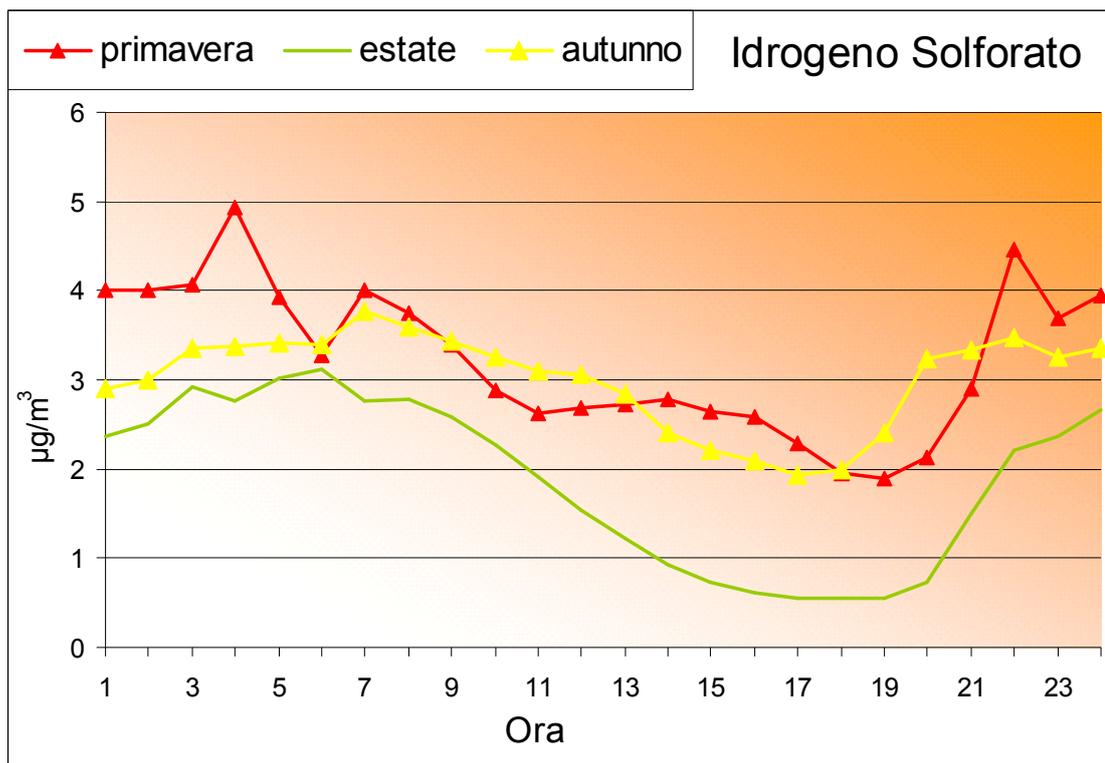
1.3 Giorni tipo

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, evidenziando la presenza di situazioni caratteristiche del contesto dell'aria ambiente della zona. In questa elaborazione, 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).

