



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

PROVINCIA DI PISA

CAMPAGNE DI RILEVAMENTO INDICATIVE CON MEZZO MOBILE N° 3

presso

- 1) Montopoli in Val d'Arno fraz. San Romano – Via Sandro Pertini**
- 2) Ex sito fisso di Santa Croce “Cerri”**
- 3) Fucecchio – Via del Ronzinello**
- 4) Castelfranco di Sotto – Via dell'Acacia**

4 dicembre 2014 – 29 novembre 2015

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

Regione Toscana



PROVINCIA DI PISA

RELAZIONE CAMPAGNE DI RILEVAMENTO INDICATIVE CON MEZZO MOBILE N° 3

- 1) Montopoli in Val d'Arno (PI) – Fraz. San Romano, Via Sandro Pertini
- 2) Santa Croce sull'Arno (PI) – Ex sito fisso di Santa Croce “Cerri”
- 3) Fucecchio (FI) – Via del Ronzinello
- 4) Castelfranco di Sotto (PI) – Via dell'Acacia

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

Settore “*Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell’Aria*” (CRTQA)

ARPAT – Area Vasta “Toscana Costa”

Autori:

Dennis Dalle Mura, Roberto Fruzzetti

ARPAT – Settore “*Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell’Aria*” - Pisa

Le attività di prova per il monitoraggio del PM10 e PM2,5 sono effettuate presso il laboratorio del Centro regionale di riferimento per la qualità dell’aria (CRRQA)

Si ringraziano i colleghi del Dipartimento di Pisa presso la sede di San Romano - Montopoli in Val d'Arno per il supporto logistico.

Luglio 2016

Sintesi

Le campagne indicative di indagine di qualità dell'aria svolte con il Laboratorio mobile n° 3 della Provincia di Pisa tra il dicembre 2014 e la fine di novembre del 2015 restituiscono un quadro abbastanza esaustivo della situazione esistente nel Comprensorio del Cuoio.

L'indagine ha restituito indicatori, che, per quanto attiene a NO₂ e SO₂, rispettano ampiamente le soglie previste dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria (D.Lgs. 155/2010) per la protezione della salute umana.

Per quanto riguarda il PM10, sono state riscontrati alcuni superamenti del VL giornaliero. Da questo punto di vista, il sito di PI-Santa Croce "Coop" (stazione di rete regionale) preso a riferimento, fornisce valori di indicatori sicuramente cautelativi, essendo sia il valore riferito al 90,4° percentile che la media annuale per l'anno 2015 superiori agli stessi indicatori di tutti gli altri siti indagati dal Mezzo mobile 3. Sono in corso approfondimenti sui dati finalizzati alla valutazione della rappresentatività della stazione di PI-Santa Croce Coop per il PM10.

Per quanto riguarda il PM2,5, misurato con campionatore gravimetrico come il PM10, secondo la norma EN12341:2014, non si rilevano criticità e si evidenzia una buona coerenza con i risultati annuali 2015 della stazione di rete regionale PI-Passi. Per quanto riguarda la frazione percentuale (%) PM2,5/PM10, vale la stessa considerazione.

In sostanza, si può affermare che il sito preso a riferimento di PI-Santa Croce "Coop" rappresenta il territorio preso in esame per il Biossido di Azoto e il PM10, mentre per il PM2,5 la stazione di PI-Passi può essere presa a riferimento per questo territorio.

L'Acido solfidrico (H₂S) è sicuramente l'inquinante più caratterizzante: si evidenziano alcune criticità soprattutto a San Romano, con superamenti della soglia olfattiva di 7 µg/m³ che si sono verificate per l'11% del tempo su base annuale connessi a probabile formazione di maleodoranze locali, e a Santa Croce "Cerri".

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	5
2. DESCRIZIONE DEI SITI DI MISURA.....	6
3. IL LABORATORIO MOBILE N° 3.....	10
4. LIMITI NORMATIVI.....	11
5. RISULTATI.....	14
5.1 STANDARDIZZAZIONE.....	14
5.2 VALORI DEGLI INDICATORI.....	14
5.2.1 <i>Biossido di Azoto (NO₂)</i>	16
5.2.2 <i>Biossido di Zolfo (SO₂)</i>	21
5.2.3 <i>Polveri PM10</i>	26
5.2.4 <i>Polveri PM2,5</i>	34
5.2.5 <i>Acido solfidrico (H₂S)</i>	43
CONCLUSIONI.....	56
ALLEGATO 1: DATI METEOROLOGICI.....	57
ALLEGATO 2: TEST DI CORRELAZIONE DI PEARSON – DEFINIZIONE.....	74

1. INTRODUZIONE

Le campagne di misura condotte con il Mezzo mobile possono assumere una duplice funzione a seconda della zona di collocazione:

- Forniscono dati integrativi della rete di monitoraggio della Qualità dell'Aria;
- Definiscono situazioni ambientali non ancora sottoposte ad indagini che su tempi lunghi potrebbero determinare un superamento degli standard di Q.A. a causa di fattori locali (incidenza di industrie, alti flussi di traffico, condizioni meteorologiche sfavorevoli, etc.)

La presente relazione illustra l'attività del Mezzo mobile n° 3 della Provincia di Pisa relativa al periodo dicembre 2014 - novembre 2015, nel contesto del protocollo di "Accordo per la gestione del Centro del Telerilevamento delle emissioni nel sistema produttivo del comprensorio del cuoio" stabilito tra Regione, ARPAT e la Provincia di Pisa, di concerto con i Comuni facenti parte del "Comprensorio del Cuoio" e aderenti all'iniziativa, e definito dalla DGR n. 719 del 02/09/2013.

Tale accordo include il monitoraggio della qualità dell'aria mediante l'ausilio di due mezzi mobili di proprietà della Provincia: il Mezzo mobile n° 1, impegnato mediamente per 6 mesi all'anno e il Mezzo mobile n° 3, impegnato per tutto l'anno nel Comprensorio del Cuoio.

Ciascuna delle quattro indagini, ricompresa nella presente relazione, può essere assimilata a una "misurazione indicativa" di qualità dell'aria, come previsto dal D.Lgs. N° 155/2010 e s.m.i.

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". Tale sistema di gestione di ARPAT è certificato dal RINA con registrazione n° 32671/15/5 secondo le UNI EN ISO 9001:2008. Pertanto, tutti i dati misurati dal laboratorio mobile, sono stati acquisiti, elaborati e validati secondo le procedure disciplinate dal suddetto documento.

2. DESCRIZIONE DEI SITI DI MISURA

I siti in cui sono state condotte le misure con l'utilizzo del Mezzo mobile n° 3 si trovano nel cosiddetto Comprensorio del Cuoi, in particolare in postazioni facenti parte dei comuni di Castelfranco di Sotto (PI), Santa Croce sull'Arno (PI), Montopoli in Val d'Arno (PI) e Fucecchio (FI). I punti di misura, le tipologie del sito e le localizzazioni rispetto alla stazione di monitoraggio regionale di PI-Santa Croce "Coop" sono i seguenti:

- 1) Montopoli in Val d'Arno – frazione di San Romano, Via Sandro Pertini; sito "urbano – fondo" distante 2,5 km in linea d'aria in direzione Sud dal sito regionale;
- 2) Santa Croce sull'Arno – località "Cerri", "rurale – industriale", 2 km in direzione NNO;
- 3) Fucecchio (FI) – Via del Ronzinello, "suburbano – fondo", 2 km in direzione NNE;
- 4) Castelfranco di Sotto – Via dell'Acacia, "suburbano – industriale", 1 km in direzione OSO.

Figura 2.1 *Mappa centrale della Toscana con individuazione dell'area di indagine*



Figura 2.2 *Mappa dell'indagine con indicazione dei siti di misura e del sito fisso di Santa Croce*

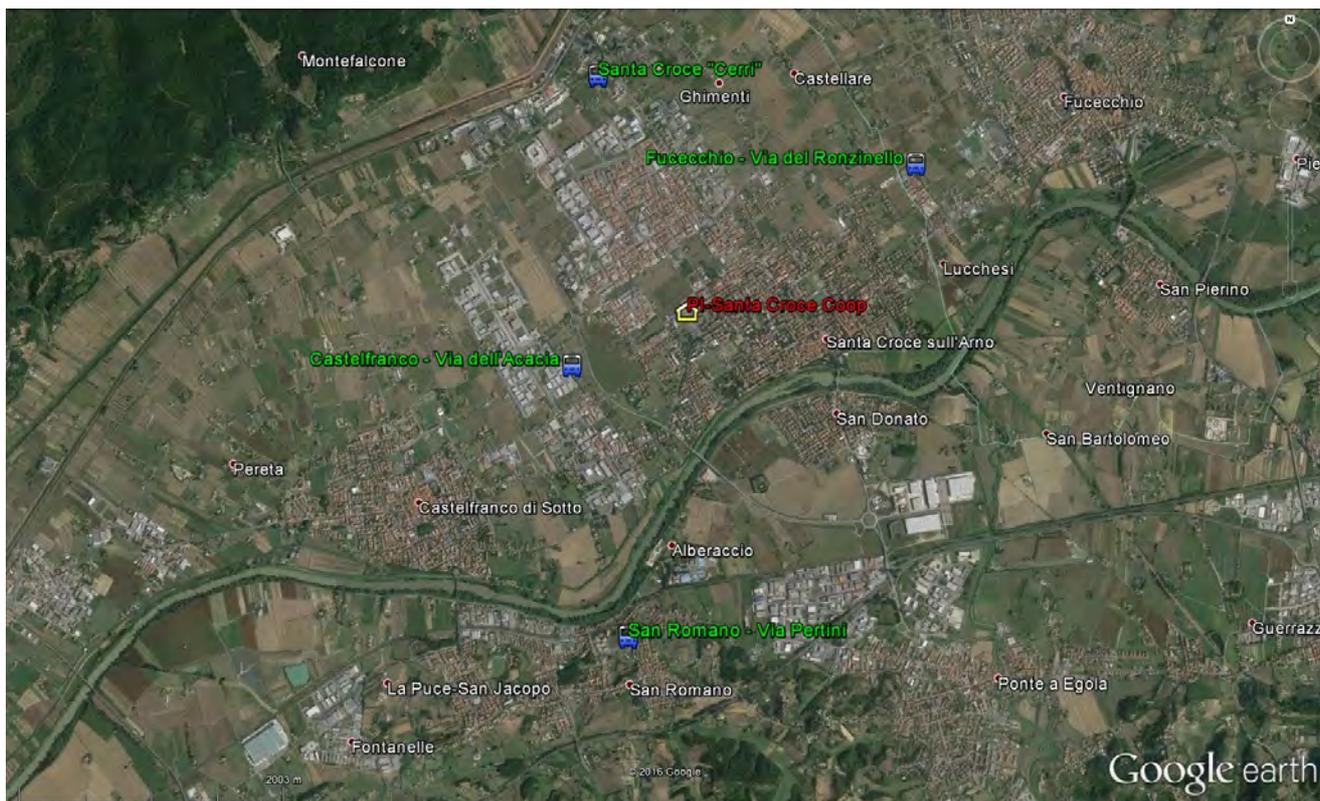


Immagine 2.1 *Mezzo Mobile 3 a Montopoli in Val d'Arno – Via Sandro Pertini – San Romano (vista da Sud-Est)*



Immagine 2.2 *Mezzo Mobile 3 presso ex sito fisso di monitoraggio di “Santa Croce “Cerri”*
(vista da Sud-Est)



Immagine 2.3 *Mezzo Mobile 3 a Fucecchio – Via del Ronzinello*
(vista da Nord)



**Immagine 2.4 Mezzo Mobile 3 a Castel Franco di Sotto – Via dell'Acacia
(vista da Nord Ovest)**



3. IL LABORATORIO MOBILE N° 3

Per le misure di Qualità dell'Aria realizzate in questa campagna il Settore CRTQA ha utilizzato la stazione mobile n° 3 di Q.A. di proprietà della Provincia di Pisa.

Nella tabella 3.1 è fornita una descrizione degli inquinanti monitorati dal laboratorio:

Tabella 3.1 – Inquinanti monitorati.

SO ₂ /H ₂ S	NO _x	PM10	PM2,5
x	x	x	x

NO_x = ossidi di azoto totali, ovvero monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂)

SO₂ = biossido di zolfo

H₂S = acido solfidrico

PM10 = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 10 micrometri

PM2,5 = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 micrometri

Di seguito in tabella sono elencati gli strumenti presenti all'interno del mezzo mobile e le relative caratteristiche tecniche:

Tabella 3.2 – Caratteristiche tecniche degli strumenti installati

Inquinante	Marca modello	Principio Metodo	Limite Rilevabilità	Precisione
SO ₂ /H ₂ S	API 101A	Fluorescenza	2,6 µg/m ³ (come SO ₂)	Al 20% del campo di misura ≤ 1,6 µg/m ³ All'80% del campo di misura ≤ 6 µg/m ³
NO _x	API 200A	Chemiluminescenza	0,7 µg/m ³	0,5% della lettura
PM10/PM2,5	FAI Hydra Dual Channel	Campionamento gravimetrico su membrane filtranti	---	---

Sul Laboratorio mobile n° 3 sono installati anche i sensori per la misura della velocità del vento (VV) e per la determinazione della provenienza dei fenomeni ventosi (DV). In Allegato 1, sono riportati i risultati relativi alla strumentazione meteorologica:

4. LIMITI NORMATIVI

I valori limite che esprimono gli indicatori di qualità dell'aria sono stati definiti dalla Comunità Europea (Direttiva 2008/50/CE) e sono stati recepiti dallo Stato italiano con il D.Lgs. n° 155 del 13 agosto 2010 e s.m.i.

Tabella 4.1 BIOSSIDO DI AZOTO – normativa e limiti
(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 e paragrafo 1 allegato XII D.Lgs. 155/2010 – punto B Allegato XI, punto A Allegato XII ed Allegato XIII Direttiva 2008/50/CE)

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

Tabella 4.2 BIOSSIDO DI ZOLFO – normativa e limiti

(paragrafi 1, 3 allegato XI D.Lgs. 155/2010 e paragrafo 1 allegato XII D.Lgs. 155/2010 - punto B Allegato XI, punto A Allegato XII ed Allegato XIII Direttiva 2008/50/CE)

	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per l'anno civile.
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile
Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Livello critico per la protezione della vegetazione	Livello critico invernale (1 ottobre – 31 marzo)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 4.3 MATERIALE PARTICOLATO PM10 – normativa e limiti

(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 - punto B Allegato XI Direttiva 2008/50/CE)

	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10

Tabella 4.4 MATERIALE PARTICOLATO PM2,5 – normativa e limiti

(paragrafo 1 allegato XI D.Lgs. 155/2010 - punto D Allegato XIV Direttiva 2008/50/CE)

	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2,5 (in vigore dal 1° gennaio 2015)

Nonostante la normativa vigente non preveda prescrizioni per il parametro H₂S, in tabella 4.5 sono riportate le soglie indicate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

Tabella 4.5 ACIDO SOLFIDRICO – soglie dell'OMS (o WHO) ⁽¹⁾

Tipologia di soglia	Periodo di mediazione	Valore
Soglia per inquinamento olfattivo	Mezz'ora	7 µg/m ³
Soglia per la tutela sanitaria	24 ore	150 µg/m ³
Soglia per protezione della vegetazione	1 ora	40 µg/m ³

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

5. RISULTATI

Tra il dicembre 2014 e il novembre 2015, sono state svolte quattro campagne indicative in quattro diversi siti nell'ambito del Comprensorio del Cuoio; in particolare sono state condotte indagini di qualità dell'aria nei territori comunali di:

- Montopoli in Val d'Arno, frazione San Romano, Via Sandro Pertini;
- Santa Croce sull'Arno, ex postazione fissa "Cerri" in via I maggio;
- Fucecchio (FI), via del Ronzinello angolo via Annibale Mariotti;
- Castelfranco di Sotto, via dell'Acacia;

Gli intervalli di misura degli inquinanti gassosi in ciascuna stagione per ogni postazione sono riassunti nella seguente tabella:

SO2-H2S-NO2		INVERNO			PRIMAVERA			ESTATE			AUTUNNO			Totale Giorni campionamento	Totale Ore teoriche campionamento
Comune	Ubicazione	Inizio	Fine	n. giorni											
Montopoli in Val d'Arno	Via Pertini	4-dic-14	22-dic-14	19	5-mar-15	23-mar-15	19	5-giu-15	24-giu-15	20	3-set-15	21-set-15	19	77	1848
Santa Croce sull'Arno	ex centralina loc. Cerri	24-dic-14	13-gen-15	21	25-mar-15	13-apr-15	20	26-giu-15	13-lug-15	18	23-set-15	12-ott-15	20	79	1896
Fucecchio (FI)	via del Ronzinello	15-gen-15	2-feb-15	19	15-apr-15	4-mag-15	20	15-lug-15	3-ago-15	20	23-ott-15	9-nov-15	18	77	1848
Castelfranco di Sotto	via dell'Acacia	4-feb-15	23-feb-15	20	6-mag-15	24-mag-15	19	12-ago-15	31-ago-15	20	11-nov-15	29-nov-15	19	78	1872

I periodi dedicati al campionamento del particolato atmosferico PM10 e PM2,5 sono illustrati nella tabella seguente:

PM10/PM2,5		INVERNO			PRIMAVERA			ESTATE			AUTUNNO			Totale Giorni campionamento
Comune	Ubicazione	Inizio	Fine	n. giorni										
Montopoli in Val d'Arno	Via Pertini	5-dic-14	19-dic-14	15	7-mar-15	21-mar-15	15	6-giu-15	20-giu-15	15	4-set-15	18-set-15	15	60
Santa Croce sull'Arno	ex centralina loc. Cerri	30-dic-14	12-gen-15	14	28-mar-15	11-apr-15	15	27-giu-15	11-lug-15	15	24-set-15	8-ott-15	15	59
Fucecchio (FI)	via del Ronzinello	16-gen-15	30-gen-15	15	16-apr-15	30-apr-15	15	16-lug-15	30-lug-15	15	23-ott-15	6-nov-15	15	60
Castelfranco di Sotto	via dell'Acacia	5-feb-15	19-feb-15	15	7-mag-15	21-mag-15	15	12-ago-15	26-ago-15	15	12-nov-15	26-nov-15	15	60

5.1 Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (μg o mg per metro cubo d'aria (m^3)) sono riferiti ad una pressione di 101,3 kPa ed alla temperatura di 20° C (293 K), ad esclusione del materiale particolato PM10 e PM2,5, il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

5.2 Valori degli indicatori

Di seguito sono presi in considerazione i singoli inquinanti per ognuno dei quali sono riportati gli indici sintetici relativi al periodo di monitoraggio, nonché i corrispondenti limiti di riferimento previsti dalla normativa vigente in materia di Qualità dell'Aria (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).

I dati acquisiti nel corso delle campagne condotte con il Laboratorio mobile 3 permettono di effettuare una trattazione in termini statistici, secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità

dell'aria, pertanto forniscono un quadro, limitato temporalmente, della situazione di inquinamento atmosferico relativa al sito in esame. I periodi indagati, per ciascuna indagine, hanno una durata di almeno due settimane per ogni stagione.

Per quanto riguarda i periodi di interesse, sono state considerate le stagioni meteorologiche, più precisamente:

- inverno: 1° dicembre 2014 – 28 febbraio 2015;
- primavera: 1° marzo – 31 maggio 2015;
- estate: 1° giugno – 31 agosto 2015;
- autunno: 1° settembre – 30 novembre 2015.

Il confronto con i limiti normativi è a tutti gli effetti valido ai sensi del D.Lgs. 155/2010.

I dati di SO₂ e H₂S non sono utilizzabili per il confronto con i limiti di legge, dato che non soddisfano la raccolta minima dei dati sull'ora. L'analizzatore relativo, infatti, il Teledyne API 101A, effettua a intervalli di circa 15 minuti, misure singole di SO₂ e H₂S.

Per completezza, ove possibile, è stato introdotto un confronto con le misure ottenute, sugli stessi periodi, presso la stazione di Rete Regionale denominata PI-Santa Croce-Coop, che si trova in posizione quasi baricentrica rispetto ai punti di misura del Laboratorio mobile 3.

Per il PM_{2,5}, sono stati operati confronti con le centraline fisse di rete regionale di tipologia "Urbana - fondo" dell'area omogenea "Valdarno pisano e Piana lucchese" di cui l'area del Comprensorio del Cuoio fa parte: le stazioni suddette sono PI-Passi, che dista circa 30 km in direzione Ovest, e LU-Capannori, distante circa 21 km in direzione Nord-Ovest dall'area oggetto delle quattro campagne indicative.