1.3.1 grafico giorno tipo biossido di zolfo

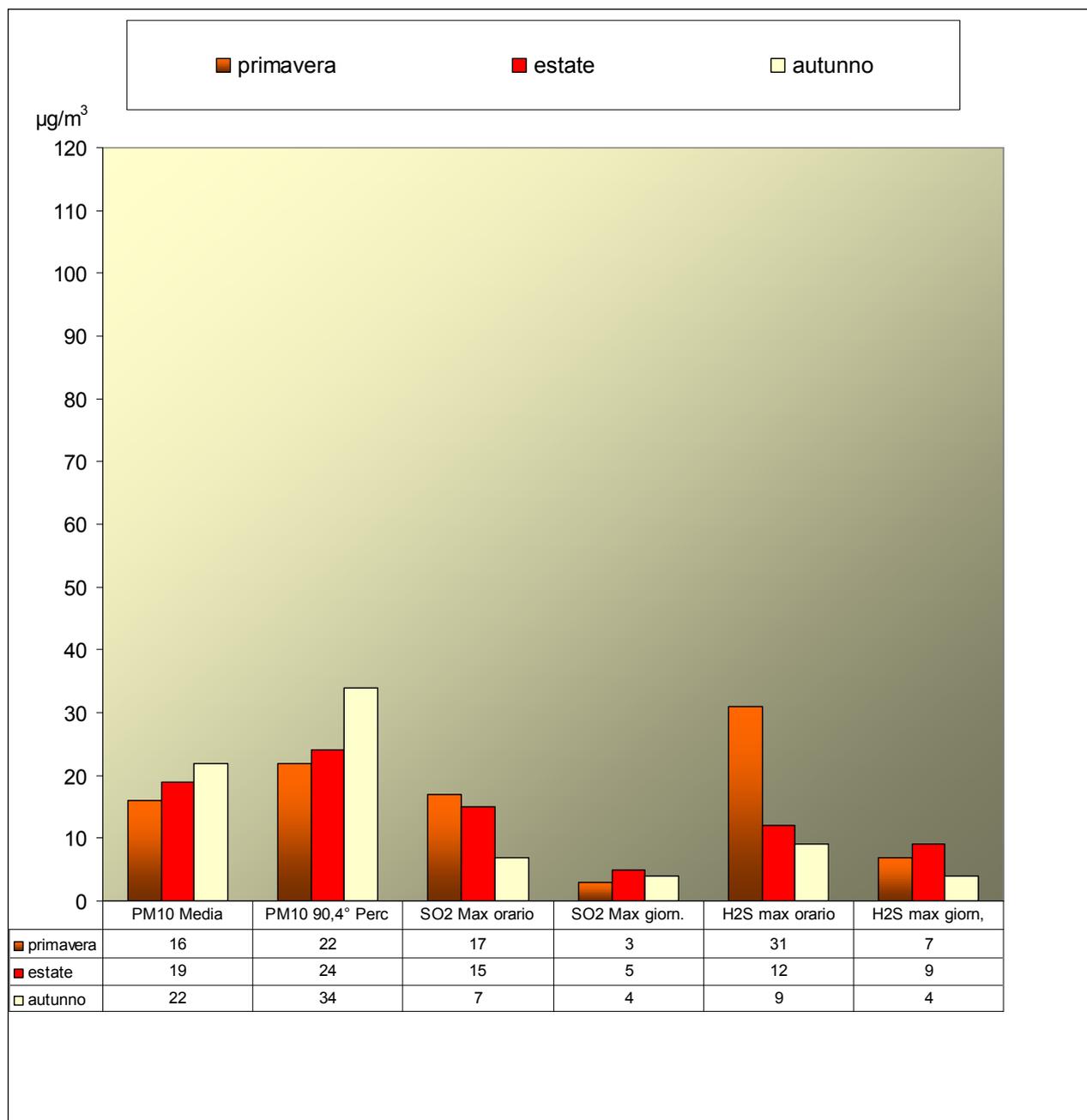


1.3.2 grafico giorno tipo idrogeno solforato



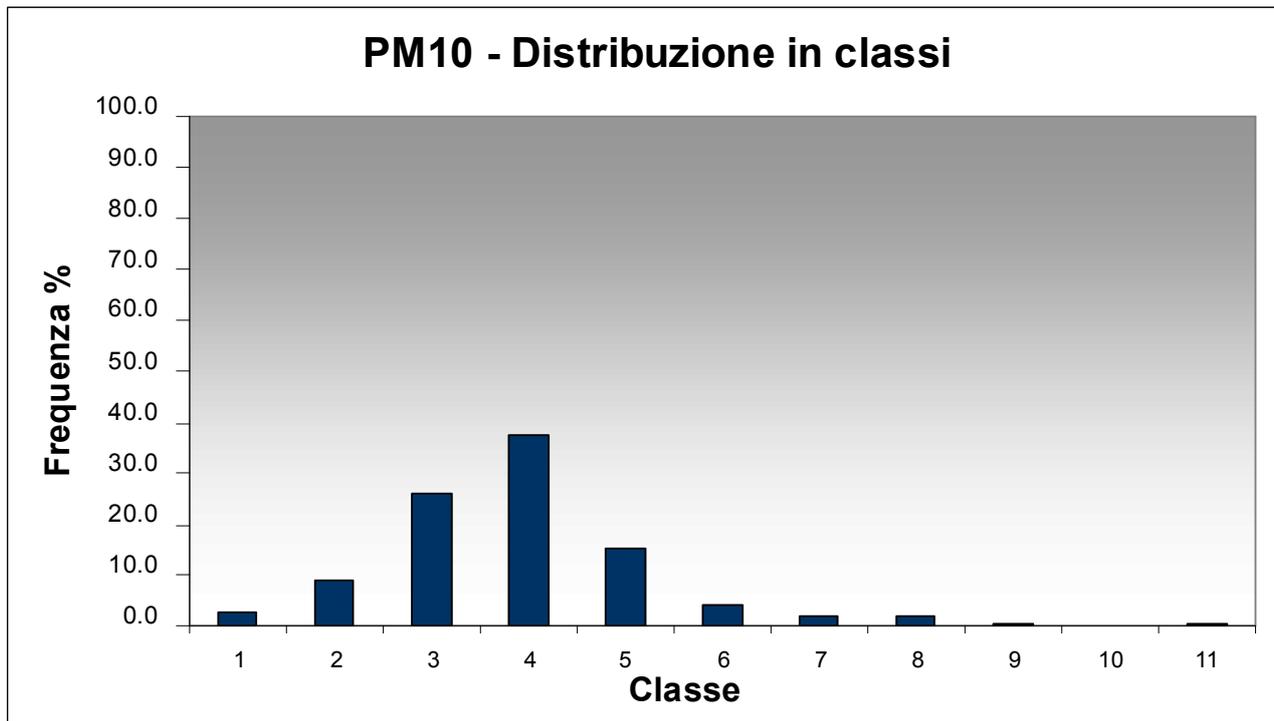
1.4 Andamenti stagionali 2014

grafico 1.4.1. istogramma andamenti stagionali indicatori biossido di zolfo, PM10 ed idrogeno solforato



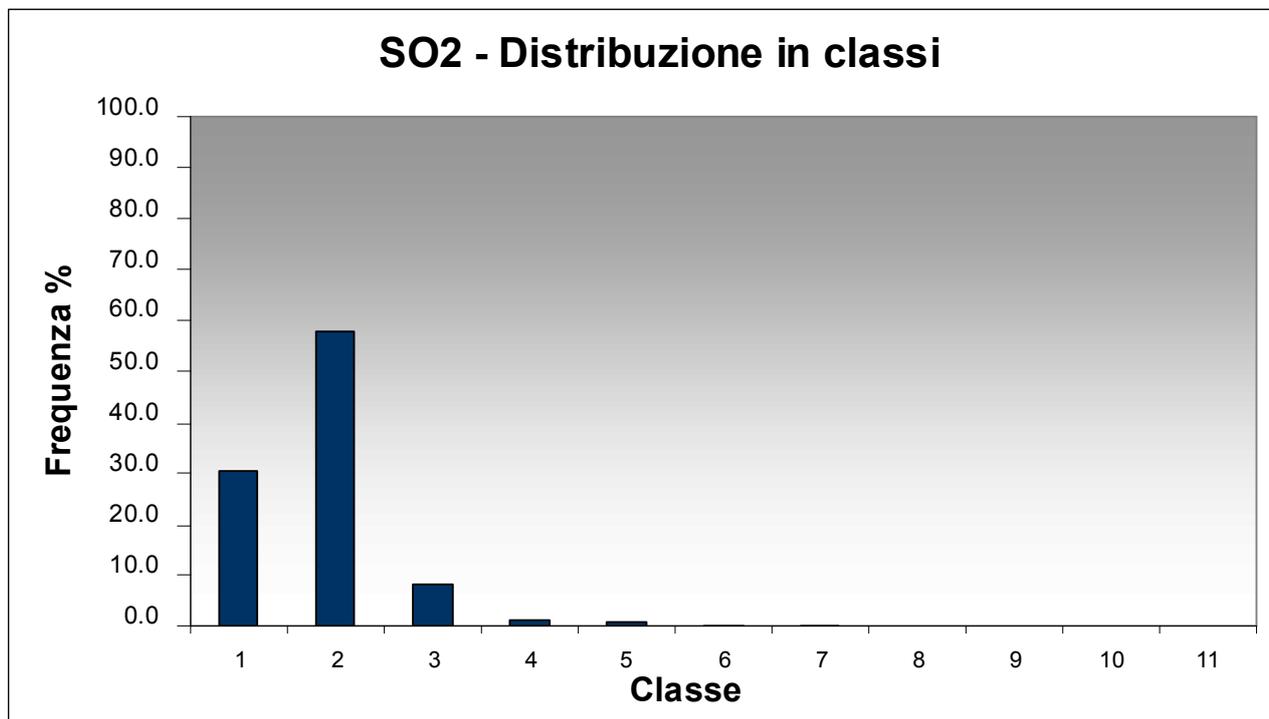
1.5 Distribuzione in classi

grafico 1.5.1. istogramma distribuzione in classi PM10



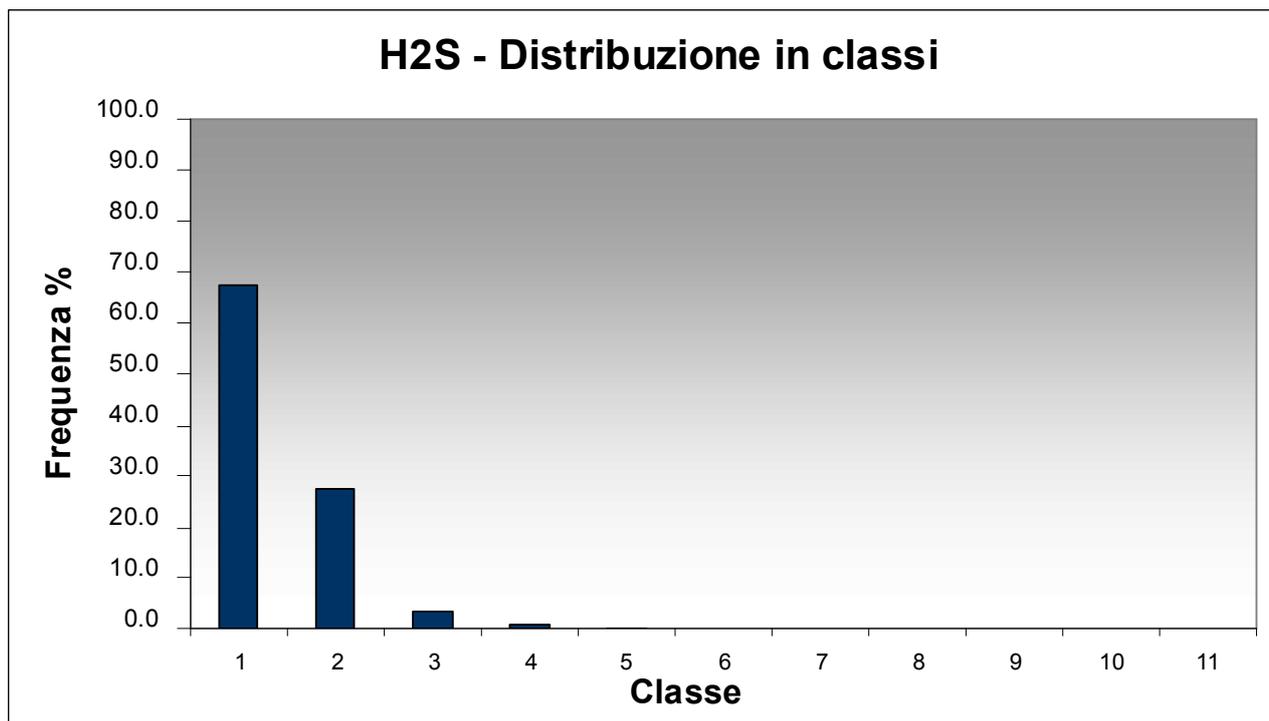
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	2	7
2	7	12
3	12	17
4	17	22
5	22	27
6	27	32
7	32	37
8	37	42
9	42	47
10	47	52
11	52	57