Il segno (-) presente in alcune tabelle riassuntive indica l'assenza di un limite di riferimento relativo alla normativa vigente.

5.2.1 Biossido di Azoto (NO₂)

Tabella 5.2.1.a – Dati di NO₂ – indicatori annuali 2014-2015; confronto con PI-Santa Croce Coop sugli stessi periodi di ciascuna campagna indicativa

NO2	MM3 PISA	PI-Santa Croce Coop
MONTEPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	21	25
Massima media oraria (µg/m ³)	94	114
n. ore valide	1745	1742
% ore valide	94%	94%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m ³	0	0
SANTA CROCE SULL'ARNO – Ex sito fisso Santa Croce “Cerri”, via I maggio		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	21	25
Massima media oraria (µg/m ³)	96	105
n. ore valide	1785	1785
% ore valide	94%	94%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m ³	0	0
FUCECCHIO – Via del Ronzinello		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	21	26
Massima media oraria (µg/m ³)	88	108
n. ore valide	1761	1716
% ore valide	95%	93%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m ³	0	0
CASTELFRANCO DI SOTTO – Via dell'Acacia		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	22	24
Massima media oraria (µg/m ³)	115	149
n. ore valide	1782	1747
% ore valide	95%	93%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m ³	0	0

Come si può rilevare dalla Tabella riassuntiva 5.2.1.a, i valori medi orari superano in sporadiche occasioni i 100 µg/m³, e solamente nella campagna invernale di Castelfranco di Sotto, via dell'Acacia, come visibile dalla serie di Grafici 5.2.1; l'indicatore media sul periodo è sempre inferiore all'analogo indicatore calcolato sugli stessi periodi nel sito fisso di Santa Croce “Coop”, che ha fatto segnare il valore medio orario più elevato nell'anno solare 2015 (cfr. Tabella 5.2.1.c: 149 µg/m³), valore inferiore del 25% al valore limite orario di 200 µg/m³.

I valori delle medie delle medie orarie sui periodi in ciascun sito si attestano su 21-22 µg/m³, al di sotto del valore medio annuale, riferito all'anno 2015, registrato nel sito fisso di Rete regionale preso a riferimento.

Tabella 5.2.1.b – Dati di NO₂ - indicatori stagionali per ciascun sito di misura

NO ₂	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
MONTEPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	36	25	11	15
Massima media oraria (µg/m ³)	94	78	43	55
n. ore valide	433	426	455	431
% ore valide	95%	93%	95%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m ³	0	0	0	0
SANTA CROCE SULL'ARNO – Ex sito fisso Santa Croce “Cerri”, via I maggio				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	31	21	15	16
Massima media oraria (µg/m ³)	96	66	49	76
n. ore valide	466	452	410	457
% ore valide	92%	94%	95%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m ³	0	0	0	0
FUCECCHIO – Via del Ronzino				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	34	16	12	25
Massima media oraria (µg/m ³)	88	49	34	68
n. ore valide	435	457	457	412
% ore valide	95%	95%	95%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m ³	0	0	0	0
CASTELFRANCO DI SOTTO – Via dell'Acacia				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	33	16	10	28
Massima media oraria (µg/m ³)	115	49	37	77
n. ore valide	456	434	458	434
% ore valide	95%	95%	95%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 200 µg/m ³	0	0	0	0

Tabella 5.2.1.c – Dati di NO₂– indicatori annuali 2015 di PI-Santa Croce “Coop”

NO ₂ – INDICATORI ANNUALI 2015	PI-SC_Coop
Media annuale (µg/m ³)	25
Massima media giornaliera (µg/m ³)	149
n. superamenti del VL giornaliero di 200 µg/m ³	0

Come si evince dalla Tabella 5.2.1.b, i valori massimi orari, così come i valori medi stagionali per ciascun sito sono stati raggiunti in inverno, come era plausibile aspettarsi, essendo il Biossido di Azoto un inquinante stagionale. L'ordine decrescente dei valori medi delle medie orarie di NO₂ sulla singola stagione è il seguente: inverno, primavera, autunno, estate per quanto riguarda Montopoli in Val d'Arno e Santa Croce “Cerri”; inverno, autunno, primavera, estate per quanto attiene ai siti di misura di Fucecchio e Castelfranco di Sotto.

Immagine 5.2.1.a – Mappa dei valori delle medie annuali di NO₂ nei vari siti di misura. Per PI-Santa Croce Coop è stata considerata la media annuale riferita all'anno 2015.

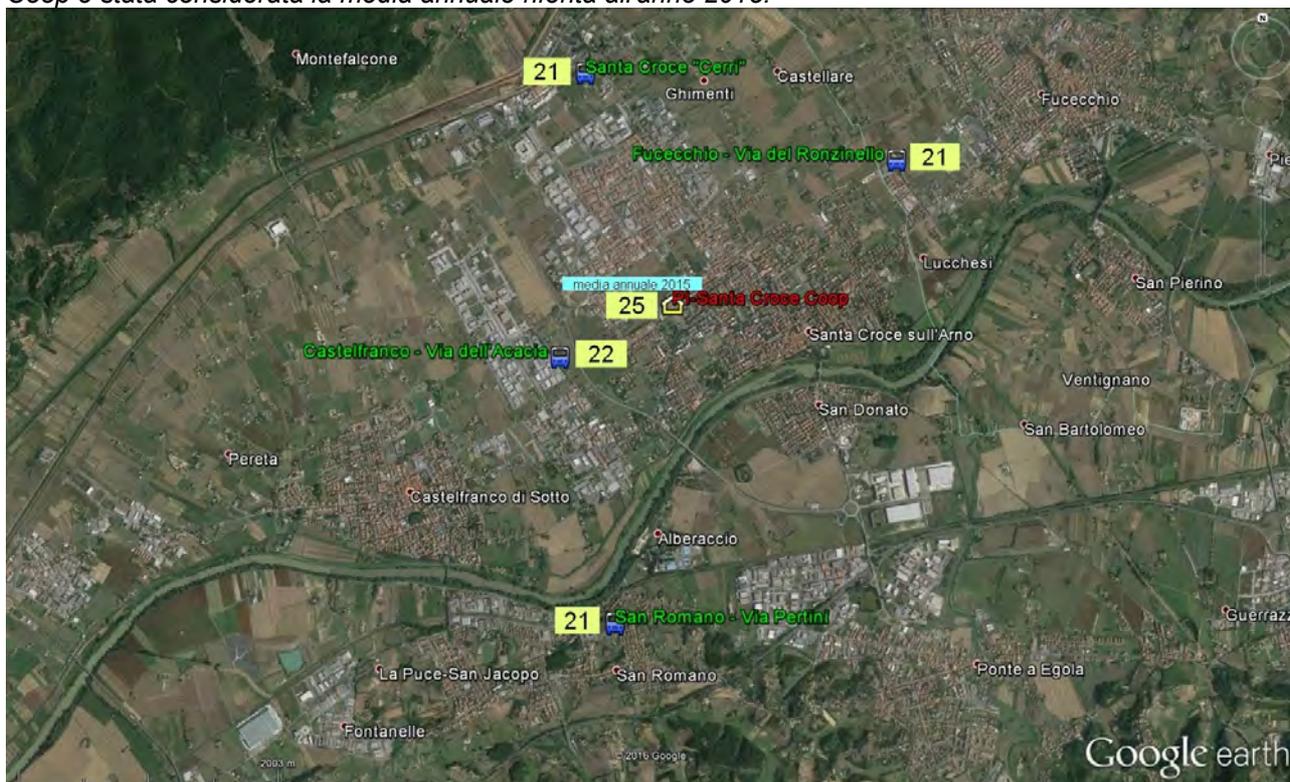


Immagine 5.2.1.b – Mappa dei valori delle massime medie orarie di NO₂ nei vari siti di misura. Per PI-Santa Croce Coop è stata considerata la massima media oraria riferita all'anno 2015.

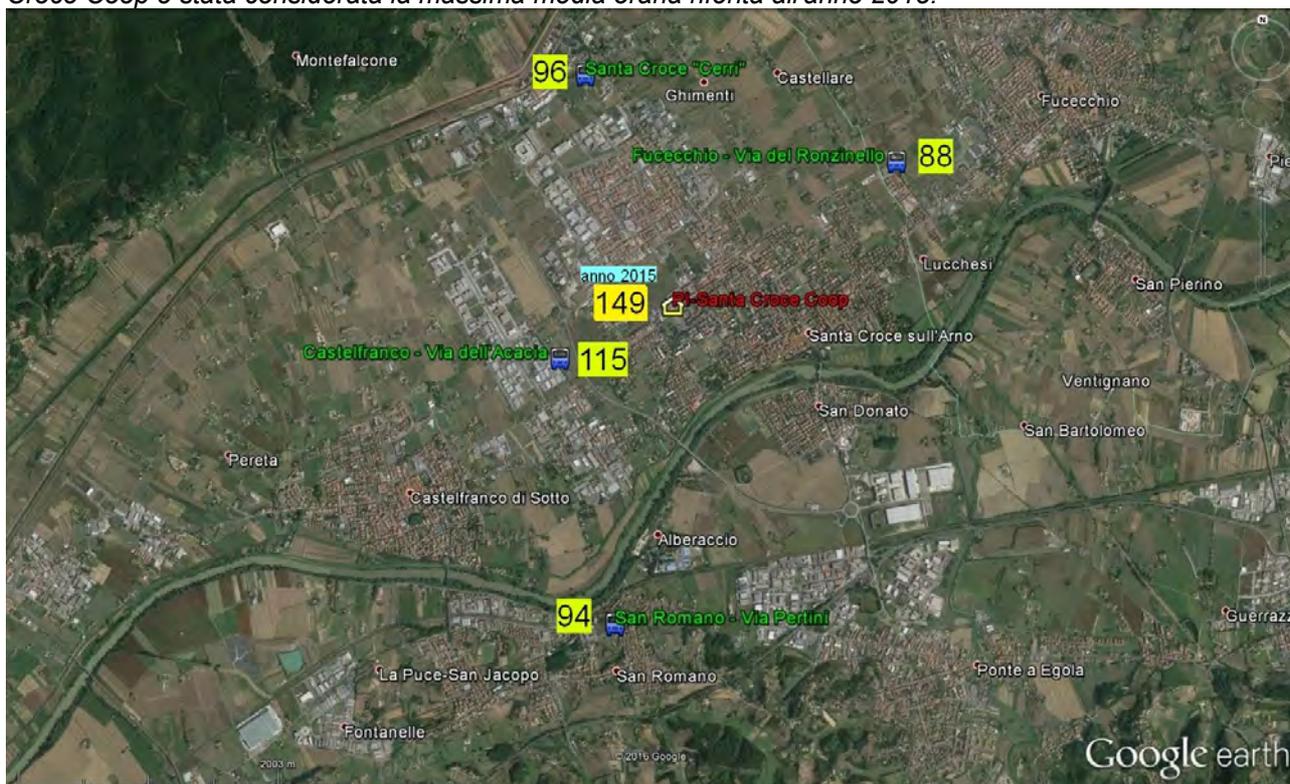


Grafico 5.2.1.a – Andamento dei valori delle medie orarie di NO₂ nel sito di Montopoli in Val d'Arno

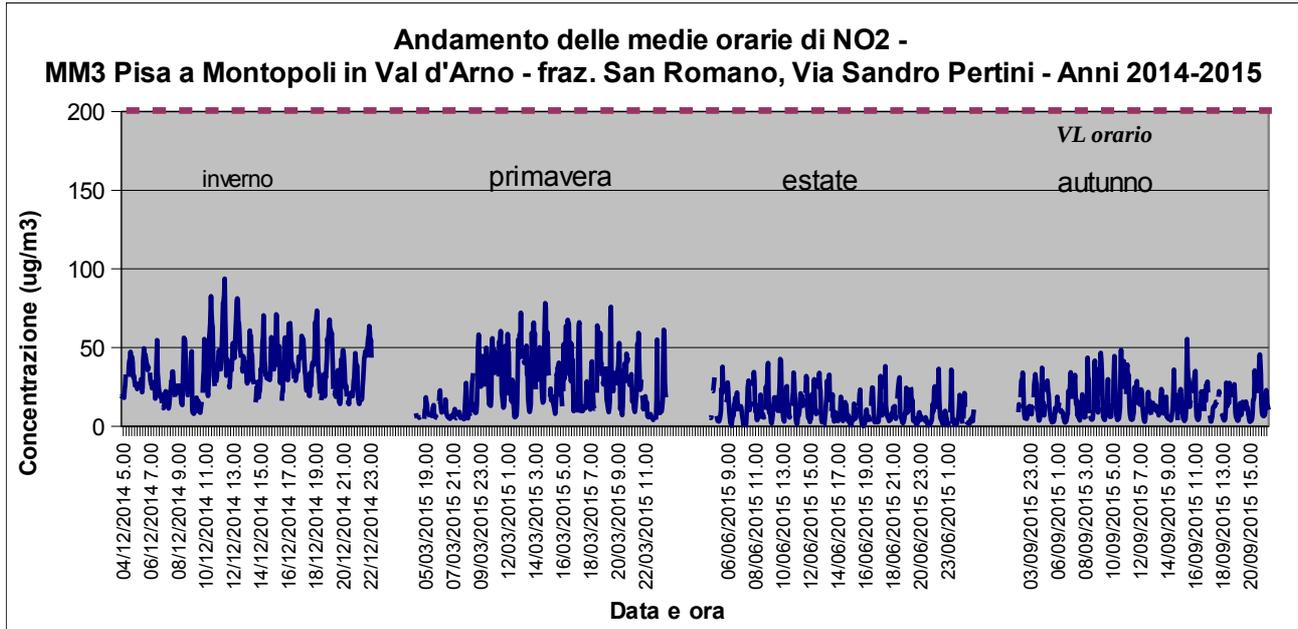


Grafico 5.2.1.b – Andamento dei valori delle medie orarie di NO₂ nel sito di Santa Croce sull'Arno

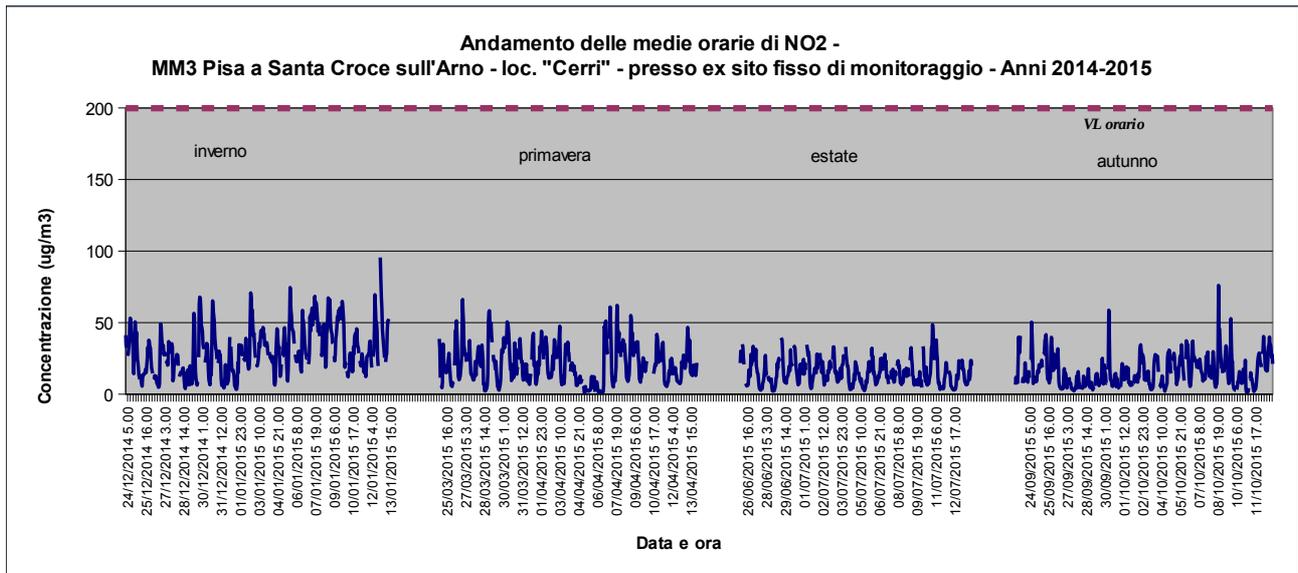


Grafico 5.2.1.c – Andamento dei valori delle medie orarie di NO₂ nel sito di Fucecchio (FI)

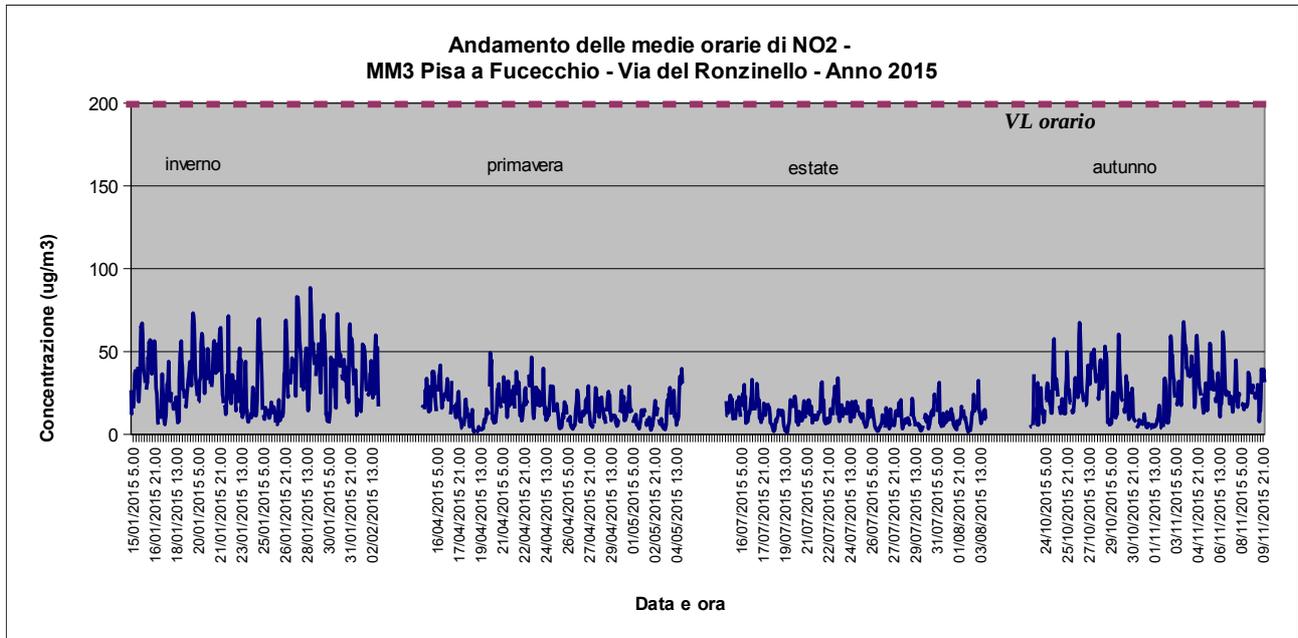
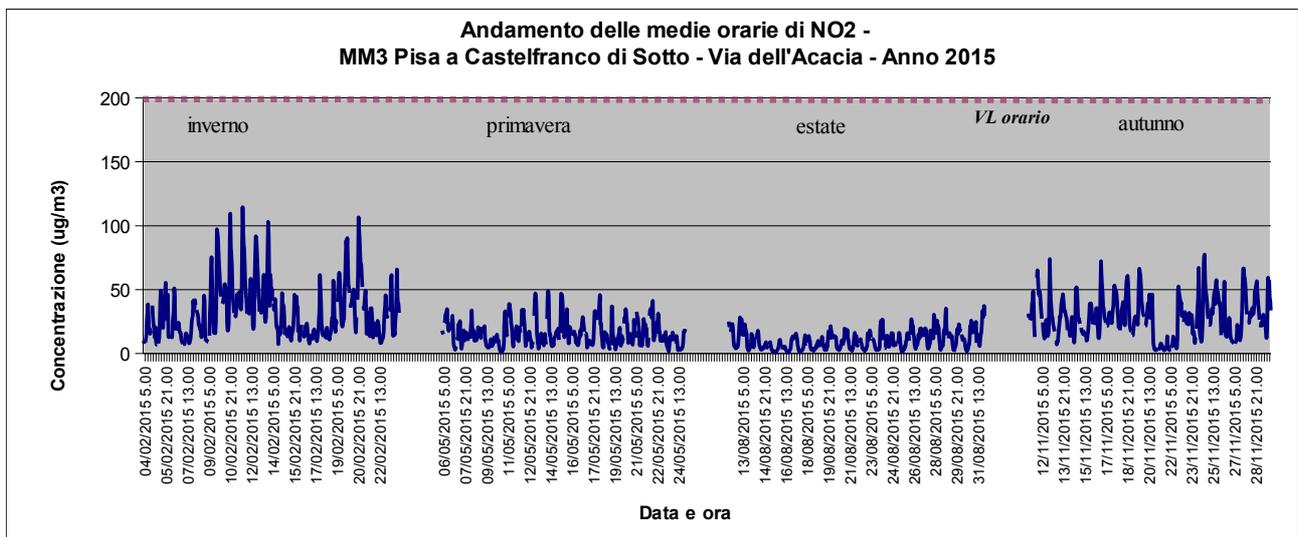


Grafico 5.2.1.d – Andamento dei valori delle medie orarie di NO₂ nel sito di Castelfranco di Sotto



5.2.2 Biossido di Zolfo (SO₂)

Tabella 5.2.2.a – Dati di SO₂ – indicatori annuali 2014-2015; confronto con LU-Capannori sugli stessi periodi di ciascuna campagna indicativa

SO2	MM3 Pisa	LU-Capannori
MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	4	2
Massima media oraria (µg/m ³)	14	14
Massima media giornaliera (µg/m ³)	8	7
n. ore valide	1687	1616
% ore valide	91%	87%
n. giorni validi	72	67
% giorni validi	94%	87%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m ³	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m ³	0	0
SANTA CROCE SULL'ARNO – Ex sito fisso Santa Croce “Cerri”, via I maggio		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	1	2
Massima media oraria (µg/m ³)	11	15
Massima media giornaliera (µg/m ³)	5	8
n. ore valide	1762	1803
% ore valide	93%	95%
n. giorni validi	75	78
% giorni validi	95%	99%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m ³	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m ³	0	0
FUCECCHIO – Via del Ronzinello		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	2	2
Massima media oraria (µg/m ³)	11	15
Massima media giornaliera (µg/m ³)	6	8
n. ore valide	1743	1729
% ore valide	94%	94%
n. giorni validi	76	76
% giorni validi	99%	99%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m ³	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m ³	0	0
CASTELFRANCO DI SOTTO – Via dell'Acacia		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	1	1
Massima media oraria (µg/m ³)	49	7
Massima media giornaliera (µg/m ³)	4	4
n. ore valide	1772	1780
% ore valide	95%	95%
n. giorni validi	78	78
% giorni validi	100%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m ³	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m ³	0	0

Tabella 5.2.2.b – Dati di SO₂ - indicatori stagionali per ciascun sito di misura

SO ₂	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	3	2	6	5
Massima media oraria (µg/m ³)	13	10	14	11
Massima media giornaliera (µg/m ³)	7	7	8	7
n. ore valide	425	429	443	390
% ore valide	93%	94%	92%	86%
n. giorni validi	18	18	19	17
% giorni validi	95%	95%	95%	89%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m ³	0	0	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m ³	0	0	0	0
SANTA CROCE SULL'ARNO – Ex sito fisso Santa Croce “Cerri”, via I maggio				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	4	0	0	0
Massima media oraria (µg/m ³)	11	8	5	7
Massima media giornaliera (µg/m ³)	5	1	1	2
n. ore valide	465	456	432	437
% ore valide	92%	95%	94%	91%
n. giorni validi	20	20	17	18
% giorni validi	95%	100%	94%	90%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m ³	0	0	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m ³	0	0	0	0
FUCECCHIO – Via del Ronzinello				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	3	1	1	2
Massima media oraria (µg/m ³)	9	6	4	11
Massima media giornaliera (µg/m ³)	6	3	2	4
n. ore valide	433	456	454	400
% ore valide	95%	95%	95%	93%
n. giorni validi	19	20	20	17
% giorni validi	100%	100%	100%	94%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m ³	0	0	0	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m ³	0	0	0	0
CASTELFRANCO DI SOTTO – Via dell'Acacia				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	1	1	0	3
Massima media oraria (µg/m ³)	8	49	8	7
Massima media giornaliera (µg/m ³)	4	3	2	4
n. ore valide	454	434	450	434
% ore valide	95%	95%	94%	95%
n. giorni validi	20	19	20	19
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m ³	0	0	0	0

I valori limite previsti dal D.Lgs. 155/10 per la protezione della salute umana, intesi come 350 µg/m³ con tempo di mediazione di 1 ora, da non superare più di 24 volte per anno civile, e 125 µg/m³, con tempo di mediazione di 24 ore, da non superare più di 3 volte per anno civile, risultano ampiamente rispettati. Gli stessi valori massimi riportati in tabella, orario e della media giornaliera, estremamente contenuti rispetto a 350 µg/m³ e 125 µg/m³, confermano che nel periodo di indagine non si sono verificati episodi acuti rilevanti di inquinamento da biossido di zolfo. I valori rilevati nella postazione di Santa Croce “Cerri” hanno lo stesso andamento di quelli già registrati nelle indagini

degli anni precedenti nel medesimo sito. Anche per quanto riguarda il sito di LU-Capannori, preso a riferimento, i valori massimi delle medie orarie e giornaliere risultano estremamente contenuti.

Tabella 5.2.2.c – Dati di SO₂– indicatori annuali 2015 di LU-Capannori

SO ₂ – INDICATORI ANNUALI 2015	LU-Capannori
Media annuale (µg/m ³)	1
Massima media oraria (µg/m ³)	15
Massima media giornaliera (µg/m ³)	8
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m ³	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m ³	0

Immagine 5.2.2.a – Mappa con i valori delle concentrazioni massime orarie di SO₂ nei vari siti di misura



Immagine 5.2.2.b – Mappa con i valori delle concentrazioni massime giornaliere di SO₂ nei vari siti di misura

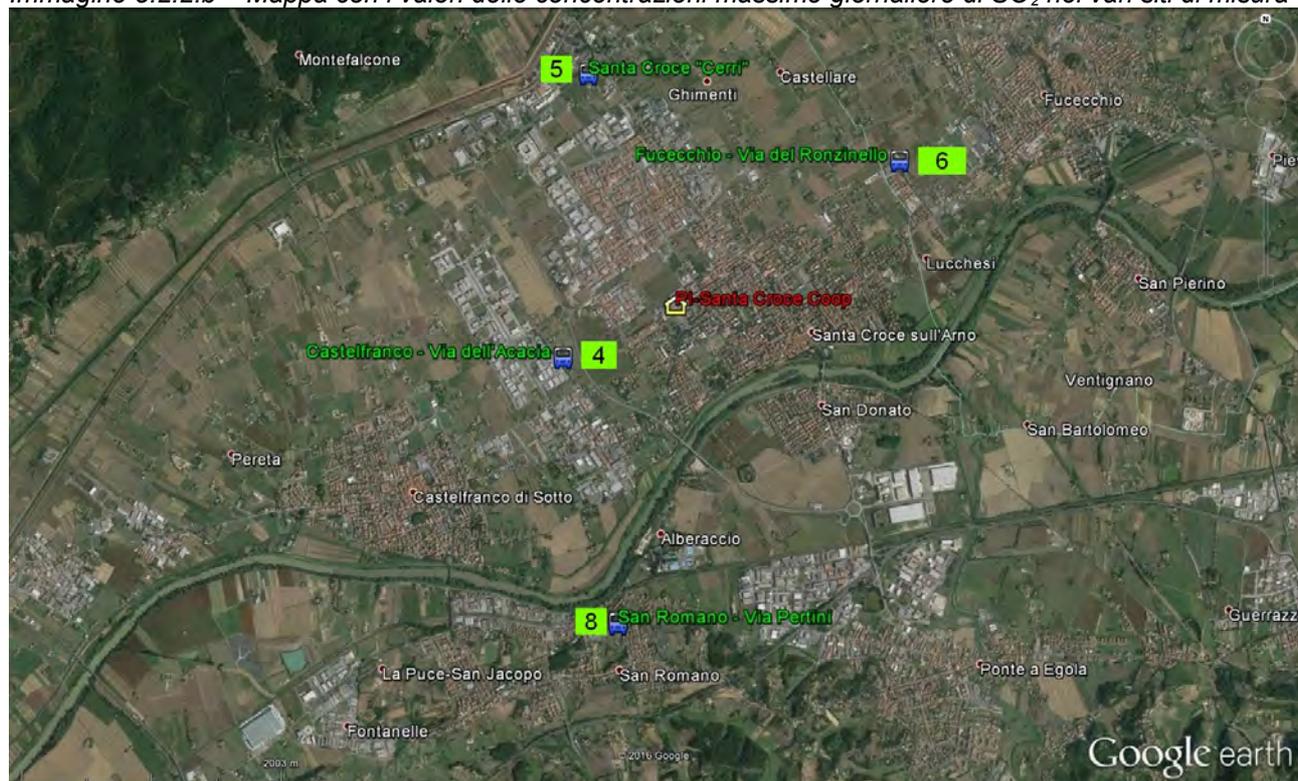


Grafico 5.2.2.a – Andamento delle medie orarie di Biossido di Zolfo nel sito di Montopoli in Val d'Arno

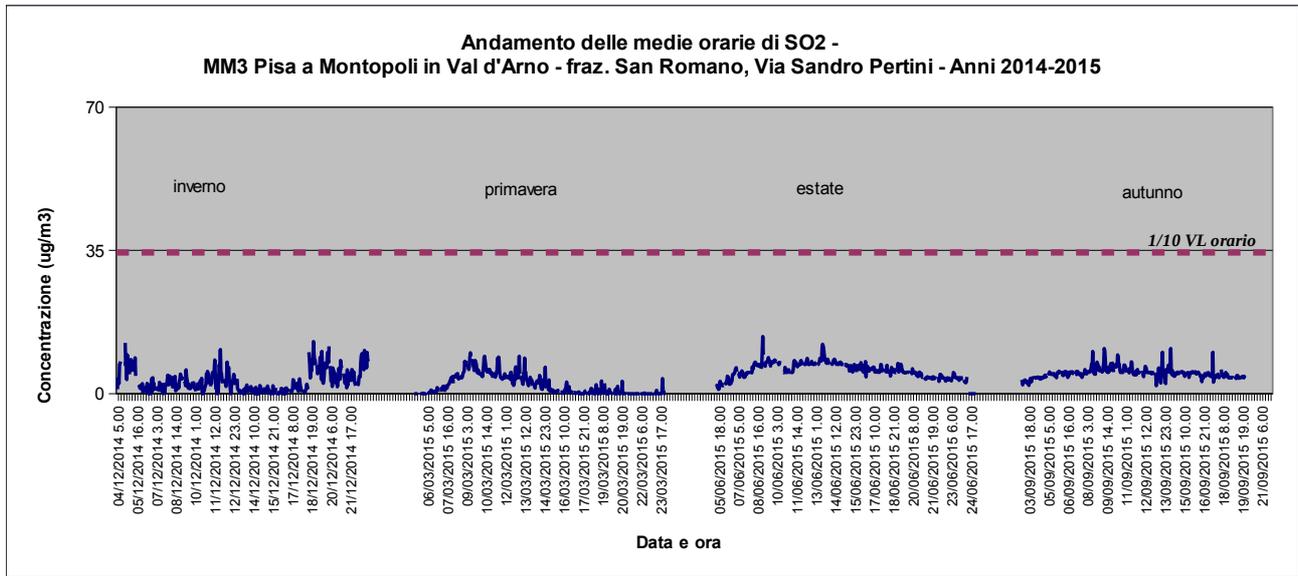


Grafico 5.2.2.b – Andamento dei valori delle medie orarie di Biossido di Zolfo nel sito di Santa Croce sull'Arno

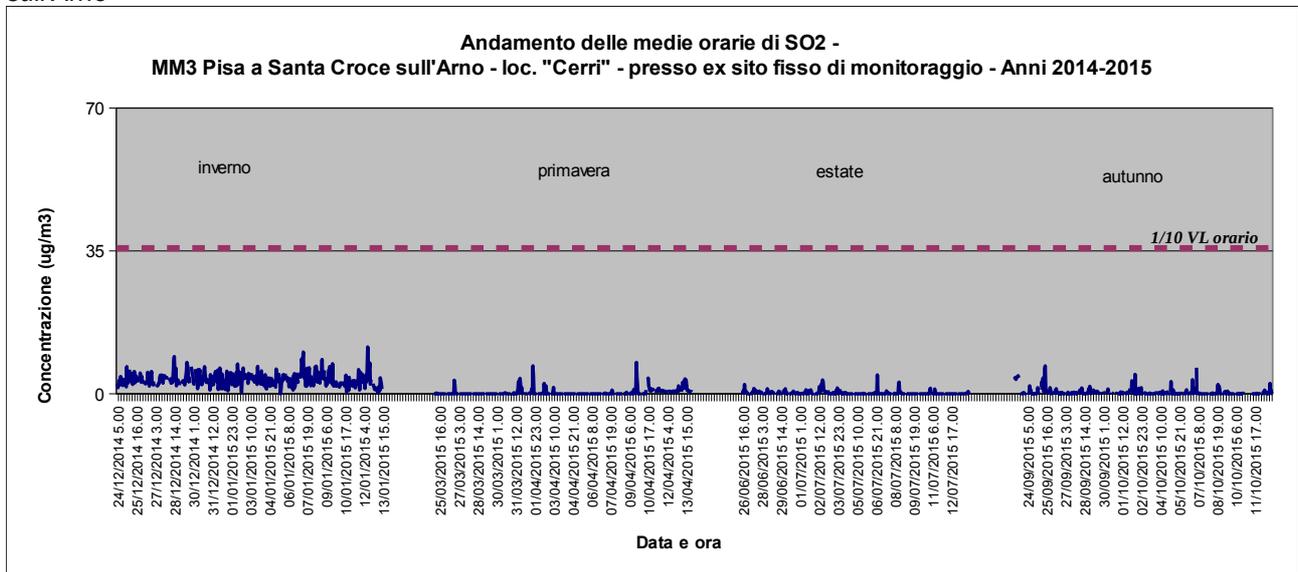


Grafico 5.2.2.c – Andamento dei valori delle medie orarie di Biossido di Zolfo nel sito di Fucecchio (FI)

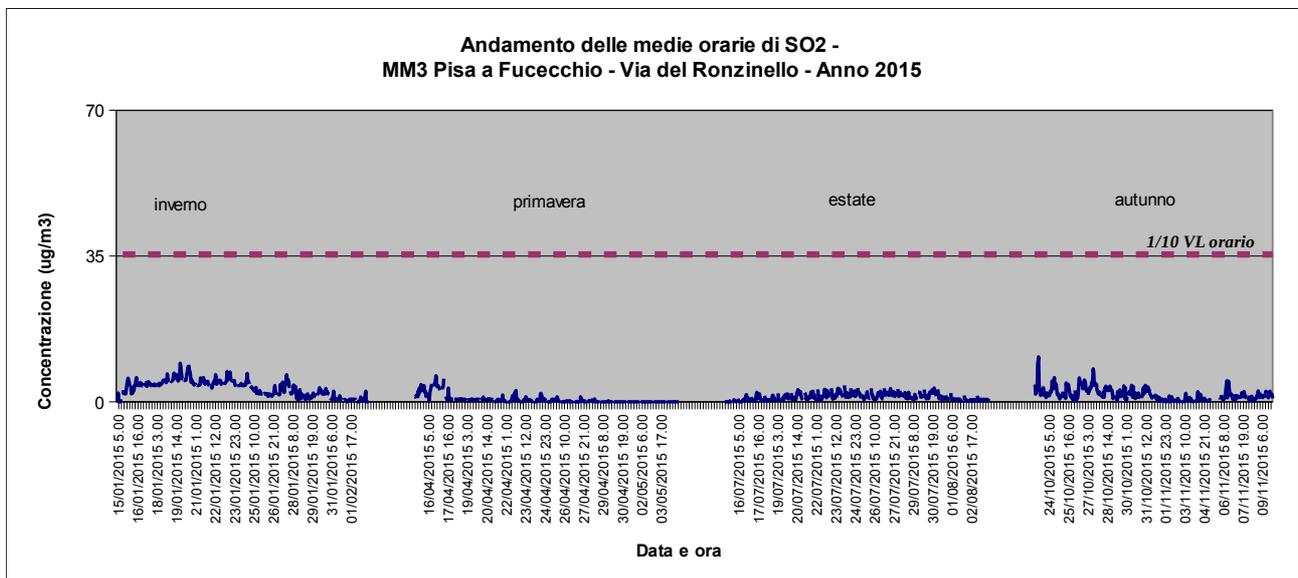
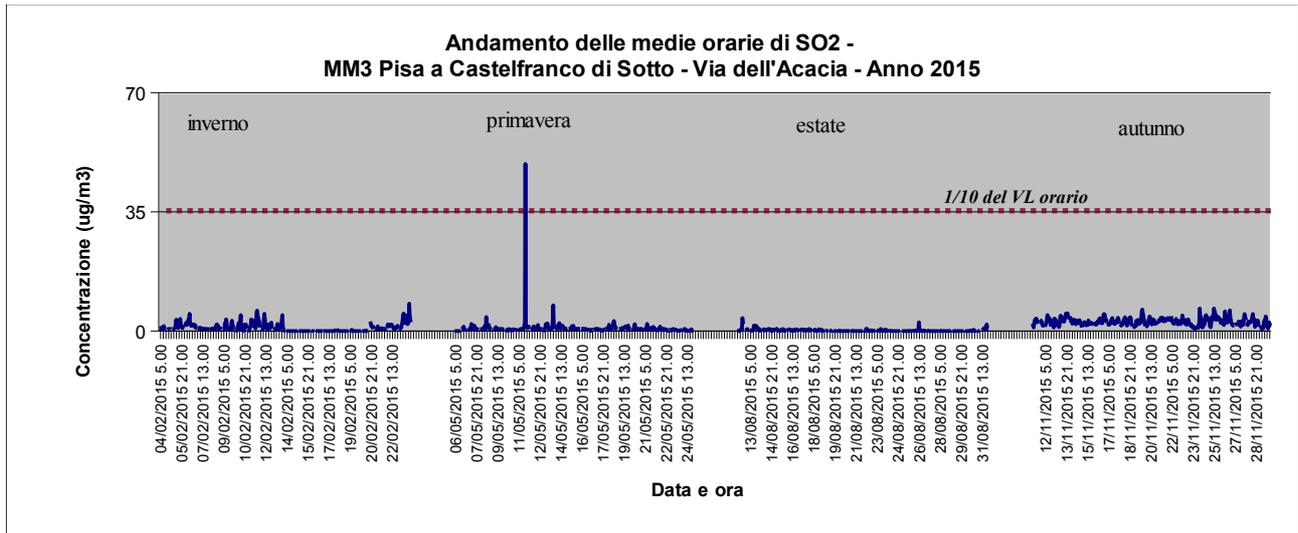


Grafico 5.2.2.c – Andamento dei valori delle medie orarie di Biossido di Zolfo nel sito di Castelfranco di Sotto



Solo in un caso, a Castelfranco di Sotto, via dell'Acacia, nella stagione primaverile, è stata rilevato un valore medio orario di concentrazione di SO₂ superiore a 1/10 del VL orario. Va segnalata, inoltre, una certa costanza al di sopra del limite di rilevabilità strumentale nel corso delle varie stagioni dei valori medi orari registrati a Montopoli - San Romano, verosimilmente derivanti da una fonte di emissione puntuale di SO₂.

Un prevedibile incremento dei valori medi orari, percepibile rispetto al limite di rilevabilità strumentale, si nota nel periodo invernale in tutti i siti indagati.

5.2.3 Polveri PM10

Le polveri PM10 sono state campionate secondo il metodo ufficiale gravimetrico (vedi norma tecnica UNI EN 12341:2014) in un intervallo di tempo di due settimane a stagione per ciascuna delle quattro campagne di misure e sono qui sotto illustrate nelle seguenti tabelle riassuntive.