grafico 1.5.2. istogramma distribuzione in classi biossido di zolfo - SO₂



Estremi classe	Min (µg/m ³)	Max (µg/m ³)
1	0	2
2	2	3
3	3	5
4	5	6
5	6	8
6	8	9
7	9	11
8	11	12
9	12	14
10	14	15
11	15	17

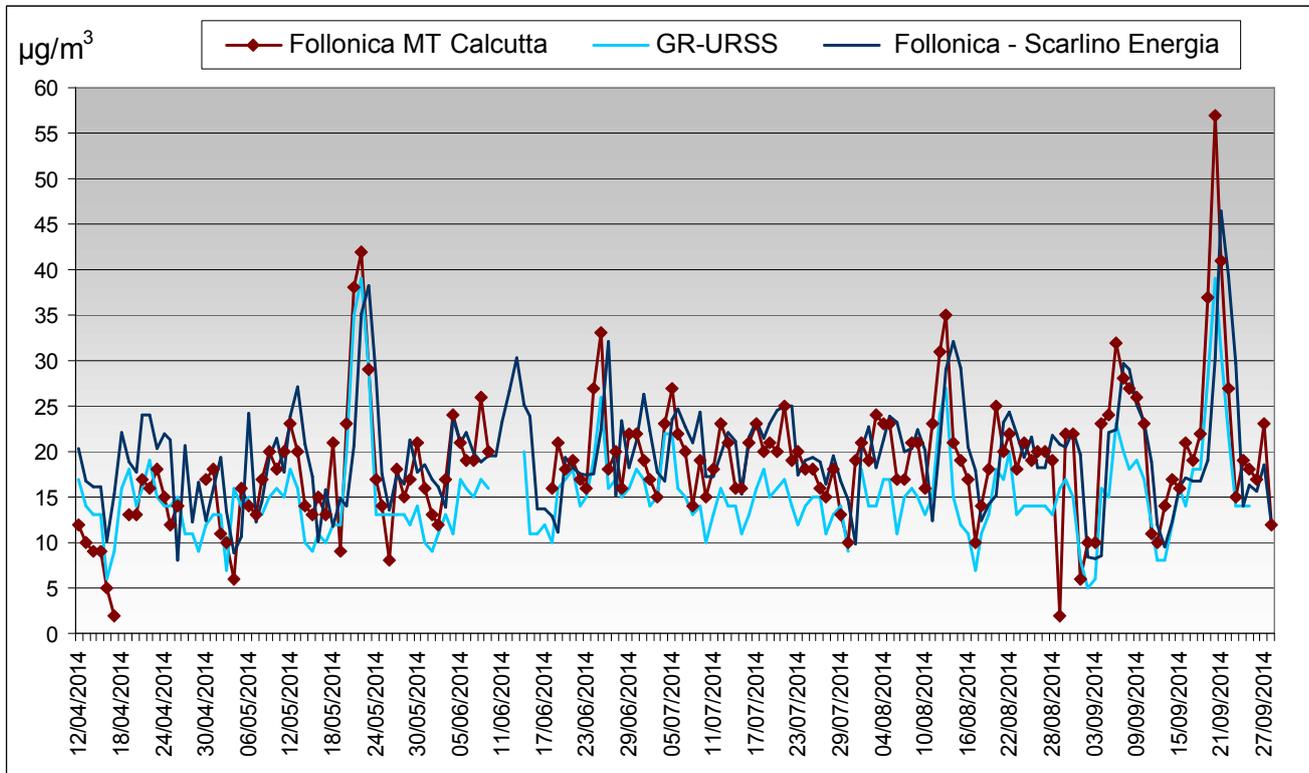
grafico 1.5.3. istogramma distribuzione in classi idrogeno solforato - H₂S



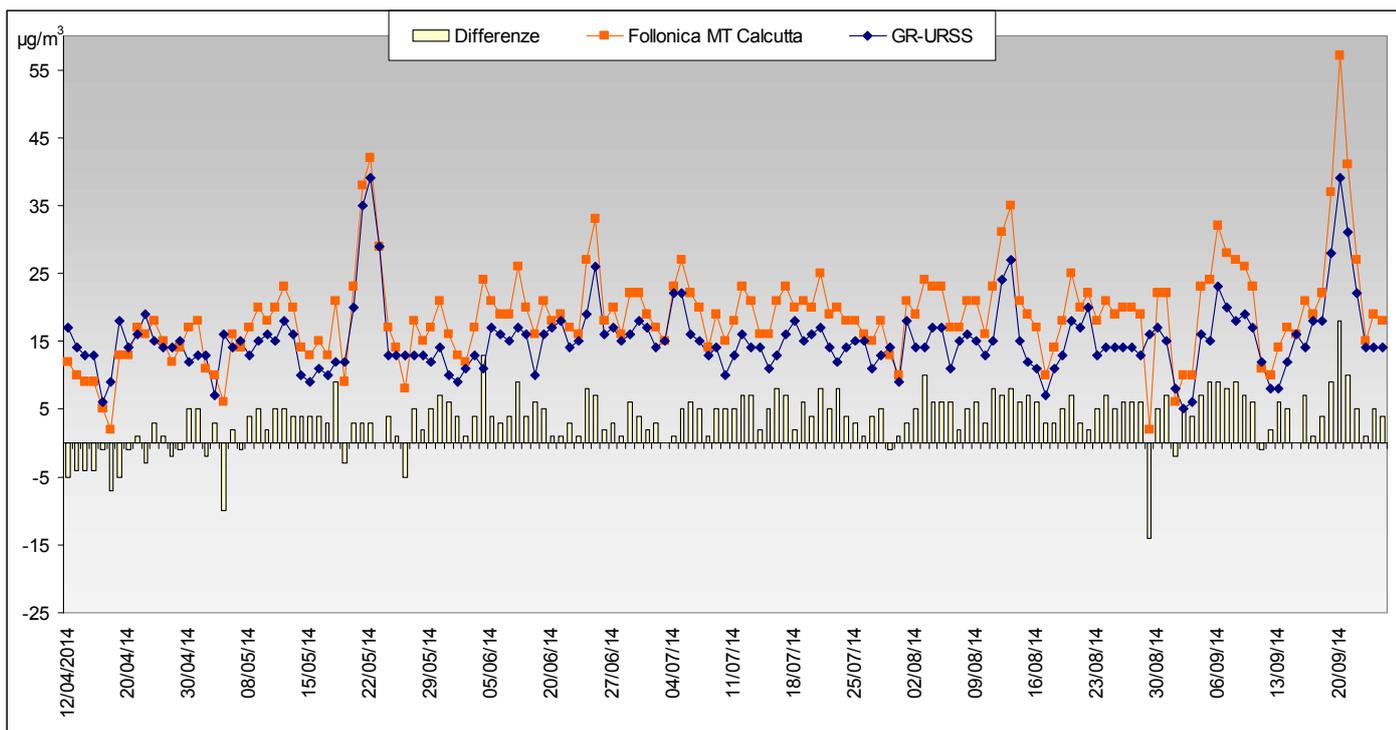
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0	3
2	3	6
3	6	8
4	8	11
5	11	14
6	14	17
7	17	20
8	20	22
9	22	25
10	25	28
11	28	31