Tabella 5.2.3.a – Dati di PM10 – indicatori annuali 2014-2015; confronto con PI-Santa Croce Coop sugli stessi periodi di ciascuna campagna indicativa

PM10	MM3 PISA	PI-SC_Coop
MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini		
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	27	34
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	61	75
n. giorni validi	59	56
% giorni validi	98%	93%
90,4° percentile (da confrontare con VL giornaliero)	50	58
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	6	8
SANTA CROCE SULL'ARNO – Ex sito fisso Santa Croce “Cerri”, via I maggio		
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29	31
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	84	93
n. giorni validi	59	59
% giorni validi	98%	98%
90,4° percentile (da confrontare con VL giornaliero)	49	61
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	5	9
FUCECCHIO – Via del Ronzinello		
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25	n.c.
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	49	51
n. giorni validi	58	45
% giorni validi	97%	75%
90,4° percentile (da confrontare con VL giornaliero)	41	n.c.
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	1
CASTELFRANCO DI SOTTO – Via dell'Acacia		
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	23	28
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	51	58
n. giorni validi	59	58
% giorni validi	98%	97%
90,4° percentile (da confrontare con VL giornaliero)	45	49
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1	5

Tabella 5.2.3.b – Dati di PM10 - indicatori stagionali per ciascun sito di misura

PM10	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini				
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	37	34	19	19
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	61	53	26	38
n. giorni validi	15	14	15	15
% giorni validi	100%	93%	100%	100%
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3	3	0	0
SANTA CROCE SULL'ARNO – Ex sito fisso Santa Croce “Cerri”, via I maggio				
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	48	24	27	16
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	84	41	37	26
n. giorni validi	14	15	15	15
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	5	0	0	0
FUCECCHIO – Via del Ronzinello				
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29	20	25	28
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	49	29	28	45
n. giorni validi	15	15	13	15
% giorni validi	100%	100%	87%	100%
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0
CASTELFRANCO DI SOTTO – Via dell'Acacia				
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25	21	14	34
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	51	27	27	48
n. giorni validi	14	15	15	15
% giorni validi	93%	100%	100%	100%
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1	0	0	0

Tabella 5.2.3.c – Dati di PM10 – indicatori annuali 2015 di PI-Santa Croce Coop

PM10 – INDICATORI ANNUALI 2015	PI-SC_Coop
Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	94
n. superamenti del VL giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	40

Come evidente da Tabella 5.2.3.a, si hanno superamenti in tutti i siti esaminati, compreso quello di Santa Croce “Coop” preso a riferimento, tranne che a Fucecchio – Via del Ronzinello, dove il valore giornaliero massimo registrato è stato di $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'unico superamento registrato a Castelfranco di Sotto è appena al di sopra del VL giornaliero ($51 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre vi sono 6 sforamenti a Montopoli in Val d'Arno e 5 superamenti a Santa Croce “Cerri”. Tutti gli indicatori di periodo ricavati dalle quattro indagini risultano al di sotto dell'indicatore registrato, sui medesimi periodi, nel sito fisso di Santa Croce “Coop” preso a riferimento. Le stesse considerazioni valgono anche per il valore riferito al 90,4° percentile, da confrontare con il VL giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nel caso dell'indagine a Fucecchio, per il sito fisso di Santa Croce “Coop” non è stato possibile calcolare la media delle medie giornaliere né il valore riferito al 90,4° percentile, in quanto vi è una mancanza di dati di PM10 nel periodo invernale in cui si è svolta l'indagine stessa.

Dall'analisi delle tabelle 5.2.3, limitatamente ai dati raccolti, possiamo dedurre che il sito in cui viene sicuramente superato il numero di 35 superamenti del VL giornaliero di PM10 in un anno è Santa Croce “Coop”: infatti sono stati registrati 40 superamenti riferiti all'anno 2015. Per quanto riguarda i siti oggetto delle campagne indicative il valore riferito al 90,4° percentile è nell'intorno di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Montopoli in Val d'Arno (valore riferito al 90,4° percentile uguale a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e a Santa Croce “Cerri” (valore riferito al 90,4° percentile uguale a $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$), che indica una elevata probabilità che anche in queste postazioni si possa verificare il superamento del VL relativo al numero di superamenti del VL giornaliero (35) di PM10 in un anno.

Nonostante la vicinanza geografica a Santa Croce “Coop”, il sito di Castelfranco via dell'Acacia, che fa registrare un valore riferito al 90,4° percentile pari a $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, potrebbe suggerire il non superamento del limite normativo giornaliero. Analoghe considerazioni possono essere fatte per la postazione di Fucecchio via del Ronzinello (valore riferito al 90,4° percentile pari a $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Immagine 5.2.3.a – Mappa con i valori delle concentrazioni medie annuali di PM10 nei vari siti. Per PI-Santa Croce Coop è stata considerata il valore della media annuale riferita all'anno 2015.



Immagine 5.2.3.b – Mappa con i valori relativi al 90,4° percentile nei vari siti di misurata. Per PI-Santa Croce Coop è stato considerato il numero di superamenti del VL giornaliero PM10 nell'anno 2015.



Andamenti delle Medie giornaliere

Grafico 5.2.3.a – PM10 – andamenti delle medie giornaliere nelle campagne di misura invernali: confronto con PI-Santa Croce “Coop” [dicembre 2014 – febbraio 2015]

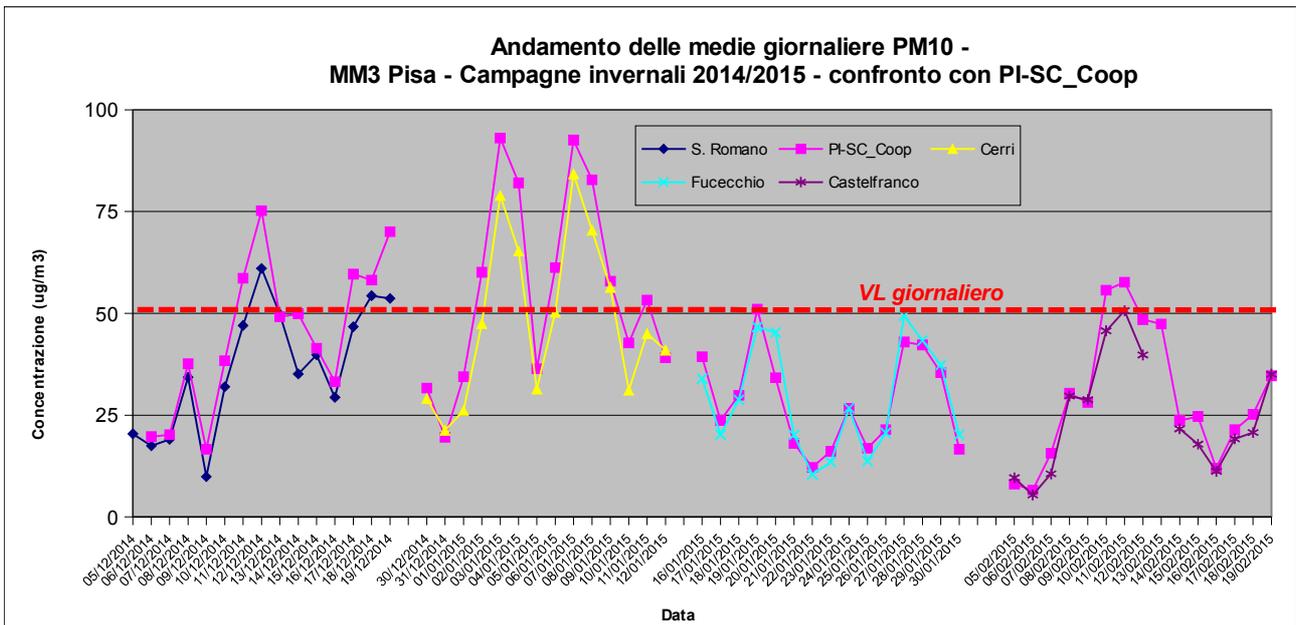


Grafico 5.2.3.b – PM10 – andamenti delle medie giornaliere nelle campagne di misura primaverili: confronto con PI-Santa Croce “Coop” [marzo - maggio 2015]

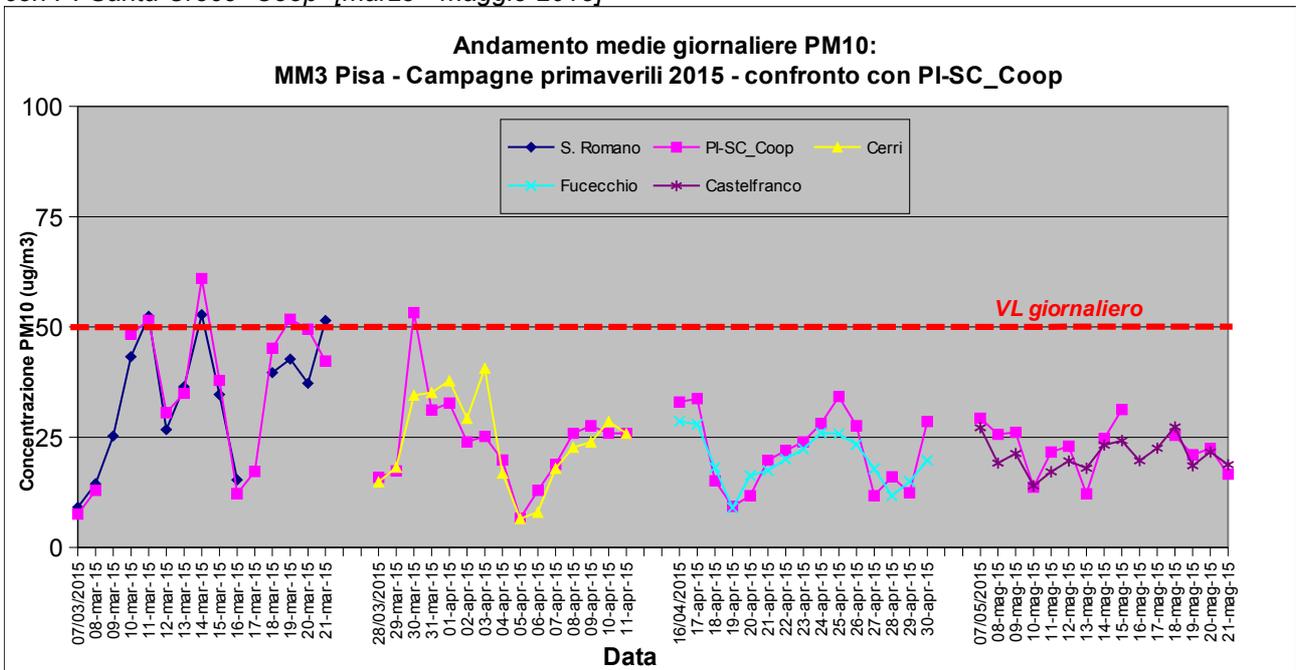


Grafico 5.2.3.c – PM10 – andamenti delle medie giornaliere nelle campagne di misura estive: confronto con PI-Santa Croce “Coop” [giugno - agosto 2015]

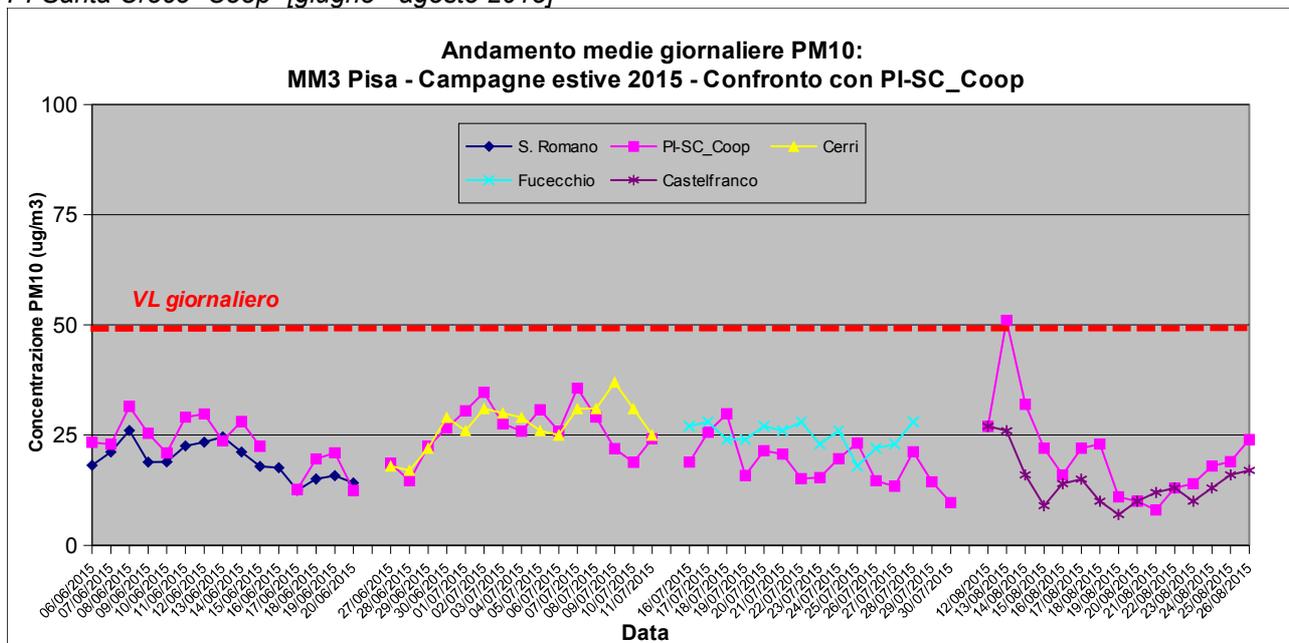
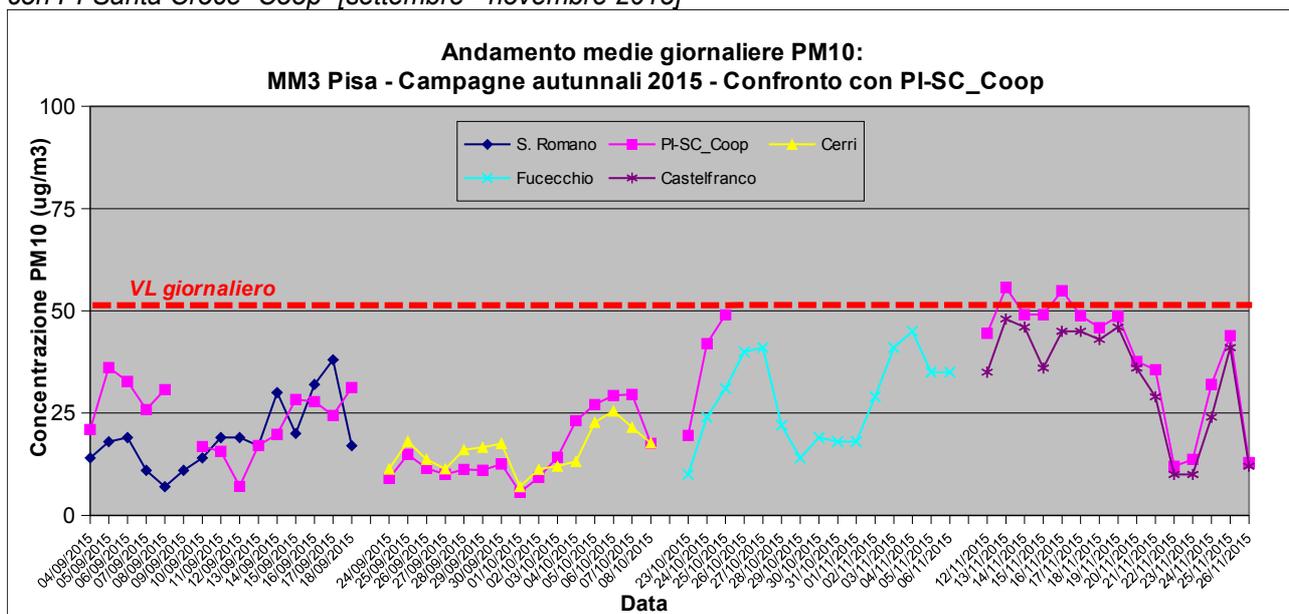


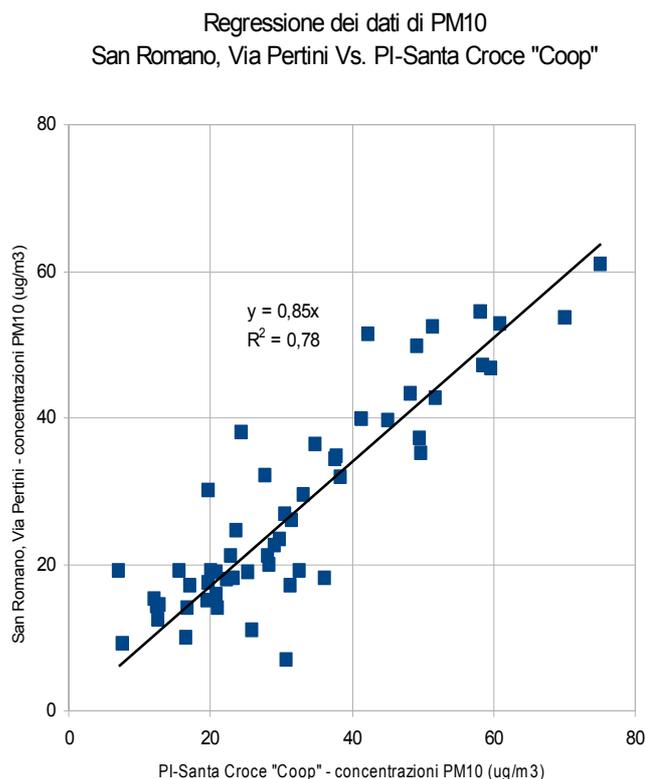
Grafico 5.2.3.d – PM10 – andamenti delle medie giornaliere nelle campagne di misura autunnali: confronto con PI-Santa Croce “Coop” [settembre - novembre 2015]



Osservando la serie di grafici 5.2.3 si osserva che i valori medi giornalieri di PM10 registrati a Santa Croce “Coop” sono mediamente superiori rispetto ai valori medi di PM10 rilevati nei siti indagati dal Laboratorio mobile 3. Ne è evidenza anche la Tabella 5.2.3.a sopra riportata. Sono evidenti anche gli andamenti tipici stagionali per questo tipo di inquinante, elevati ovunque nel periodo invernale / primo periodo primaverile, valori contenuti al di sotto del VL giornaliero nel periodo pieno primaverile fino a tutto il periodo estivo e gran parte del periodo autunnale. Fa eccezione un superamento del VL del sito fisso regionale preso a riferimento durante la campagna di misure a Castelfranco via dell’Acacia, da imputarsi a fonti di emissione prettamente locali.

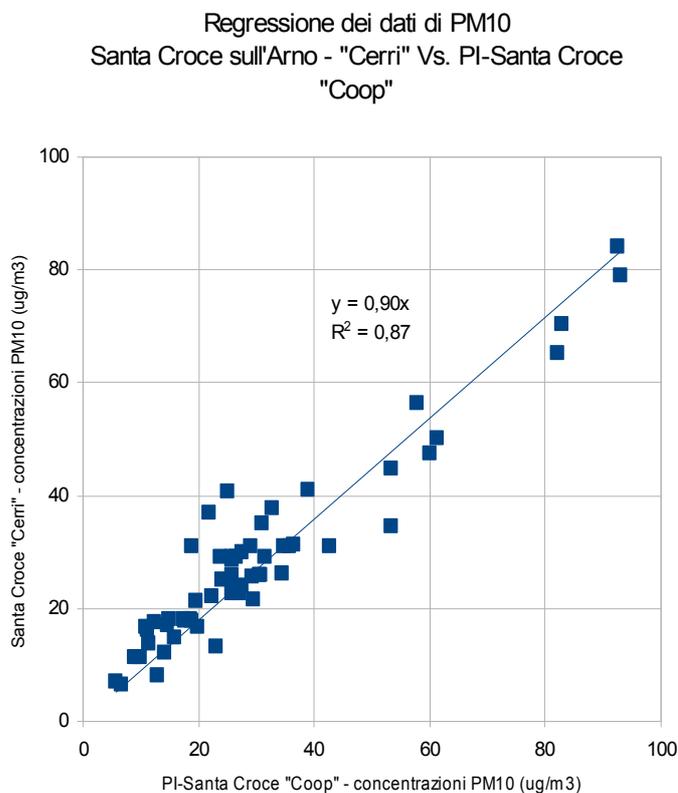
Correlazione tra valori delle medie giornaliere di PM10 misurate con metodo gravimetrico nei siti del MM e i valori delle medie giornaliere PM10 misurate con metodo automatico a PI-Santa Croce Coop sugli stessi intervalli temporali

Grafico 5.2.3.a – sito di Montopoli in Val d'Arno – frazione San Romano e PI-Santa Croce Coop



COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DI PEARSON: 0,89

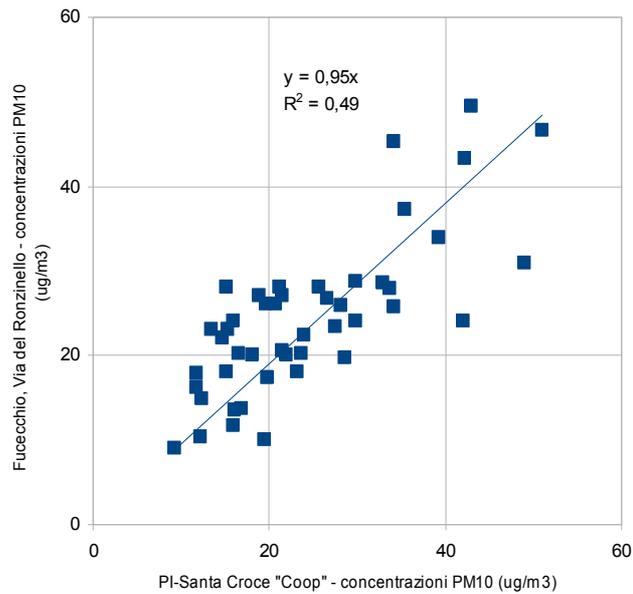
Grafico 5.2.3.b – sito di Santa Croce sull'Arno – Loc. "Cerri" PI-Santa Croce Coop



COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DI PEARSON: 0,95

Grafico 5.2.3.c – sito di Fucecchio PI-Santa Croce Coop

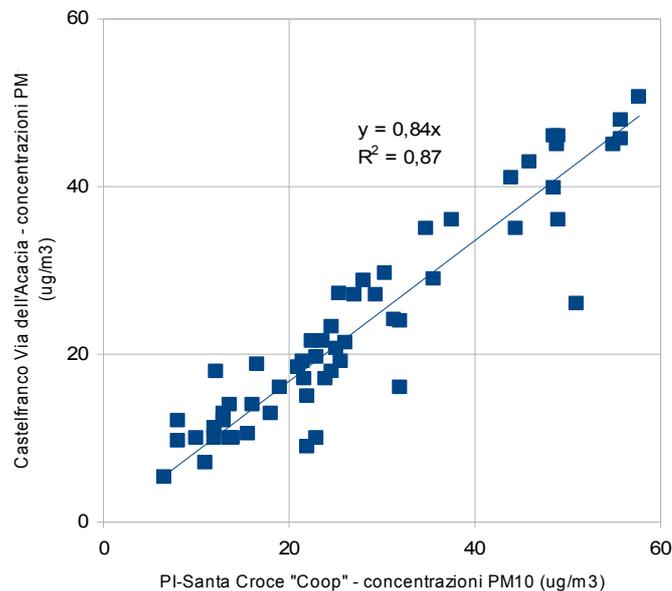
Regressione dei dati di PM10
Fucecchio, Via del Ronzinello Vs. PI-Santa Croce
"Coop"



COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DI PEARSON: 0,77

Grafico 5.2.3.d – sito di Castelfranco di Sotto e PI-Santa Croce Coop

Regressione dei dati di PM10
Castelfranco Via dell'Acacia Vs. PI-Santa Croce
"Coop"



COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DI PEARSON: 0,94

Come si può evidenziare dalla serie di Grafici 5.2.3 di dispersione sopra riportati, vi è una fortissima correlazione (coefficiente di correlazione maggiore o prossimo a 0,9) tra i dati del sito fisso preso a riferimento (Santa Croce "Coop") e le misure ottenute con metodo gravimetrico a Santa Croce "Cerri", Castelfranco Via dell'Acacia e Montopoli in Val d'Arno; si evidenzia invece una correlazione forte, con coefficiente di Pearson inferiore a 0,9 ma superiore a 0,7, per quanto

riguarda Fucecchio, che geograficamente risulta anche il sito più lontano dalla stazione di riferimento fissa. Si rimanda all'Allegato 2 per la definizione di tale indice di correlazione.

Si osserva inoltre che in tutti i casi i coefficienti della retta di regressione sono inferiori a 1, il che conferma quanto già evidenziato: mediamente i valori di PM10 misurati a Santa Croce "Coop" presentano valori più elevati rispetto a quelli ottenuti nei vari siti oggetto delle indagini.

Sono in corso ulteriori approfondimenti sui dati finalizzati alla verifica della rappresentatività spaziale della stazione di PI-Santa Croce "Coop".

5.2.4 Polveri PM2,5

Anche le polveri PM2,5 sono state campionate secondo il metodo ufficiale gravimetrico (vedi norma tecnica UNI EN 12341:2014), in modo analogo a quanto detto sopra nel Par. 5.2.3 per il PM10. Sono di seguito riportate le tabelle riassuntive su base annuale per sito di misura con confronto con i siti fissi di riferimento di PI-Passi e LU-Capannori, in cui è attivo il monitoraggio sia del PM10 che del PM2,5. Più sotto, la Tabella riassuntiva riferita all'anno 2015 per questi due siti:

Tabella 5.2.4.a – Dati di PM2,5 – indicatori annuali 2014-2015; confronto con PI-Passi e LU-Capannori sugli stessi periodi di ciascuna campagna indicativa

PM2,5	MM3 PISA	PI-Passi	LU-Capannori
MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini			
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18	17	30
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	45	50	104
n. giorni validi	58	57	54
% giorni validi	97%	95%	90%
SANTA CROCE SULL'ARNO – Ex sito fisso Santa Croce “Cerri”, via I maggio			
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19	18	28
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	73	71	127
n. giorni validi	59	60	58
% giorni validi	98%	100%	97%
FUCECCHIO – Via del Ronzinello			
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	15	22
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	35	39	73
n. giorni validi	58	59	59
% giorni validi	97%	98%	98%
CASTELFRANCO DI SOTTO – Via dell'Acacia			
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16	16	24
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	38	41	80
n. giorni validi	60	60	60
% giorni validi	100%	100%	100%

Tabella 5.2.4.b – Dati di PM2,5 – indicatori annuali 2015 di PI-Passi e LU-Capannori

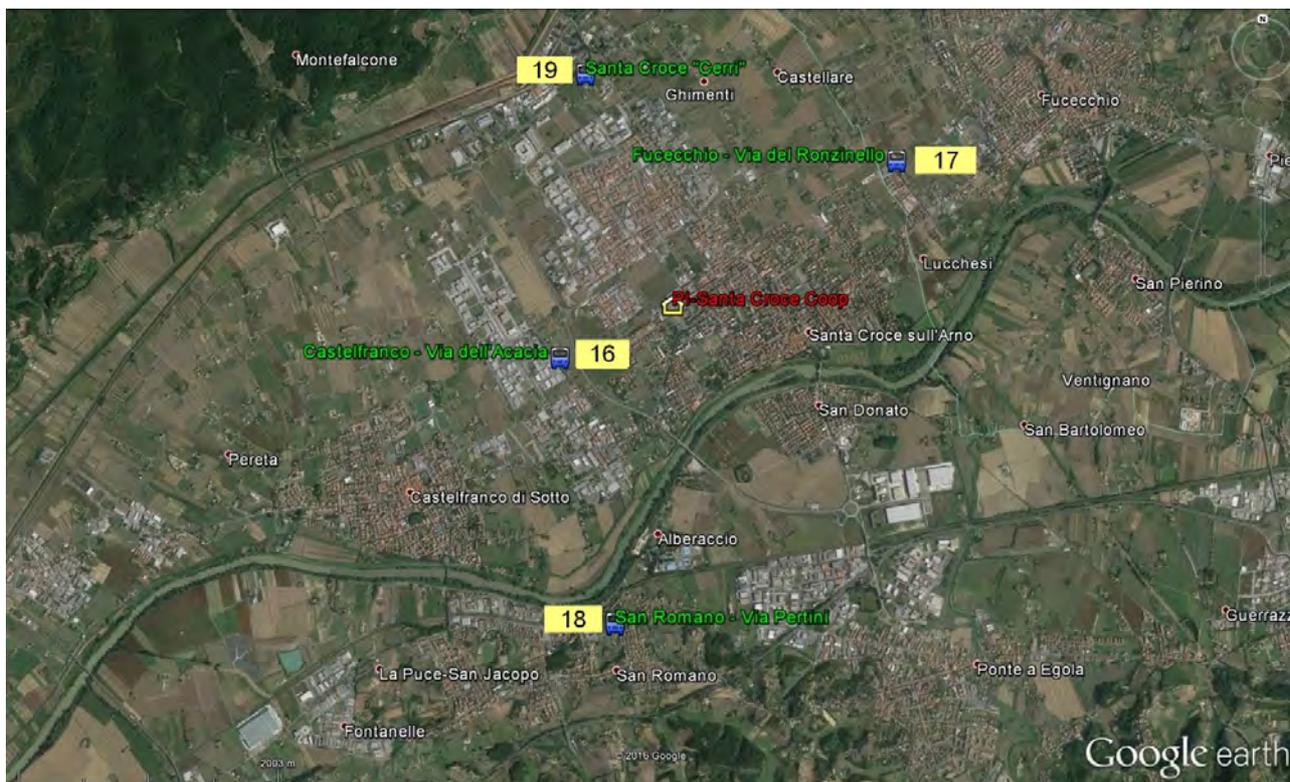
PM2,5 – INDICATORI ANNUALI 2015	PI-Passi	LU-Capannori
Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	25
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	71	127

Qui viene riportata Tabella riassuntiva riferita ai quattro siti oggetto delle presenti indagini, che analizza i vari indicatori riguardanti il PM2,5 su base stagionale:

Tabella 5.2.4.c – Dati di PM_{2,5} – indicatori stagionali per ciascun sito di misura

PM _{2,5}	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
MONTEPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini				
Media delle medie giornaliere (µg/m ³)	29	26	12	8
Massima media giornaliera (µg/m ³)	45	43	19	13
n. giorni validi	13	15	15	15
% giorni validi	87%	100%	100%	100%
SANTA CROCE SULL'ARNO – Ex sito fisso Santa Croce “Cerri”, via I maggio				
Media delle medie giornaliere (µg/m ³)	38	13	17	9
Massima media giornaliera (µg/m ³)	73	19	22	16
n. giorni validi	14	15	15	15
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
FUCECCHIO – Via del Ronzinello				
Media delle medie giornaliere (µg/m ³)	21	12	14	20
Massima media giornaliera (µg/m ³)	35	17	18	32
n. giorni validi	15	15	13	15
% giorni validi	100%	100%	87%	100%
CASTELFRANCO DI SOTTO – Via dell'Acacia				
Media delle medie giornaliere (µg/m ³)	19	11	8	23
Massima media giornaliera (µg/m ³)	38	16	20	37
n. giorni validi	15	15	15	15
% giorni validi	100%	100%	100%	100%

Immagine 5.2.4 – Mappa con i valori delle concentrazioni medie annuali di PM_{2,5} nei vari siti.



La Tabella 5.2.4.a evidenzia che della zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese, su cui il Comprensorio del Cuio insiste, la centralina fissa di rete regionale più attinente alla realtà dei siti oggetto delle presenti indagini è sicuramente PI-Passi, seppur geograficamente più lontana, dato che gli indicatori medi sui periodi riproducono molto meglio quelli ricavati dai vari monitoraggi del Laboratorio mobile 3. In tutti i casi, PI-Passi compreso, si ottengono indicatori ben al di sotto del VL annuale prescritto dalla normativa vigente (= 25 µg/m³), mentre LU-Capannori fa registrare un valore medio annuale pari esattamente al VL (Tabella 5.2.4.b). Molto probabilmente l'origine dei

vari contributi e la quantità degli stessi all'incremento di questo tipo di inquinante atmosferico non sono gli stessi nella città di Pisa e nella Piana Lucchese, di cui LU-Capannori fa parte.

In Tabella 5.2.4.c può essere rilevata la stagionalità che contraddistingue anche questo tipo di inquinante, con una preponderanza di valori elevati nelle stagioni inverno e autunno rispetto a primavera ed estate.

Grafico 5.2.4.a – PM10 e PM2,5 – andamenti delle medie giornaliere nella campagna invernale [dicembre 2014 – febbraio 2015]

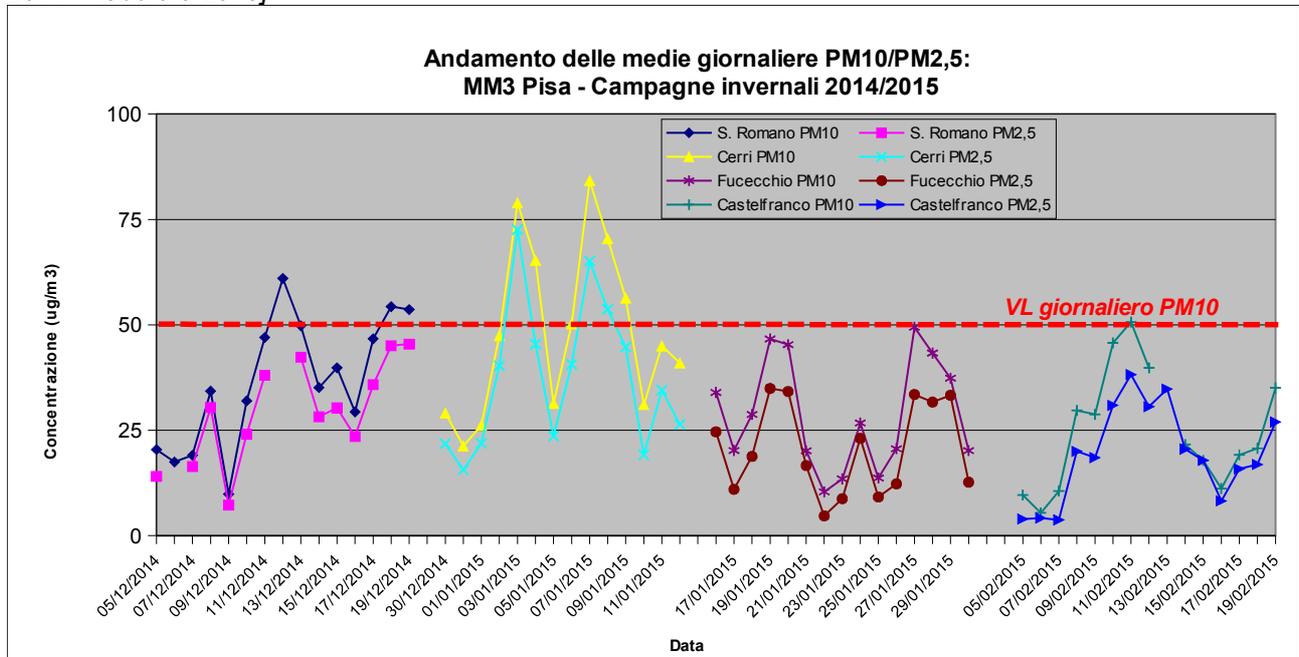


Grafico 5.2.4.b – PM10 e PM2,5 – andamenti delle medie giornaliere nella campagna primaverile [marzo – maggio 2015]

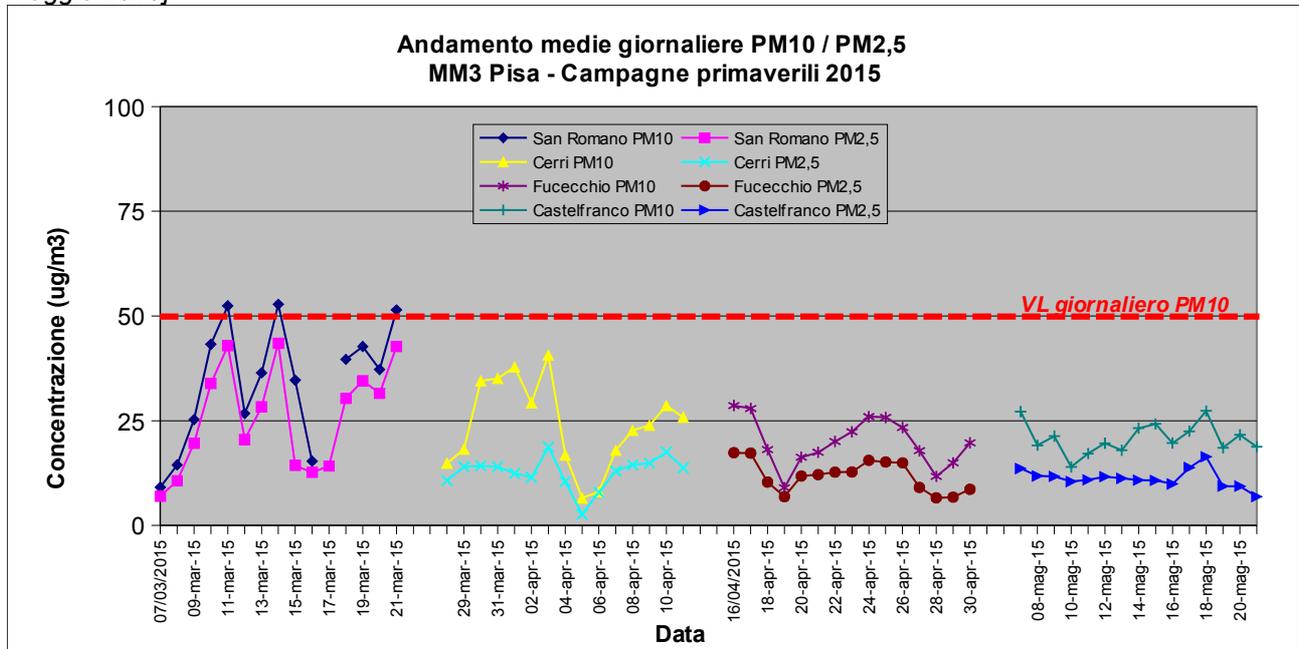


Grafico 5.2.4.c – PM10 e PM2,5 – andamenti delle medie giornaliere nella campagna estiva [giugno – agosto 2015]

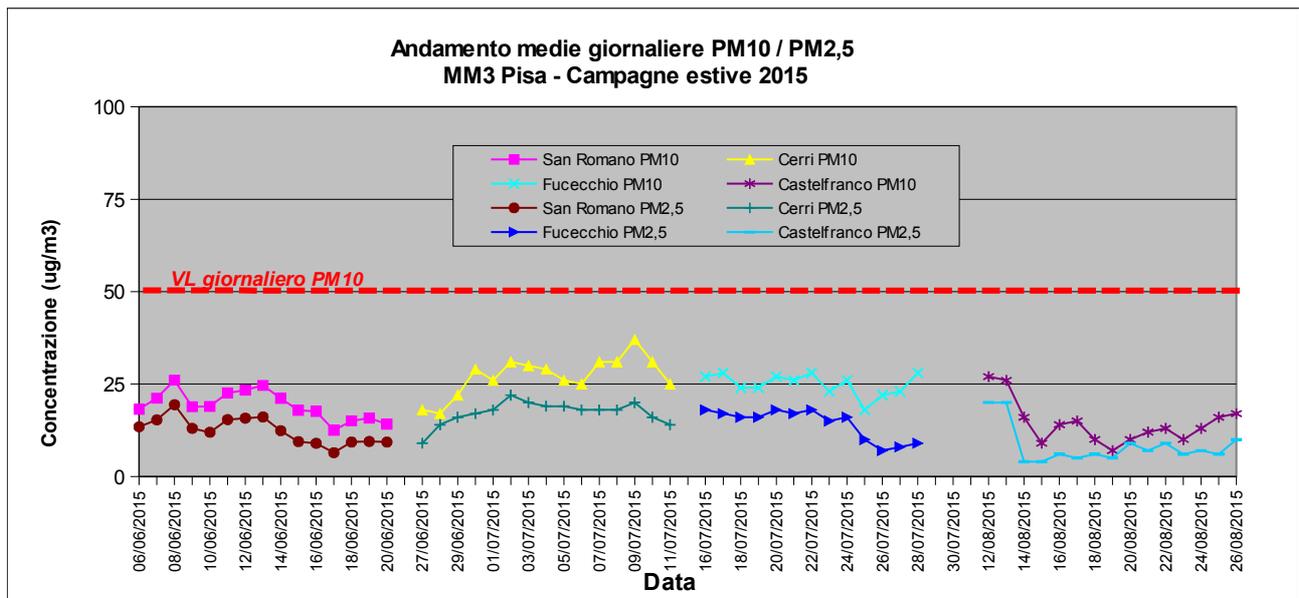


Grafico 5.2.4.d – PM10 e PM2,5 – andamenti delle medie giornaliere nella campagna autunnale [settembre – novembre 2015]