1.6 Confronto con gli andamenti registrati dalla stazione fissa di Grosseto URSS e Follonica rete privata Scarlino Energia

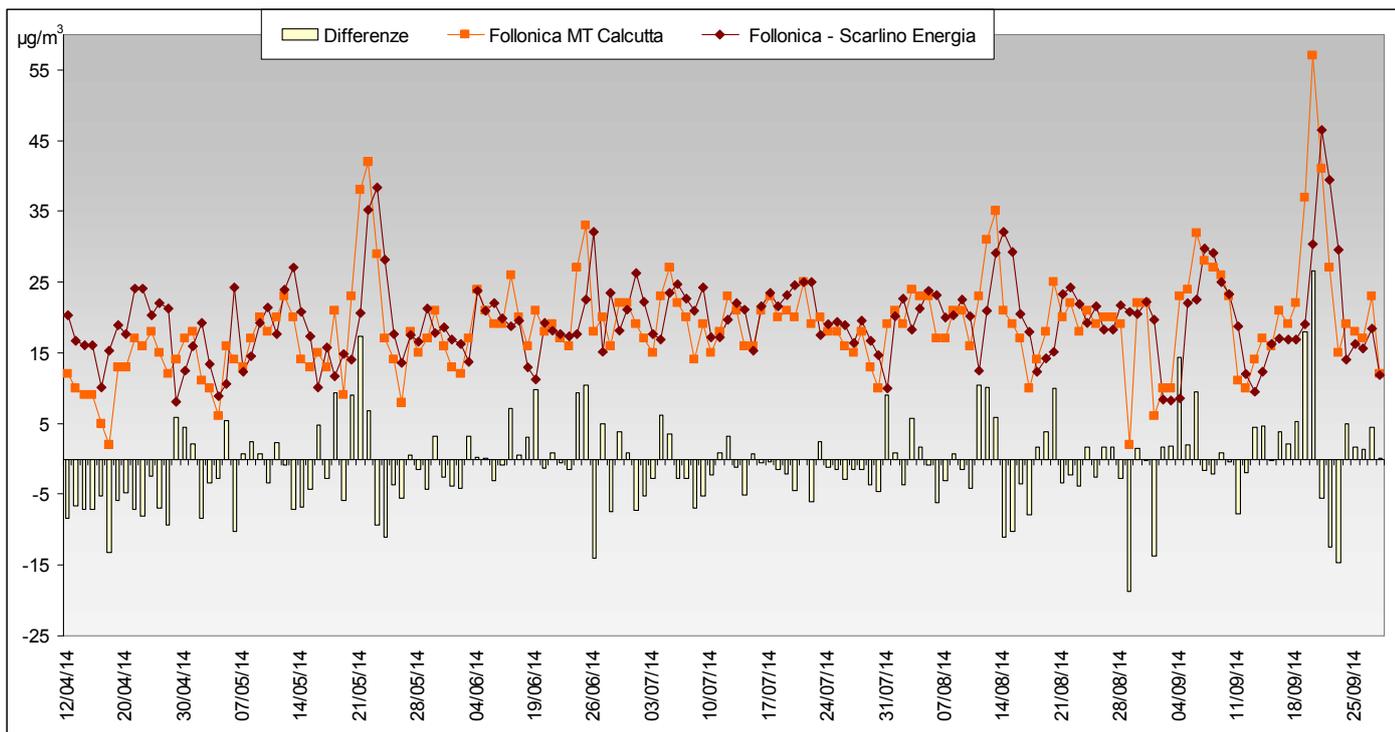
PM10 - figura 1.6.1 andamenti giornalieri aprile – settembre 2014 stazioni Via Madre Teresa di Calcutta, Grosseto URSS e Follonica Via Lago di Bracciano Scarlino Energia



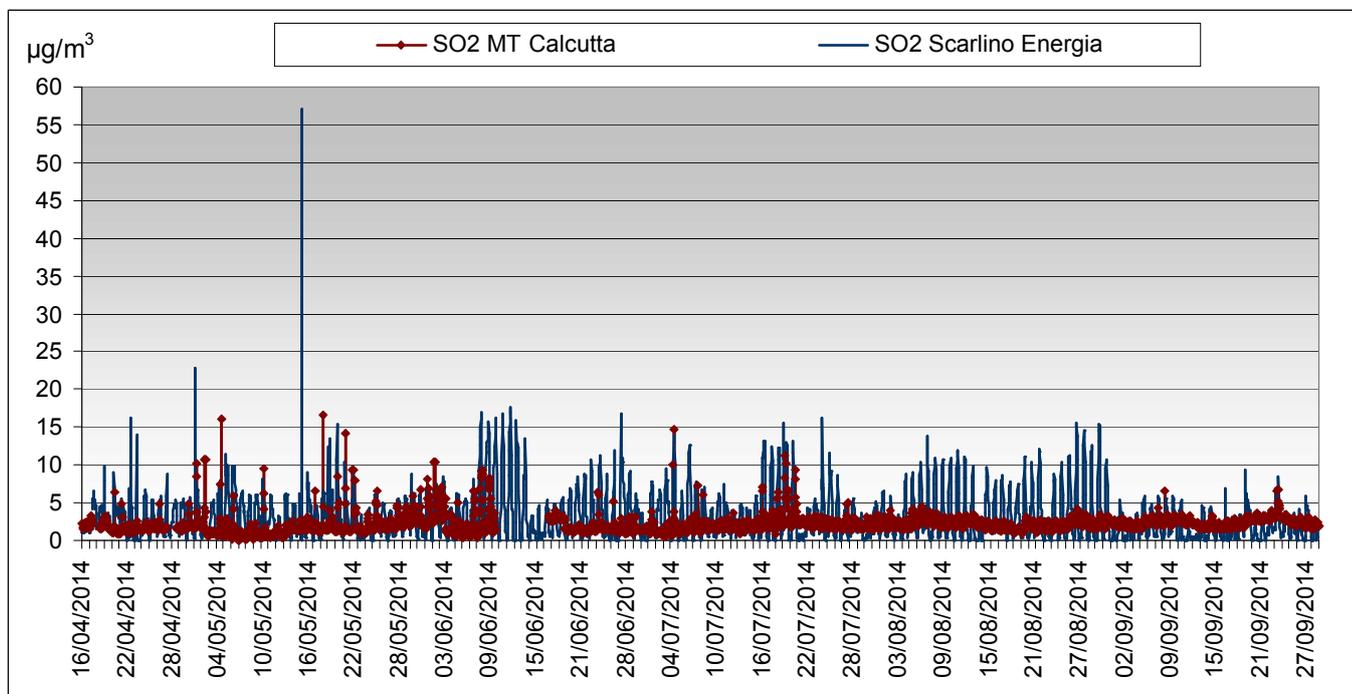
PM10 - figura 1.6.2 grafico delle differenze valori giornalieri aprile – settembre 2014 stazioni Via Madre Teresa di Calcutta e Grosseto URSS