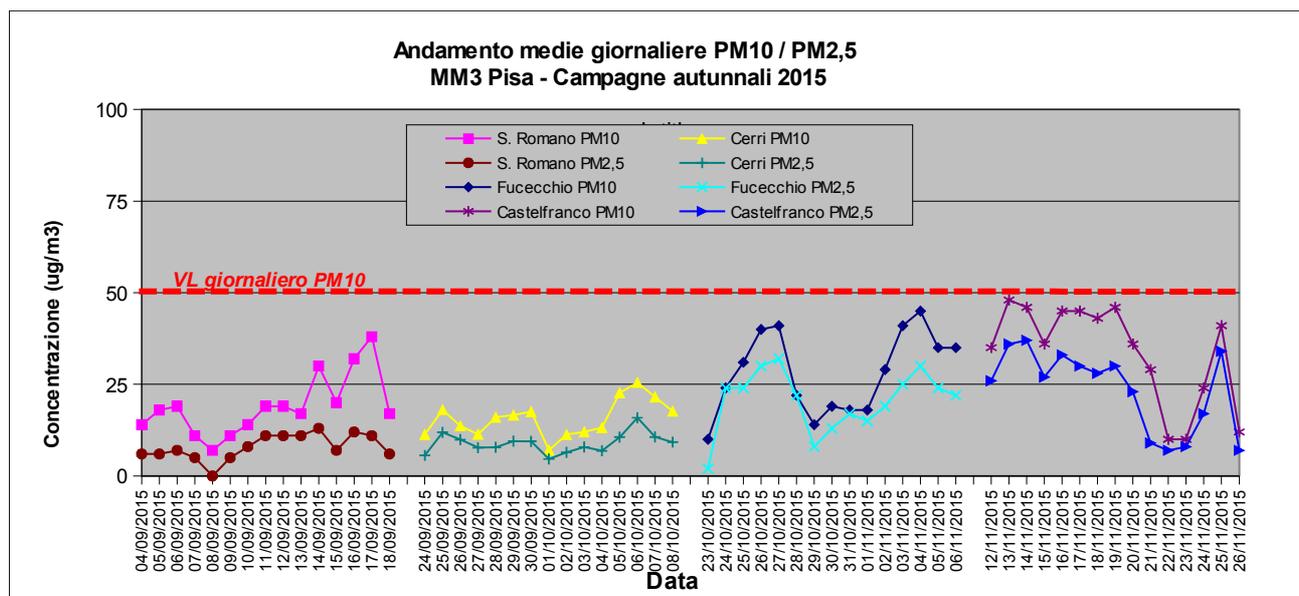


Grafico 5.2.4.e – PM2,5 – andamenti delle medie giornaliere nelle campagne di misura invernali: confronto con PI-Passi e LU-Capannori [dicembre 2014 – febbraio 2015]

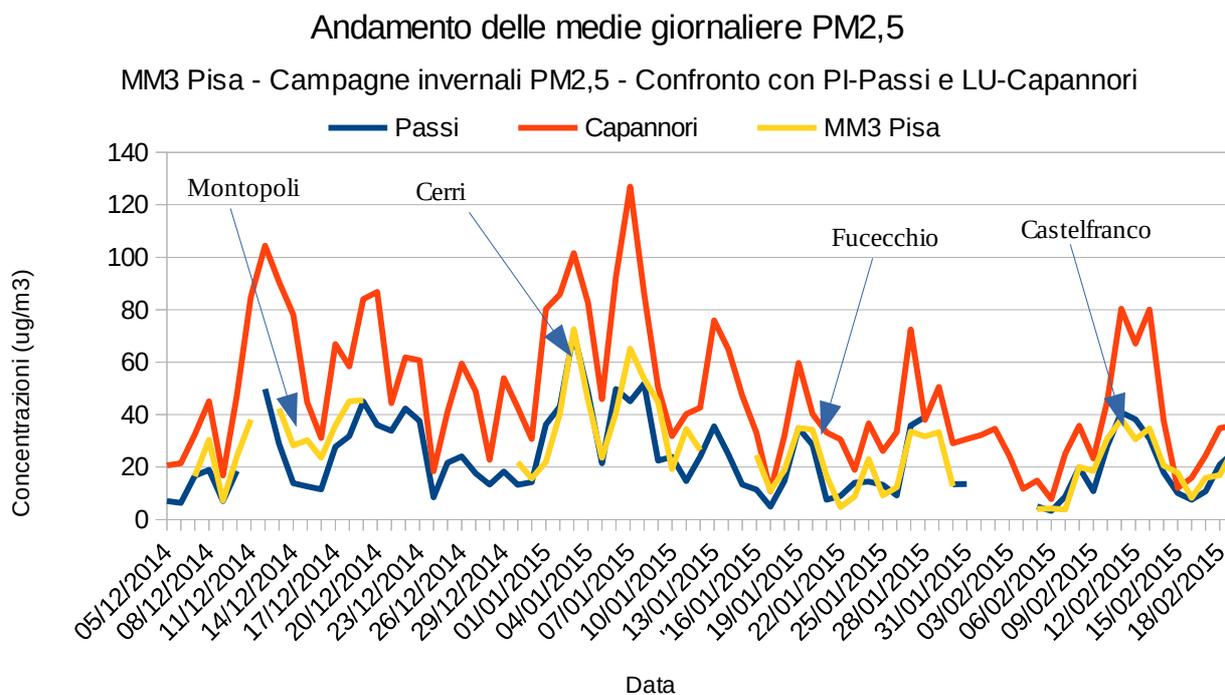


Grafico 5.2.4.f – PM2,5 – andamenti delle medie giornaliere nelle campagne di misura primaverili: confronto con PI-Passi e LU-Capannori [marzo - maggio 2015]

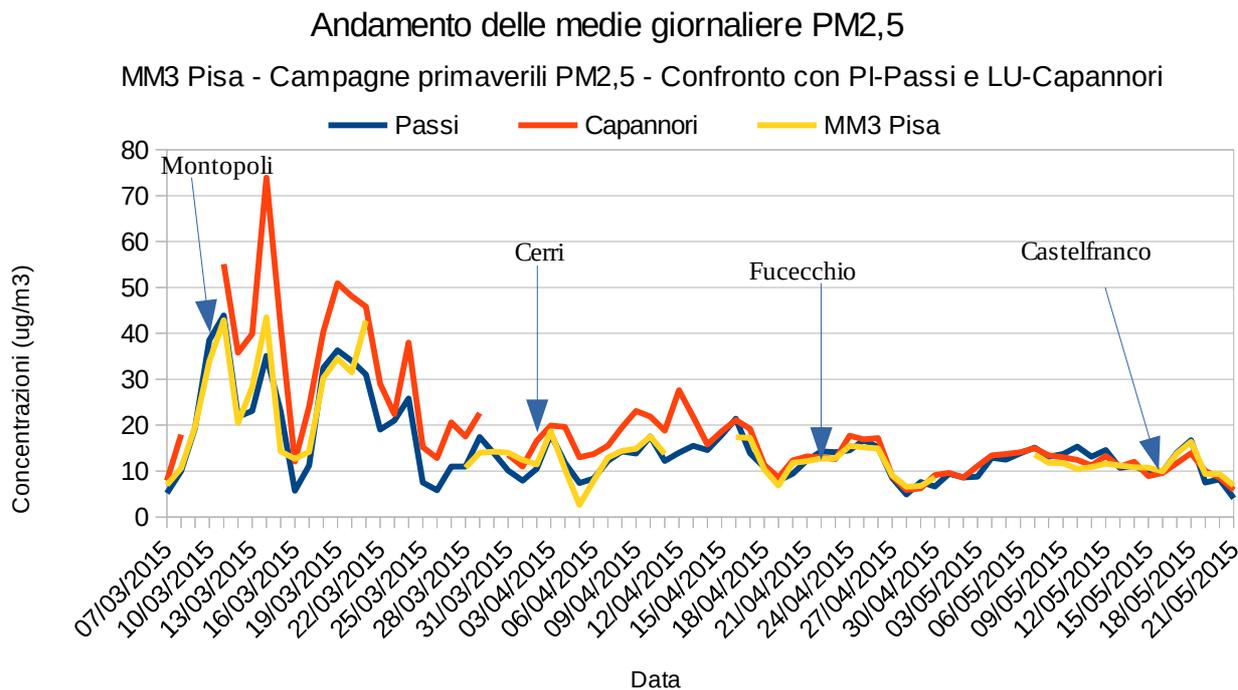


Grafico 5.2.4.g – PM2,5 – andamenti delle medie giornaliere nelle campagne di misura estive: confronto con PI-Passi e LU-Capannori [giugno - agosto 2015]

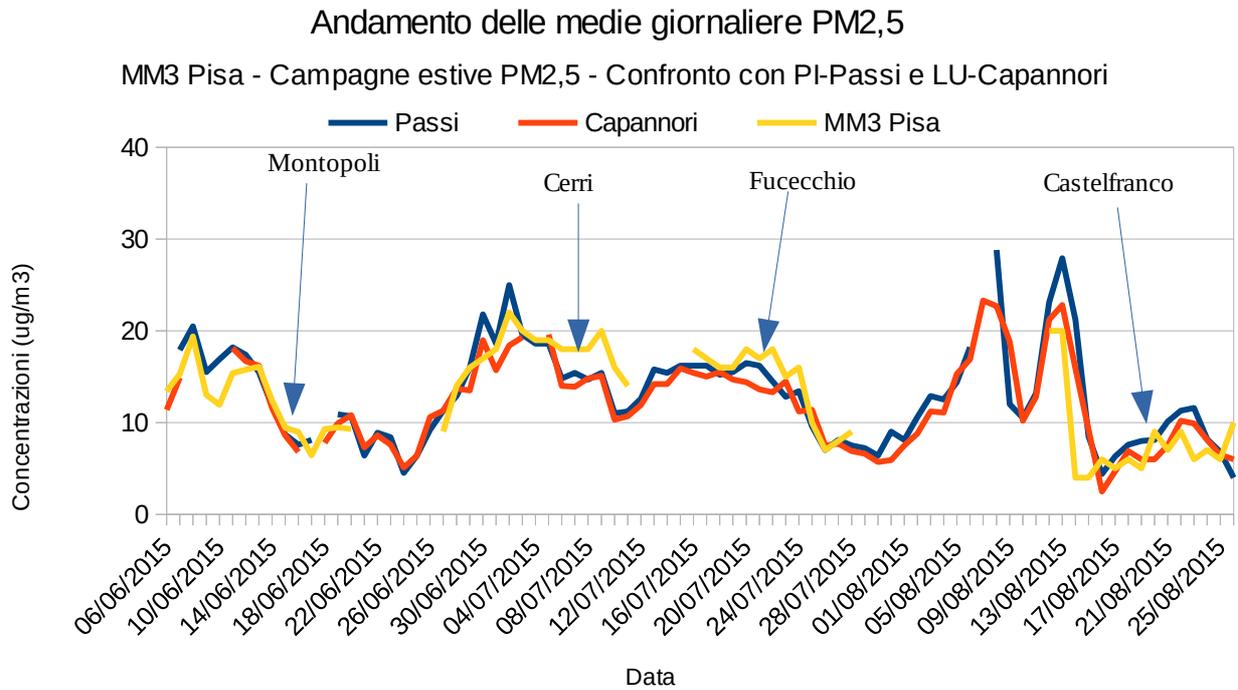


Grafico 5.2.4.h – PM2,5 – andamenti delle medie giornaliere nelle campagne di misura autunnali: confronto con PI-Passi e LU-Capannori [settembre - novembre 2015]

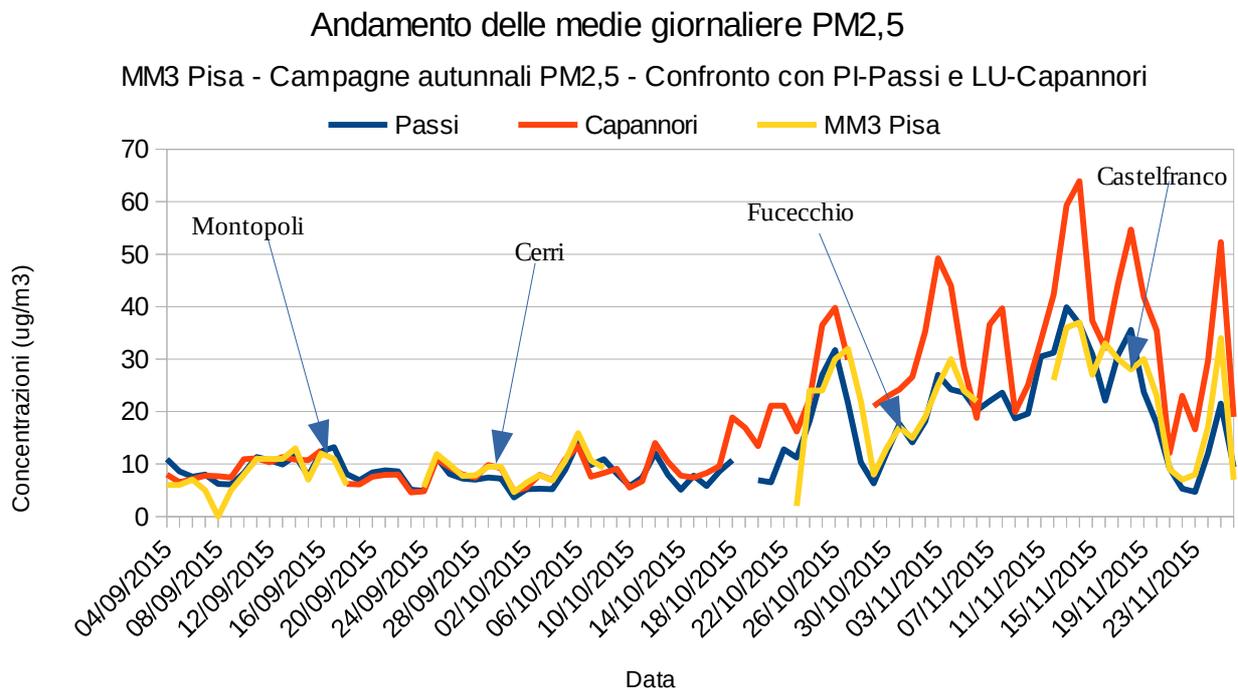


Grafico 5.2.4.i – Frazione PM2,5/PM10: andamenti dei valori nelle campagne di misura invernali e confronto con i rispettivi valori di frazione PM2,5/PM10 di PI-Passi e LU-Capannori

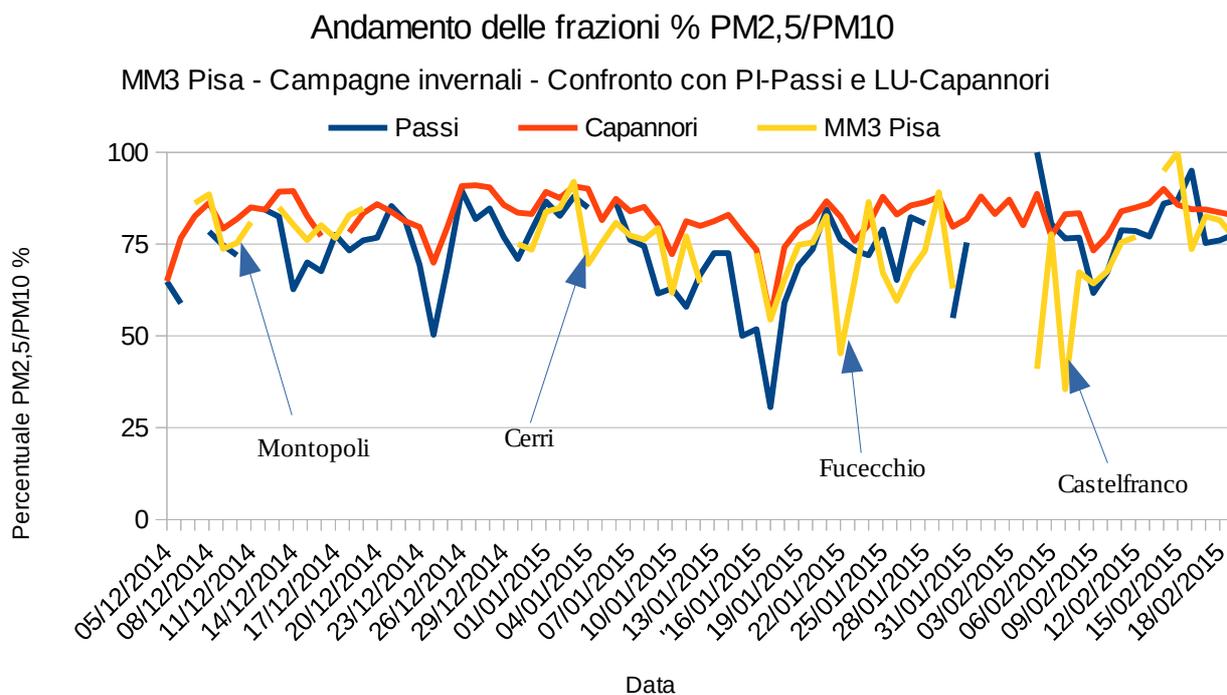


Grafico 5.2.4.j – Frazione PM2,5/PM10: andamenti dei valori nelle campagne di misura primaverili e confronto con i rispettivi valori di frazione PM2,5/PM10 di PI-Passi e LU-Capannori

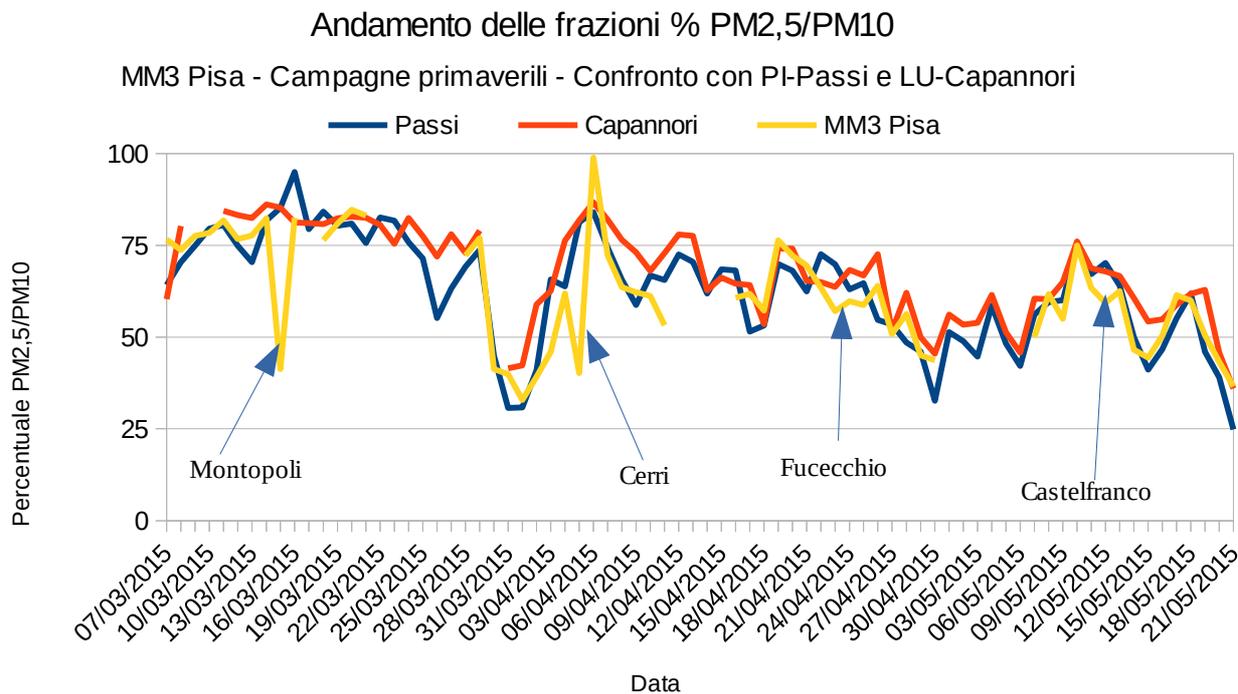


Grafico 5.2.4.k – Frazione PM_{2,5}/PM₁₀: andamenti dei valori nelle campagne di misura estive e confronto con i rispettivi valori di frazione PM_{2,5}/PM₁₀ di PI-Passi e LU-Capannori

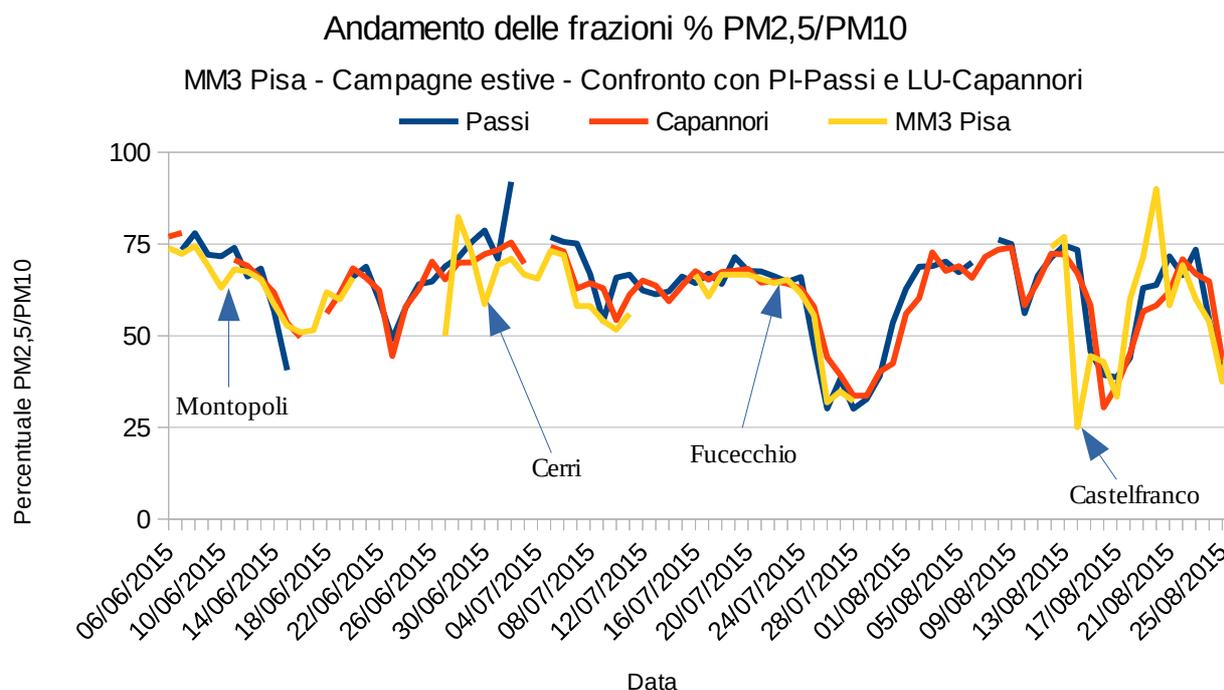
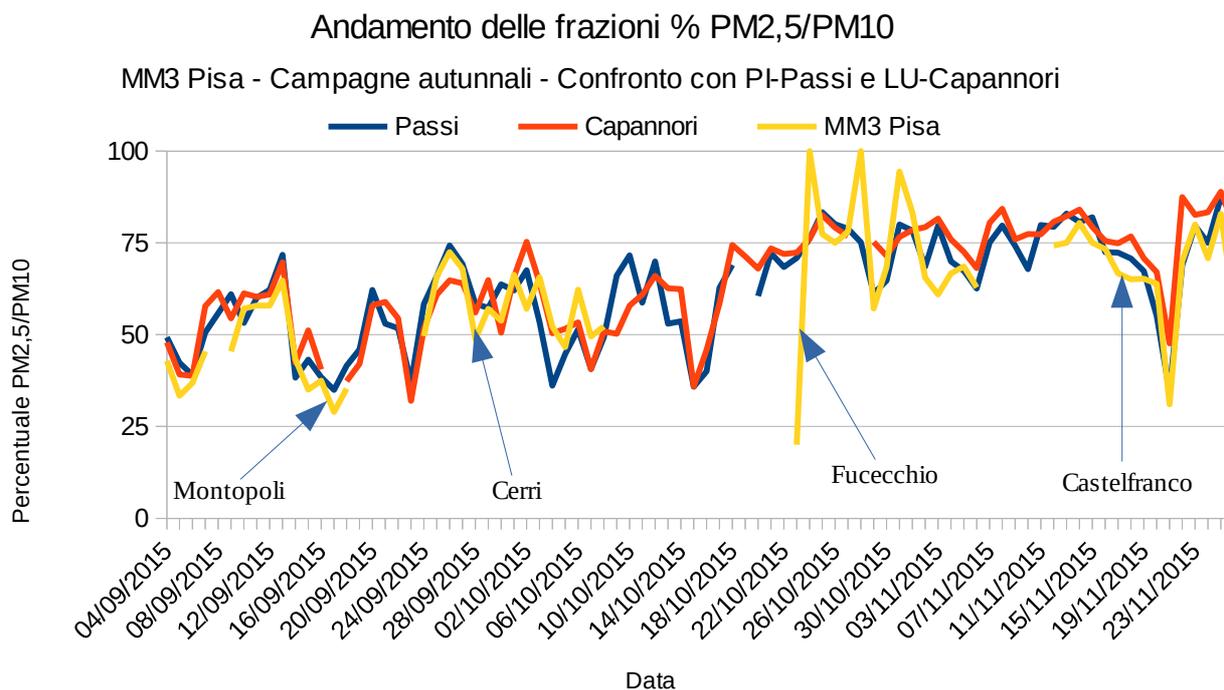


Grafico 5.2.4.l – Frazione PM_{2,5}/PM₁₀: andamenti dei valori nelle campagne di misura autunnali e confronto con i rispettivi valori di frazione PM_{2,5}/PM₁₀ di PI-Passi e LU-Capannori



Per completezza, riportiamo di seguito, nelle Tabella 5.2.4.d e 5.2.4.e, i valori delle percentuali di frazione % PM_{2,5}/PM₁₀, registrate nei siti fissi di Rete Regionale della zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese: PI-Passi e LU-Capannori. La prima tabella analizza i valori per stagione nelle postazioni considerate per il PM_{2,5}, la seconda riporta i valori percentuali per sito di misura. Nella Tabella 5.2.4.d il valore stagionale corrispondente a MM3 Pisa è la media stagionale sui 4 siti indagati.

Tabella 5.2.4.d – Dati di frazione % PM_{2,5}/PM₁₀ – percentuali medie per stagione (per i siti fissi di riferimento è stata considerata ogni stagione per intero)

MEDIE DELLE FRAZIONI PER STAGIONE		
POSTAZIONE DI MISURA	STAGIONE	FRAZIONE %
PI-PASSI	INVERNO	74
LU-Capannori		83
MM3 Pisa		74
PI-PASSI	PRIMAVERA	63
LU-Capannori		67
MM3 Pisa		62
PI-PASSI	ESTATE	63
LU-Capannori		62
MM3 Pisa		60
PI-PASSI	AUTUNNO	63
LU-Capannori		65
MM3 Pisa		61

Tabella 5.2.4.e – Dati di frazione % PM_{2,5}/PM₁₀ – percentuali medie per sito di misura (le medie qui sotto illustrate sono state calcolate sui medesimi periodi di campionamento del Laboratorio mobile 3)

MEDIA DELLE FRAZIONI PER SITO DI MISURA			
COMUNE DI INDAGINE	FRAZIONE %		
	MM3 PISA	PI-PASSI	LU-CAPANNORI
Montopoli in VdA	66	66	76
Santa Croce s/A	64	66	70
Fucecchio	65	64	70
Castelfranco d/S	63	66	69

Dalla Tabella 5.2.4.d riepilogativa per stagione sia dalla Tabella 5.2.4.e, riepilogativa per sito di misura, si evidenzia immediatamente la maggiore attinenza dei dati percentuali di frazione PM_{2,5}/PM₁₀ registrati dal Laboratorio mobile 3 al sito fisso di riferimento di PI-Passì, piuttosto che alla stazione di Capannori. Questo è con buona probabilità conseguenza del tipo di particolato PM_{2,5} prodotto nell'area pisana piuttosto che nella Piana lucchese. Indicatori in entrambi i casi assai maggiori (PM_{2,5} e frazione % di PM_{2,5}/PM₁₀) contraddistinguono il sito di LU-Capannori rispetto sia a PI-Passì, sia ai vari siti di misura indagati dal Laboratorio mobile 3.

Analogamente a quanto asserito per il PM₁₀, riguardo alla serie di Grafici 5.2.4.e – 5.2.4.h, si può rilevare la netta stagionalità del particolato atmosferico PM_{2,5}: nel periodo invernale / primo periodo primaverile si hanno valori al di sopra dei 30 µg/m³. I valori rimangono ovunque al di sotto dei 30 µg/m³ per il restante periodo primaverile e tutto il periodo estivo fino alla seconda metà del periodo autunnale, quando, soprattutto a Capannori, le concentrazioni tornano a salire fino a raggiungere i 60 µg/m³. Sempre in questo periodo, i valori di PM_{2,5} rimangono invece più contenuti nel sito di Via dell'Acacia a Castelfranco e a PI-Passì (inferiori o uguali a 40 µg/m³).

Limitatamente alla serie di Grafici 5.2.4.i – 5.2.4.l, si possono evidenziare due fattori:

- una discreta affinità di andamenti e tendenze delle frazioni percentuali PM_{2,5}/PM₁₀ in tutti i siti considerati, a parte eventi sporadici in cui, soprattutto per le misure del Laboratorio mobile 3, vi è una certa alternanza di valori al di sopra del 75% con valori al di sotto del 50%, o di valori prossimi al 100% con valori poco al di sopra del 50% in un arco di tempo ristretto (si vedano la campagna di Cerri invernale, la campagna a Castelfranco in estate e Fucecchio in autunno).

5.2.5 Acido solfidrico (H₂S)

Tabella 5.2.5.a – Dati di H₂S – indicatori annuali 2014-2015; confronto con PI-Santa Croce Coop sugli stessi periodi di ciascuna campagna indicativa

H ₂ S	MM3 Pisa	PI-SC_Coop
MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	3	1
Massima media oraria (µg/m ³)	93	25
Mediana (µg/m ³)	2	0
Massima media giornaliera (µg/m ³)	10	4
n. ore valide	1687	1747
% ore valide	91%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m ³	175	18
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m ³	10,4%	1,0%
SANTA CROCE SULL'ARNO – Ex sito fisso Santa Croce “Cerri”, via I maggio		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	3	1
Massima media oraria (µg/m ³)	120	27
Mediana (µg/m ³)	0	0
Massima media giornaliera (µg/m ³)	12	4
n. ore valide	1762	1789
% ore valide	93%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m ³	130	22
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m ³	7,4%	1,2%
FUCECCHIO – Via del Ronzinello		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	2	1
Massima media oraria (µg/m ³)	113	31
Mediana (µg/m ³)	1	1
Massima media giornaliera (µg/m ³)	17	6
n. ore valide	1743	1754
% ore valide	94%	95%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m ³	67	34
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m ³	3,8%	1,9%
CASTELFRANCO DI SOTTO – Via dell'Acacia		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	1	1
Massima media oraria (µg/m ³)	19	50
Mediana (µg/m ³)	0	0
Massima media giornaliera (µg/m ³)	5	6
n. ore valide	1772	1730
% ore valide	95%	92%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m ³	36	30
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m ³	2,0%	1,7%

Tabella 5.2.5.b – Dati di H₂S – indicatori annuali 2015 di PI-Santa Croce Coop

H ₂ S – INDICATORI ANNUALI 2015	PI-SC_Coop
Media annuale (µg/m ³)	1
Massima media oraria (µg/m ³)	50
Massima media giornaliera (µg/m ³)	6
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m ³	170
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m ³	2,1%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m ³	0

Tabella 5.2.5.c – Dati di H₂S – indicatori stagionali per ciascun sito di misura

H ₂ S	INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
MONTOPOLI IN VAL D'ARNO – fraz. San Romano, Via Sandro Pertini				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	4	1	5	4
Massima media oraria (µg/m ³)	60	30	93	29
Mediana (µg/m ³)	3	0	3	3
Massima media giornaliera (µg/m ³)	10	3	9	7
n. ore valide	425	429	443	390
% ore valide	93%	94%	92%	86%
n. giorni validi	18	18	19	17
% giorni validi	95%	95%	95%	89%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m ³	60	14	57	44
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m ³	14,1%	3,3%	12,9%	11,3%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m ³	0	0	0	0
SANTA CROCE SULL'ARNO – Ex sito fisso Santa Croce "Cerri", via I maggio				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	3	1	3	3
Massima media oraria (µg/m ³)	53	36	120	94
Mediana (µg/m ³)	2	0	0	0
Massima media giornaliera (µg/m ³)	8	3	12	12
n. ore valide	465	456	432	437
% ore valide	92%	95%	94%	91%
n. giorni validi	20	20	17	18
% giorni validi	95%	100%	94%	90%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m ³	45	16	24	45
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m ³	9,7%	3,5%	5,6%	10,3%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m ³	0	0	0	0
FUCECCHIO – Via del Ronzinello				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	3	2	1	2
Massima media oraria (µg/m ³)	85	75	66	113
Mediana (µg/m ³)	2	0	1	1
Massima media giornaliera (µg/m ³)	7	12	6	17
n. ore valide	433	456	454	400
% ore valide	95%	95%	95%	93%
n. giorni validi	19	20	20	17
% giorni validi	100%	100%	100%	94%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m ³	25	20	11	11
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m ³	5,8%	4,4%	2,4%	2,8%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m ³	0	0	0	0
CASTELFRANCO DI SOTTO – Via dell'Acacia				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	1	1	0	3
Massima media oraria (µg/m ³)	18	19	10	16
Mediana (µg/m ³)	0	0	0	2
Massima media giornaliera (µg/m ³)	3	2	1	5
n. ore valide	454	434	450	434
% ore valide	95%	95%	94%	95%
n. giorni validi	20	19	20	19
% giorni validi	100%	100%	100%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m ³	5	7	1	23
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m ³	1,1%	1,6%	0,2%	5,3%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m ³	0	0	0	0

Immagine 5.2.5.a – Mappa dei valori delle massime medie orarie di H_2S nei vari siti di misura. Per PI-Santa Croce Coop è stata considerata la massima media oraria riferita all'anno 2015.

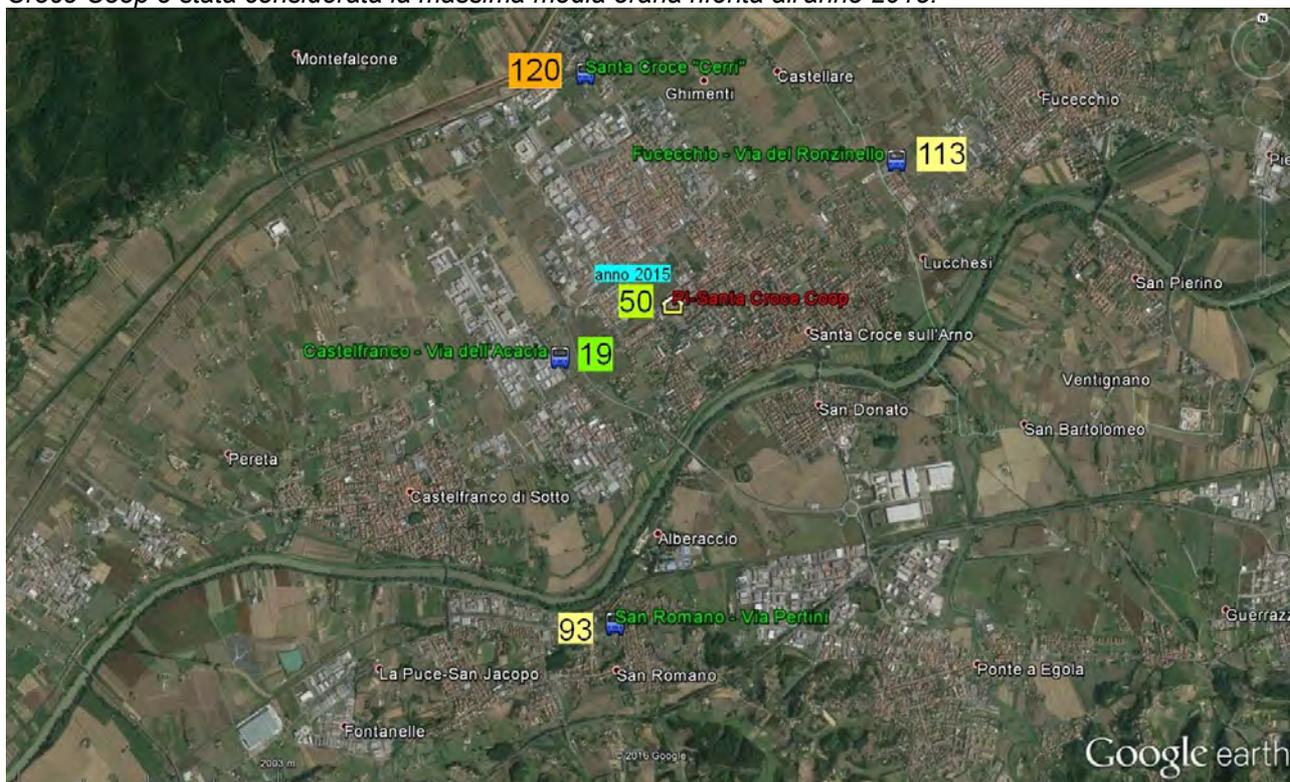


Immagine 5.2.5.b – Mappa dei valori delle massime medie giornaliere di H_2S nei vari siti di misura. Per PI-Santa Croce Coop è stata considerata la massima media oraria riferita all'anno 2015.

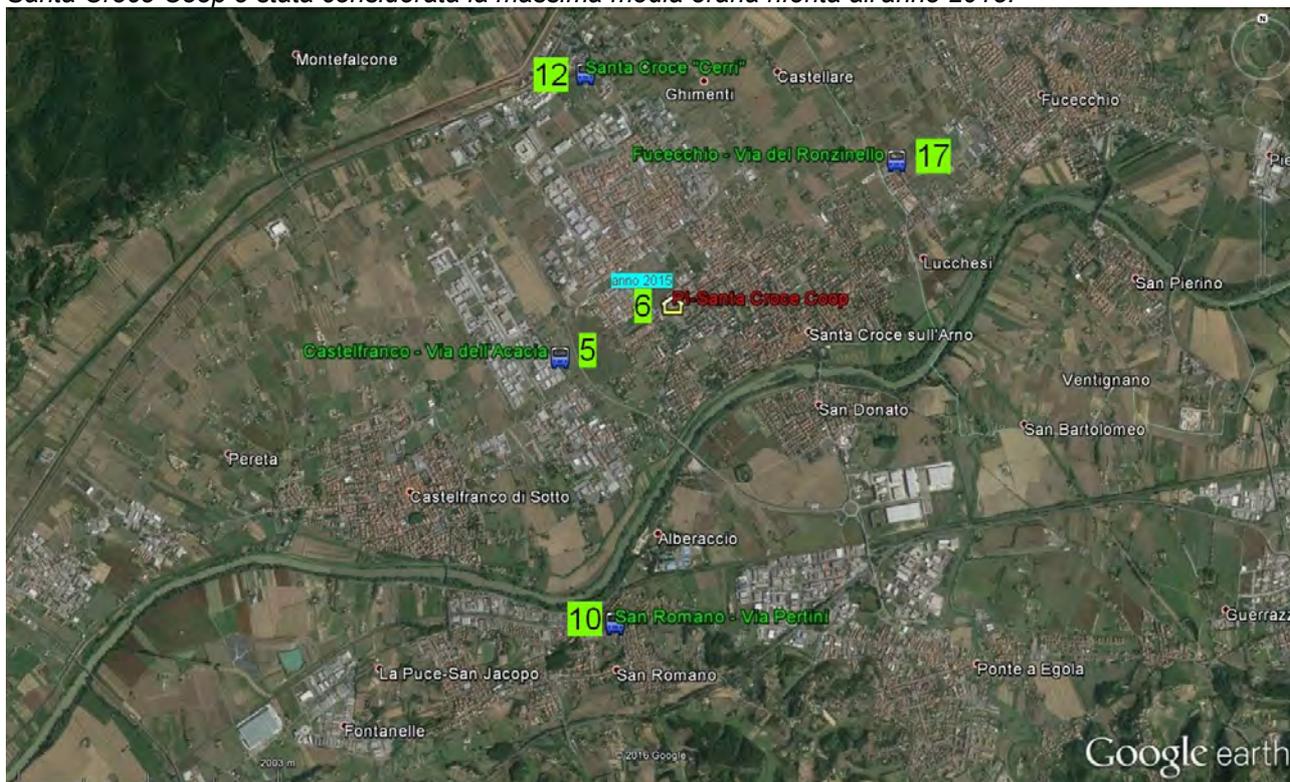


Immagine 5.2.5.c – Mappa dei valori percentuali di superamento della soglia olfattiva di H_2S (pari a $7 \mu g/m^3$) nei vari siti di misura su ciascuna campagna indicativa completa. Per PI-Santa Croce Coop è stata considerata la percentuale riferita all'anno 2015.