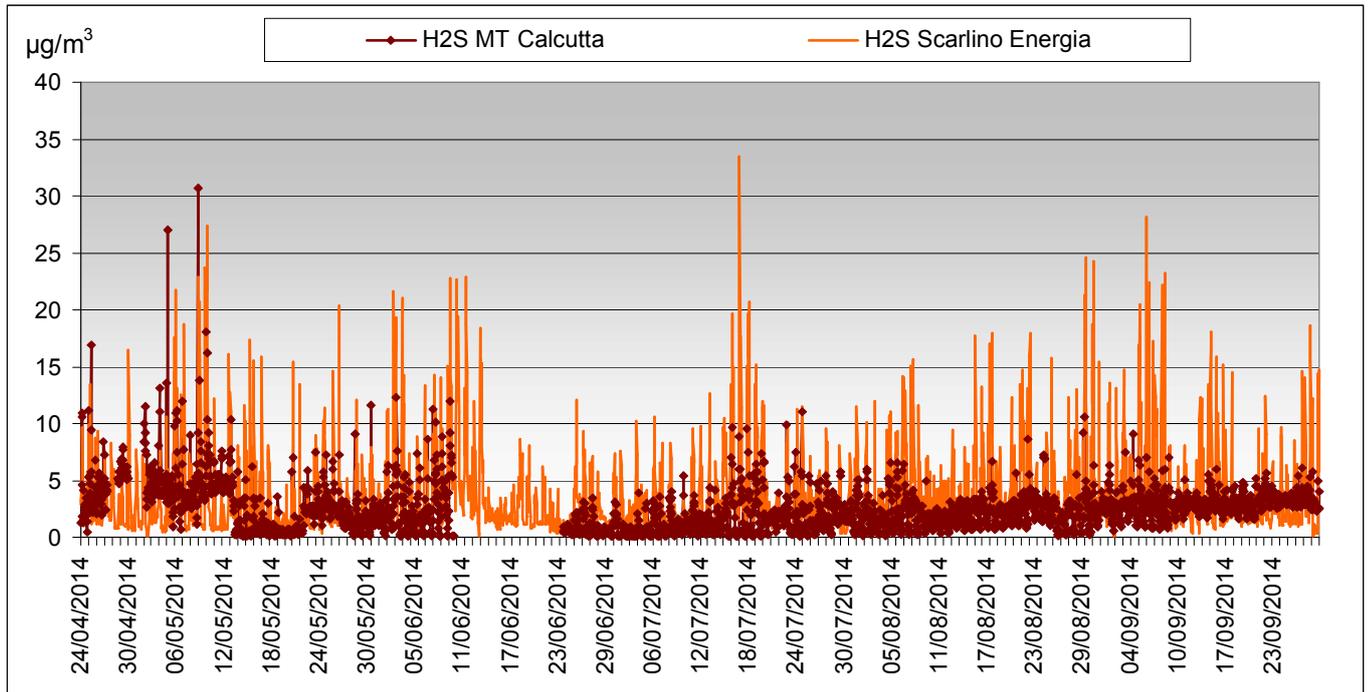
PM10 - figura 1.6.3 grafico delle differenze valori giornalieri aprile - settembre 2014 stazioni Via Madre Teresa di Calcutta e Follonica Via Lago di Bracciano Scarlino Energia



Biossido di zolfo - figura 1.6.4 andamenti orari aprile - settembre 2014 stazioni Via Madre Teresa di Calcutta e Follonica Via Lago di Bracciano Scarlino Energia

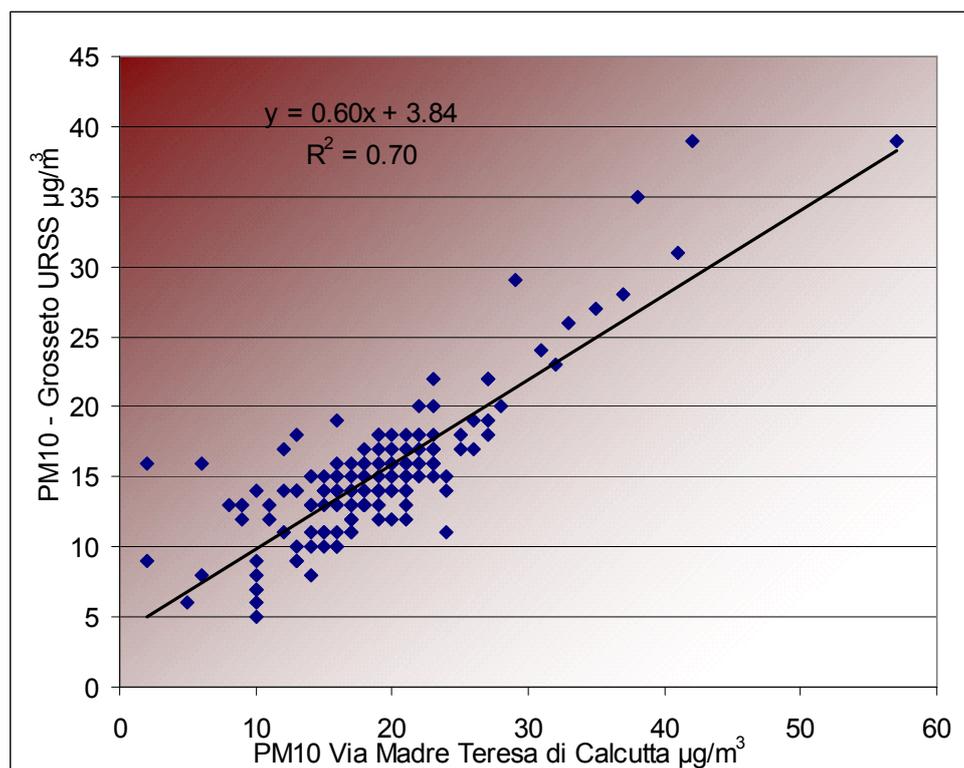


Idrogeno Solforato - figura 1.6.5 andamenti orari aprile - settembre 2014 stazioni Via Madre Teresa di Calcutta e Follonica Via Lago di Bracciano Scarlino Energia



1.7 Grafici a dispersione Via Madre Teresa di Calcutta, Grosseto URSS

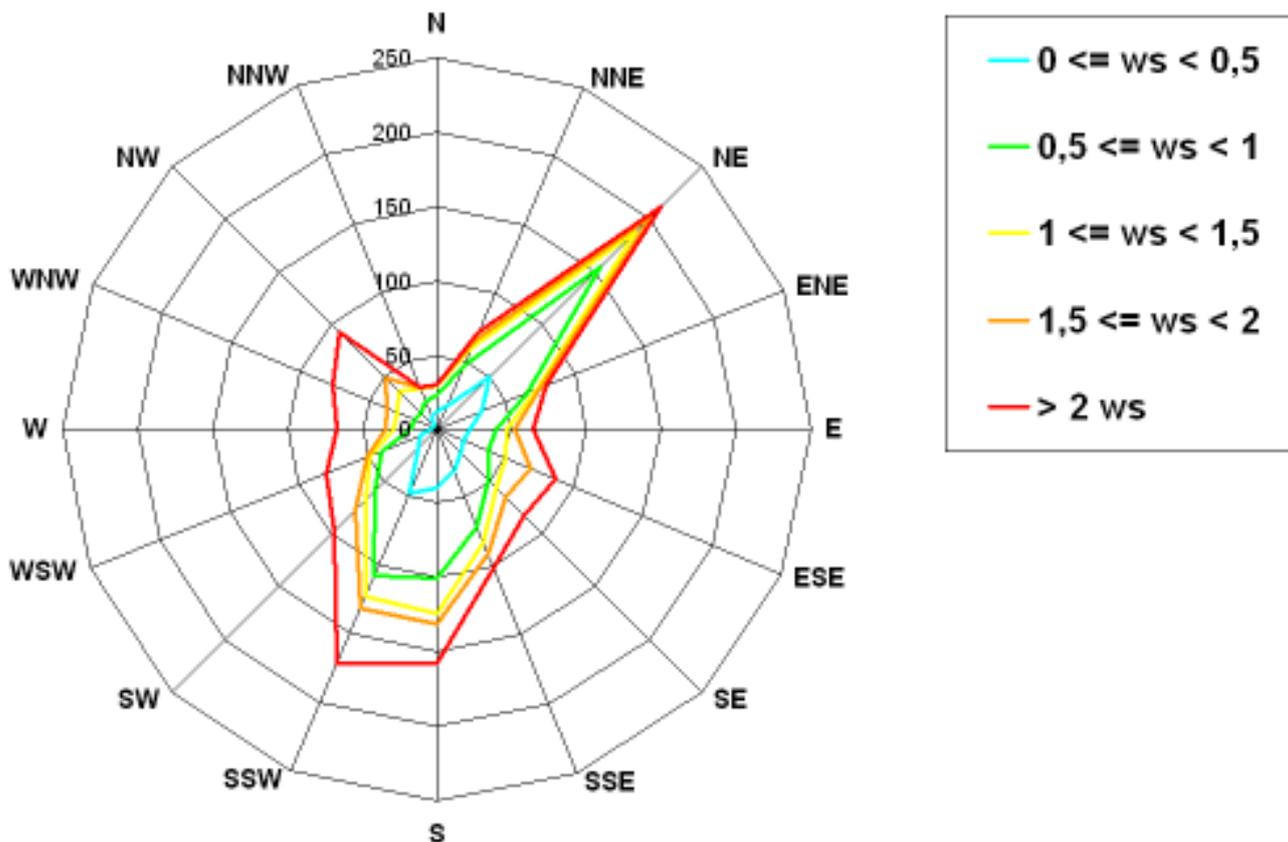
Grafico 1.7.1 dispersione valori giornalieri PM10 Via Madre Teresa di Calcutta/Grosseto URSS



1.8 Dati Meteorologici

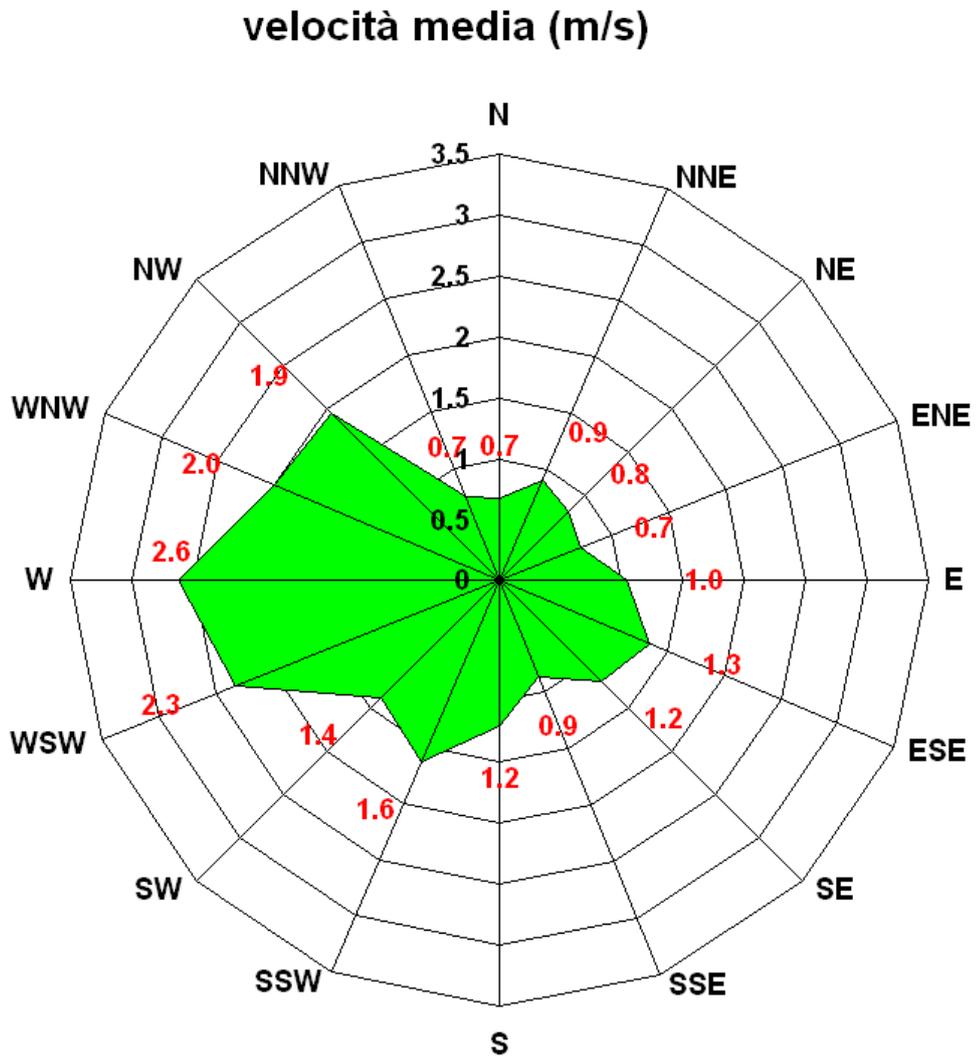
Stazione Meteo Follonica - Scarlino Energia

Figura 1.8.1 – rosa dei venti aprile – settembre 2014 – rete privata Scarlino Energia



La rosa dei venti elaborata per la stazione di Follonica appartenente alla rete privata Scarlino Energia mette in evidenza settori prevalenti di provenienza del vento di Nord-Est e l'assenza di contributi dai settori settentrionali (in particolare Nord e Nord-Nord-Ovest); questa situazione sarebbe da attribuire al contesto urbano della zona dove è ubicata la stazione, caratterizzato da edifici residenziali elevati che fungono da schermo e che rendono non completamente aperto il campo di rilevazione meteorologico.

Figura 1.8.2 – distribuzione polare velocità media del vento aprile – settembre 2014 – rete privata Società Scarlino Energia.



L'elaborazione grafica polare sovrastante mette in rilievo che i venti più intensi sono riferiti ai settori occidentali.

Figura 1.8.3 – distribuzione in classi – velocità del vento aprile – settembre 2014 – rete privata Società Scarlino Energia.

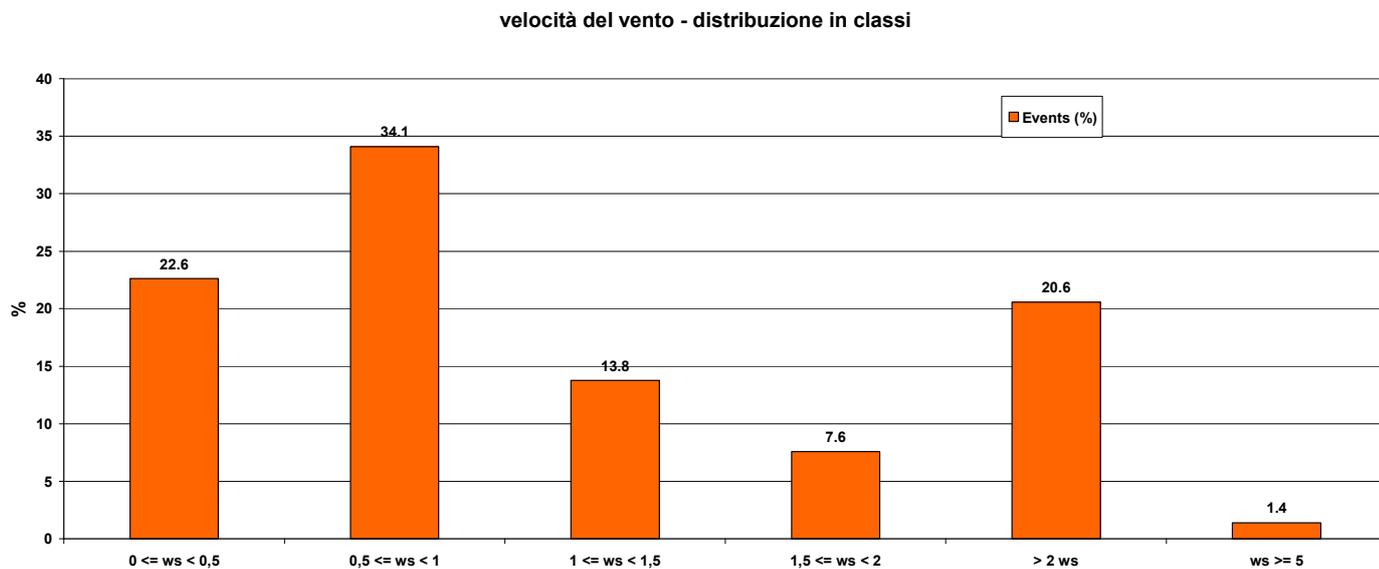
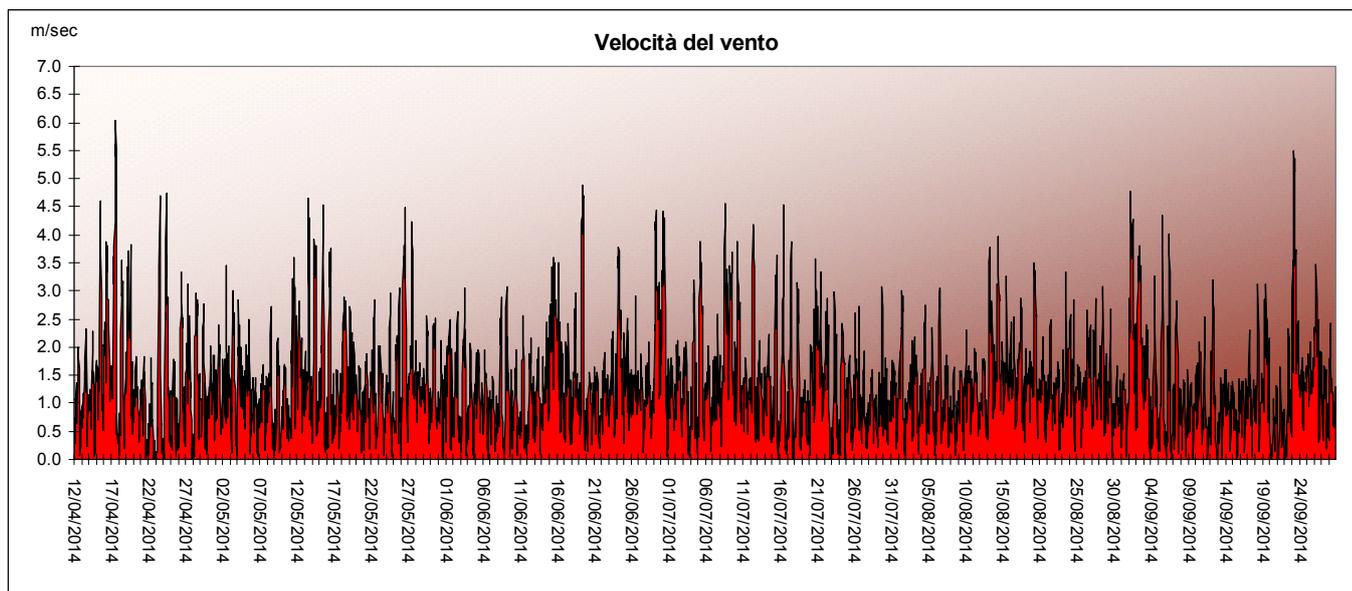


Figura 1.8.4 – andamenti temporali – velocità del vento aprile – settembre 2014 – rete privata Società Scarlino Energia



Nel periodo di osservazione in esame i venti caratterizzati da calma e bava di vento hanno rappresentato circa il 56,7 %; il valore massimo orario, pari a m/sec, è stato registrato il giorno 17 aprile alle ore 16.

Allegato 2. Caratteristiche tecniche analizzatori

tabella 2.1 caratteristiche tecniche analizzatori

Inquinante	Marca Modello	N. serie	Principio Misura	Limite Rilevabilità	Precisione
SO ₂	API 101 A	155	Fluorescenza pulsata	2,6 µg/m ³	Al 20% del campo di misura ≤ 1,6 µg/m ³
H ₂ S	API 101 A	157		(come SO ₂)	All'80% del campo di misura ≤ 6 µg/m ³
PM10	MP101M Environnement	1727	Attenuazione raggi β	0,5 µg/m ³	ND

Allegato 3. Meccanismi di formazione degli inquinanti

MATERIALE PARTICOLATO PM10

Il particolato fine (PM) è un agente inquinante composto da un insieme di particelle che possono essere solide, liquide oppure solide e liquide insieme e che, sospese nell'aria, rappresentano una miscela complessa di sostanze organiche ed inorganiche. Queste particelle variano per dimensione, composizione ed origine. Le loro proprietà sono riassunte nel loro diametro aerodinamico, definito come dimensione della particella:

- la frazione con un diametro aerodinamico inferiore a 10 µm è chiamata PM10 e può raggiungere le alte vie respiratorie ed i polmoni;
- le particelle più piccole o fini sono chiamate PM2,5 (con un diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm); queste sono più pericolose perché penetrano più a fondo nei polmoni e possono raggiungere la regione alveolare.

La dimensione delle particelle determina anche la durata della loro permanenza nell'atmosfera. Mentre la sedimentazione e le precipitazioni rimuovono la frazione compresa tra 2,5 e 10 µm (PM10-2,5 detto anche frazione grossolana del PM10) dall'atmosfera nel giro di poche ore dall'emissione, il PM2,5 può rimanere nell'aria per giorni o perfino per settimane. Di conseguenza queste particelle possono percorrere distanze molto lunghe. I maggiori componenti del PM sono il solfato, il nitrato, l'ammoniaca, il cloruro di sodio, il carbonio, le polveri minerali e l'acqua. In base al meccanismo di formazione, le particelle si distinguono in primarie e secondarie.

Le particelle primarie sono direttamente immesse nell'atmosfera mediante processi naturali e prodotti dall'uomo (antropogenici). I processi antropogenici includono la combustione dei motori delle auto (sia diesel che a benzina); la combustione dei combustibili solidi (carbone, lignite, biomassa) di uso domestico; le attività industriali (attività edili e minerarie, lavorazione del cemento, ceramica, mattoni e fonderie); le erosioni del manto stradale causate dal traffico e le polveri provenienti dall'abrasione di freni e pneumatici; e le attività nelle cave e nelle miniere.

Le particelle secondarie si formano nell'aria a seguito di reazioni chimiche di inquinanti gassosi e sono il prodotto della trasformazione atmosferica del biossido di azoto, principalmente emesso dal traffico e da alcuni processi industriali, e del biossido di zolfo, che risulta dalla combustione di carburanti contenenti zolfo. Le particelle secondarie si trovano principalmente nella frazione del PM fine.

Il PM2,5 è la frazione più fine del PM10, costituita dalle particelle con diametro uguale o inferiore a 2,5 µm. Il PM 2,5 è il particolato più pericoloso per la salute e l'ambiente: questo particolato può rimanere sospeso nell'atmosfera per giorni o settimane.

Le particelle maggiori (da 2,5 a 10 µm) rimangono in atmosfera da poche ore a pochi giorni, contribuiscono poco al numero di particelle in sospensione, ma molto al peso totale delle particelle in sospensione. Sono significativamente meno dannose per la salute e l'ambiente.

Il PM 2,5 è una miscela complessa di migliaia di composti chimici e, alcuni di questi sono di estremo interesse a causa della loro tossicità. L'attenzione è rivolta agli idrocarburi aromatici policiclici (PHA) che svolgono un ruolo nello sviluppo del cancro. Alcuni nomi: Fluoranthene, Pyrene, Chrysene, Benz[a]anthracene, Benzo[b]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, Benzo[a]pyrene, Dibenz[a,h]anthracene.

La valutazione sistematica dei dati completata nel 2004 dall'OMS Europa, indica che:

- il PM aumenta il rischio dei decessi respiratori nei neonati al di sotto di 1 anno, influisce sullo sviluppo delle funzioni polmonari, aggrava l'asma e causa altri sintomi respiratori come la tosse e la bronchite nei bambini;
- il PM_{2,5} danneggia seriamente la salute aumentando i decessi per malattie cardio-respiratorie e cancro del polmone. La crescita delle concentrazioni di PM_{2,5} aumenta il rischio di ricoveri ospedalieri d'emergenza per malattie cardiovascolari e respiratorie;
- il PM₁₀ ha un impatto sulle malattie respiratorie, come indicato dai ricoveri ospedalieri per questa causa.

Nell'ultimo decennio in molte città europee sono stati condotti alcuni studi sugli effetti del PM nel breve periodo, basati sull'associazione tra i cambiamenti giornalieri delle concentrazioni di PM₁₀ e i vari effetti sulla salute. In generale, i risultati indicano che i cambiamenti di PM₁₀ nel breve periodo ad ogni livello implicano cambiamenti nel breve periodo degli effetti acuti in termini di salute.

Gli effetti relativi all'esposizione nel breve periodo comprendono: infiammazioni polmonari, sintomi respiratori, effetti avversi nel sistema cardiovascolare, aumento della richiesta di cure mediche, dei ricoveri ospedalieri e della mortalità.

Poiché l'esposizione al PM causa nel lungo periodo una sostanziale riduzione dell'attesa di vita, gli effetti nel lungo periodo sono chiaramente più significativi per la salute pubblica di quelli nel breve periodo. Il PM_{2,5} si associa maggiormente alla mortalità, indicando un aumento del 6% del rischio di morte per tutte le cause per ogni aumento di 10µg/m³ nelle concentrazioni di PM_{2,5} sul lungo periodo.

Gli effetti relativi all'esposizione nel lungo periodo comprendono: aumento dei sintomi dell'apparato respiratorio inferiore e delle malattie polmonari ostruttive croniche, riduzione delle funzioni polmonari nei bambini e negli adulti, e riduzione dell'attesa di vita causata principalmente da mortalità cardiopolmonare e dal cancro al polmone.

Studi su larga scala mostrano gli effetti significativi del PM_{2,5} in termini di mortalità, ma non sono in grado di identificare una soglia al di sotto della quale il PM non ha effetti sulla salute: cosiddetto livello senza effetti. Dopo un'analisi completa dei nuovi dati scientifici, un gruppo di lavoro dell'OMS ha recentemente concluso che, se esiste un limite per il PM, questo è individuabile nella fascia più bassa delle concentrazioni di PM attualmente riscontrate nella Regione Europea.

BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)

Uso di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio). Negli ultimi 10 anni si è osservata una netta tendenza alla diminuzione delle emissioni di SO₂, attribuibile alle modifiche nel tipo e nella qualità dei combustibili usati a minor contenuto di zolfo. Un contributo determinante per la diminuzione di emissioni di SO₂ è stato fornito dalla larga diffusione della metanizzazione.

IDROGENO SOLFORATO (H₂S)

È un gas incolore dall'odore caratteristico di uova marce, per questo definito gas putrido. È idrosolubile ha caratteristiche debolmente acide e riducenti. Il composto è caratterizzato da una soglia olfattiva decisamente bassa; in letteratura si trovano numerosi valori definiti soglia olfattiva: da 0,7 µg/m³ a 14 µg/m³ ("Analisi e controllo degli odori" D. Bertoni, P. Mazzali, A. Vignali - Ed. Pitagora, Bologna 1993); taluni soggetti sono in grado di percepire l'odore già a 0,2 µg/m³ (soglia olfattiva OMS da "Air quality guidelines WHO", anno 1999), in corrispondenza di 7 µg/m³ la quasi totalità dei soggetti esposti distingue l'odore caratteristico. Tale valore non è consolidato, per cui potrà variare nel tempo.

L'idrogeno solforato può avere un'origine sia naturale che antropica:

Naturale: è presente nelle emissioni delle zone vulcaniche e geotermiche, è prodotto dalla degradazione batterica di proteine animali e vegetali.

Antropica: è un coprodotto indesiderato nei processi di produzione di carbon coke, di cellulosa con metodo Kraft, di raffinazione del petrolio, di rifinitura di oli grezzi, di concia delle pelli (calcinio e pickel), di fertilizzanti, di coloranti e pigmenti, di trattamento delle acque di scarico e di altri procedimenti industriali.

È una sostanza estremamente tossica poiché è irritante e asfissiante. L'azione irritante, che si esplica a concentrazioni superiori ai 15.000 µg/m³ ha come bersaglio le mucose, soprattutto gli occhi; a concentrazioni di 715.000 µg/m³, per inalazione, può causare la morte anche in 5 minuti (WHO 1981, Canadian Centre for Occupational Health and Safety 2001). L'inquinamento delle acque con idrogeno solforato provoca la moria di pesci; l'effetto sulle piante non è acuto, ma cronico per la sottrazione di microelementi essenziali per il funzionamento dei sistemi enzimatici. Nei confronti dei materiali mostra una discreta aggressività per i metalli, provocandone un rapido deterioramento.

Allegato 4. 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 all. 1 MATERIALE PARTICOLATO PM10 – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

	Periodo di mediazione	Valori limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ PM10 da non superare più di 35 volte per anno civile	già in vigore dal 1.01.2005
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ PM10	già in vigore dal 1.01.2005

Tabella 2 all. 1 **BIOSSIDO DI ZOLFO** – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

	Periodo di mediazione	Valore limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	350 µg/ m ³ da non superare più di 24 volte per l'anno civile.	già in vigore dal 01/01/2005
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/ m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile	già in vigore dal 01/01/2005
Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	20 µg/m ³	-
Livello critico per la protezione della vegetazione	Livello critico invernale (1 ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³	-
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	500 µg/m ³	già in vigore dal 01/01/2005

Tabella 3 all. 1 **IDROGENO SOLFORATO** – (normativa e limiti soglie dell'OMS⁽¹⁾)

Nonostante la normativa vigente non preveda prescrizioni per il parametro H₂S, in tabella 4.6 sono riportate le soglie indicate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

soglie dell'OMS (o WHO) ⁽¹⁾

Tipologia di soglia	Periodo di mediazione	Valore
Soglia per inquinamento olfattivo	30 minuti	7 µg/m ³
Soglia per la tutela sanitaria	24 ore	150 µg/m ³

(1) WHO Air Quality guidelines for Europe, 2^a edizione. Anno 2000