Immagine 5.2.5.d – Mappa dei valori percentuali di superamento della soglia olfattiva di H_2S (pari a $7 \mu g/m^3$) nei vari siti di misura per ciascuna campagna invernale. Per PI-Santa Croce Coop è stato considerato l'intero periodo dell'inverno meteorologico.



Immagine 5.2.5.e – Mappa dei valori percentuali di superamento della soglia olfattiva di H₂S (pari a 7 µg/m³) nei vari siti di misura per ciascuna campagna primaverile. Per PI-Santa Croce Coop è stato considerato l'intero periodo della primavera meteorologica.



Immagine 5.2.5.f – Mappa dei valori percentuali di superamento della soglia olfattiva di H₂S (pari a 7 µg/m³) nei vari siti di misura per ciascuna campagna estiva. Per PI-Santa Croce Coop è stato considerato l'intero periodo dell'estate meteorologica.

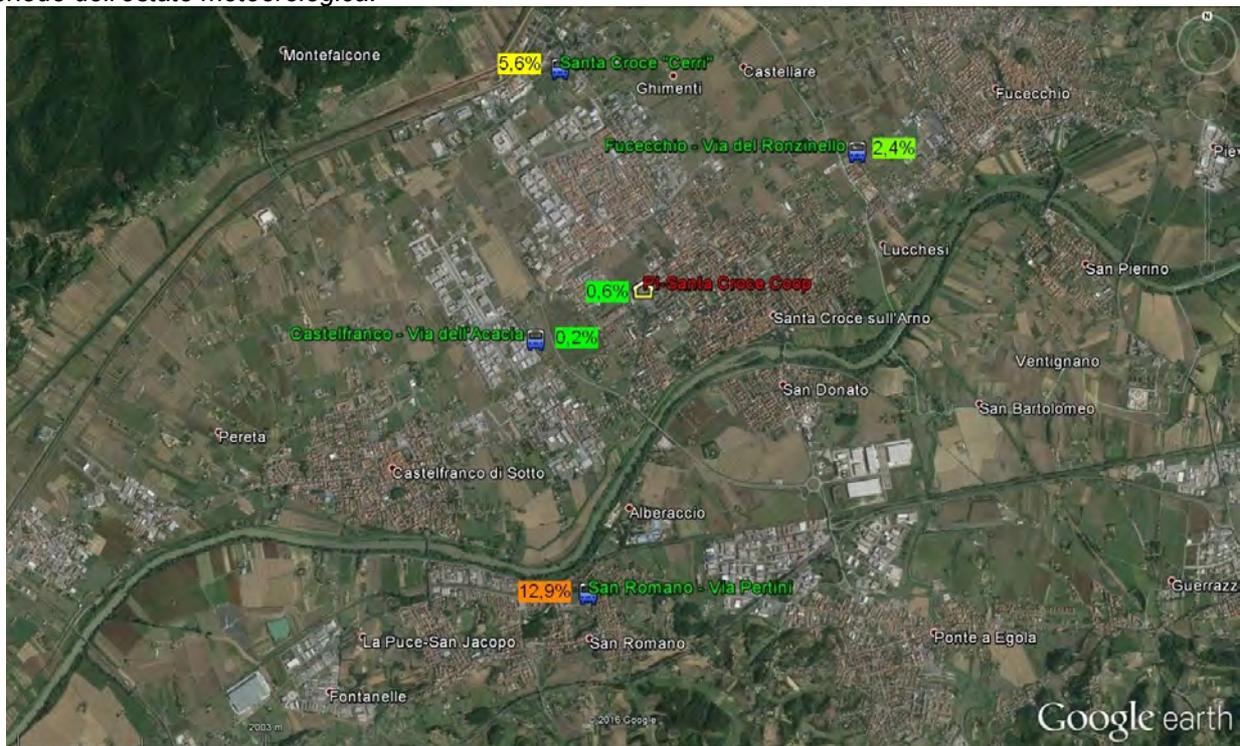
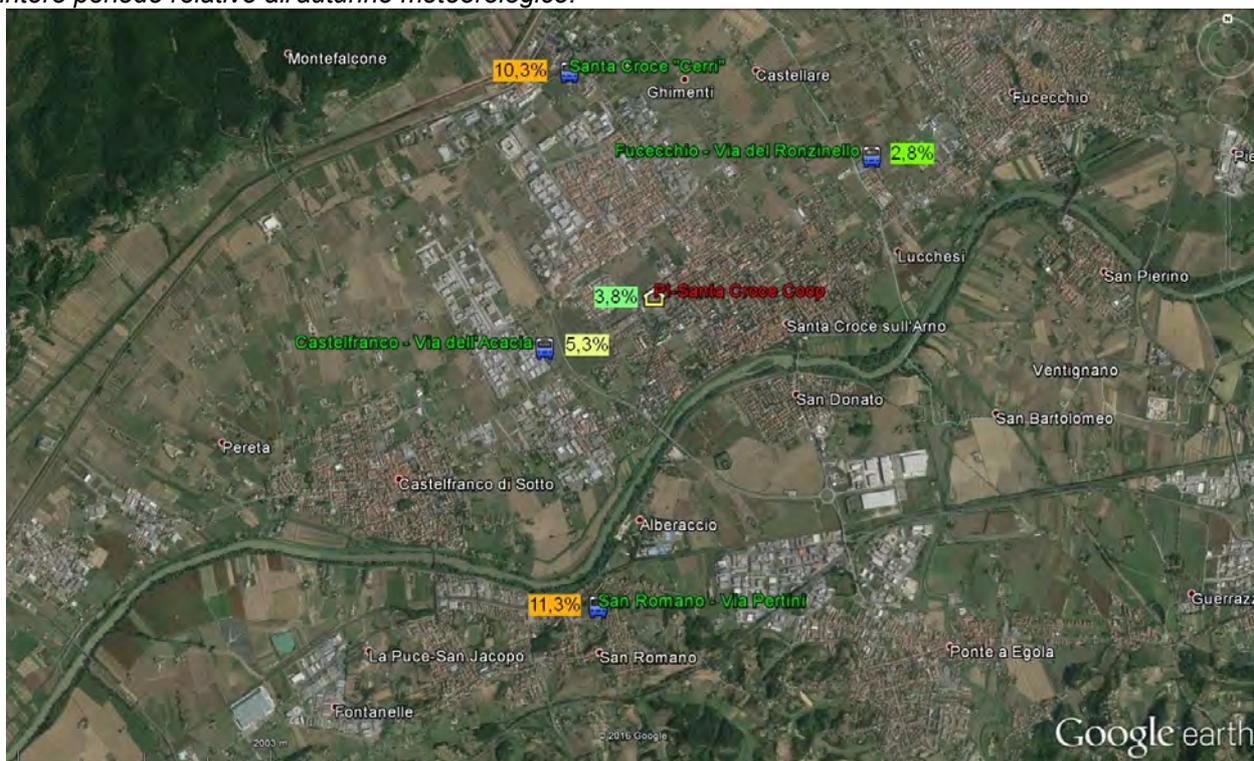


Immagine 5.2.5.g – Mappa dei valori percentuali di superamento della soglia olfattiva di H₂S (pari a 7 µg/m³) nei vari siti di misura per ciascuna campagna autunnale. Per PI-Santa Croce Coop è stato considerato l'intero periodo relativo all'autunno meteorologico.



Seppur in assenza di riferimenti normativi cogenti, riteniamo comunque opportuno riportare i risultati ottenuti per questo inquinante di derivazione industriale che nel Comprensorio del Cuio riveste importanza prioritaria.

Nelle Tabelle 5.2.5.a e 5.2.5.c sono riportati i valori delle concentrazioni medie di H₂S sia orarie che giornaliere, il valore massimo di concentrazione sia della media oraria che giornaliera, la percentuale di superamenti della soglia olfattiva minima indicata dall'OMS (7,0 µg/m³). Si riporta anche la mediana delle concentrazioni orarie del periodo in quanto sono presenti episodi in cui i livelli di concentrazione sono molto elevati; infatti questo indicatore è molto meno influenzato dagli episodi acuti rispetto alla media. La Tabella 5.2.5.a è redatta su base annuale, con il confronto con la centralina fissa presa a riferimento per questo inquinante e baricentrica rispetto alla dislocazione spaziale dei quattro siti di misura. La Tabella 5.2.5.c sopra riporta i valori medi per stagione per ogni singolo sito di misura.

L'acido solfidrico è considerato un inquinante presente in tutta l'area del Cuio, ma nell'area in oggetto le concentrazioni sono spesso variabili da zona a zona.

È opportuno focalizzare l'attenzione sul valore percentuale degli episodi di superamento, su base oraria, della soglia olfattiva (4a riga delle Tabelle 5.2.5.a e 5.2.5.b) in quanto questo dato può dare un'indicazione sulla possibilità di innesco di maleodoranze locali; tale possibilità è strettamente legata alla frequenza di condizioni determinanti.

Le frequenze di superamento non trascurabili e valori orari di concentrazione così elevati come mostrato in Tabella 5.2.4.a, in special modo nei primi tre siti (San Romano, "Cerni" e Fucecchio), concorrono a definire una situazione di contaminazione locale da Acido solfidrico. Tale fenomeno è visibile anche nelle Immagini 5.2.5.c – 5.2.5.g: il colore giallo/arancione che contraddistingue i siti con maggiore permanenza di concentrazioni orarie al di sopra della soglia olfattiva sono Montopoli

in Val d'Arno e Santa Croce "Cerri". In quelle situazioni, è elevata la probabilità di formazioni di odori molesti sia di breve che di lunga durata (nel sito di Via Pertini a San Romano il 10,4% del tempo e il 7,4% del tempo su scala annuale nel sito di "Cerri"). Un livello intermedio (al di sotto del 4% di frequenza) ricopre Fucecchio, Via del Ronzinello, che conta una ricorrenza di eventi al di sopra della soglia olfattiva superiore (3,8% su scala annuale) sia al sito di Castelfranco via dell'Acacia (2,0%), sia rispetto al sito fisso di riferimento di Santa Croce "Coop" (2,1%).

In inverno, estate ed autunno, il sito di Montopoli fa registrare queste percentuali di ricorrenza di superamento della soglia olfattiva dei 7,0 µg/m³ sempre al di sopra dell'11%.

Come visibile anche dalla serie di Grafici 5.2.5 riportati più sotto, soprattutto per i primi due siti indagati (San Romano e "Cerri", dove viene superata anche la soglia dei 100 µg/m³ in estate) per tutta la durata della campagna, risultano tutt'altro che sporadici i superamenti della soglia olfattiva minima. A Fucecchio, si notano numerosi superamenti specialmente nella stagione invernale e un picco al di sopra dei 100 µg/m³ in autunno, mentre a Castelfranco di Sotto, sicuramente il sito meno contaminato da questo punto di vista, si hanno vari sforamenti della soglia olfattiva in autunno.

Grafico 5.2.5.a – Andamento dei valori delle medie orarie di H₂S nel sito di Montopoli in Val d'Arno

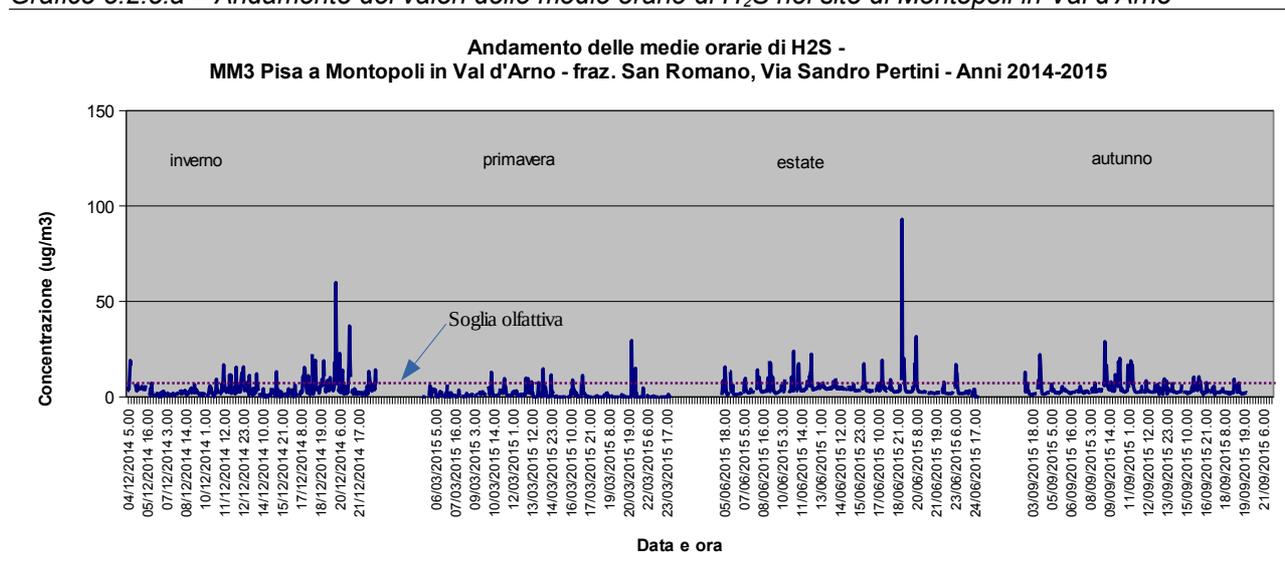


Grafico 5.2.5.b – Andamento dei valori delle medie orarie di H₂S nel sito di Santa Croce sull'Arno

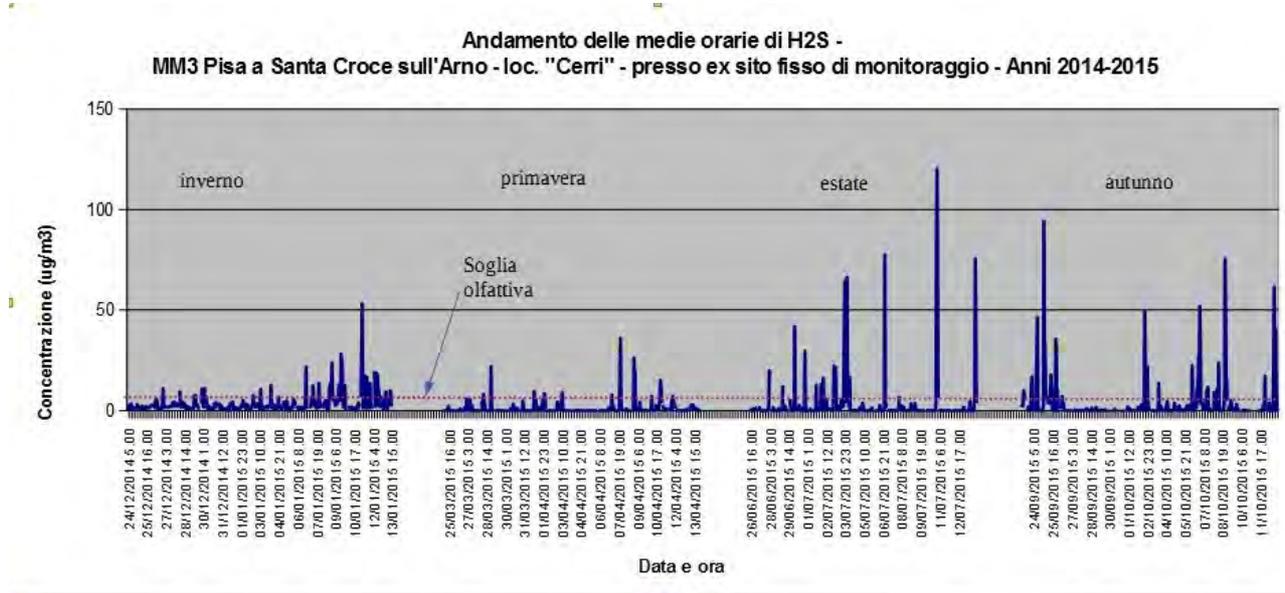


Gráfico 5.2.5.c – Andamento dei valori delle medie orarie di H₂S nel sito di Fucecchio

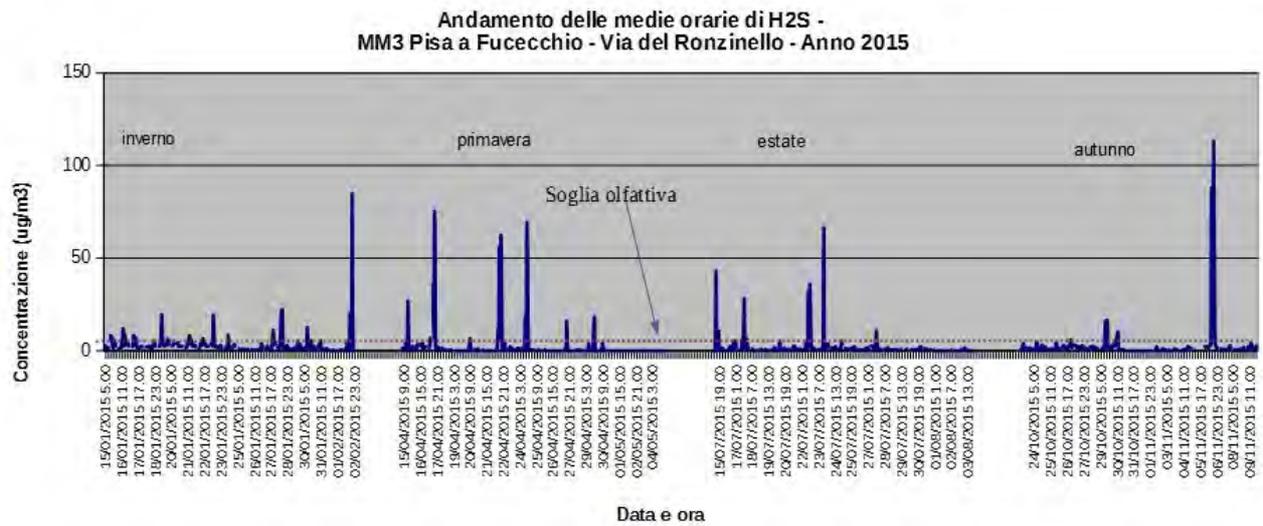
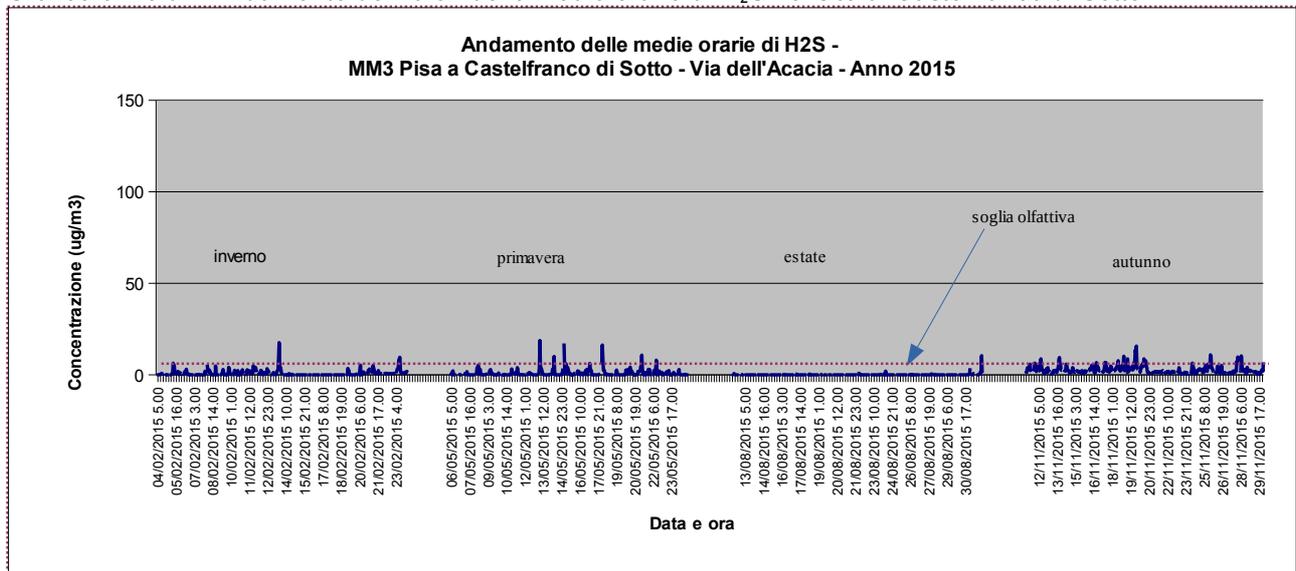


Gráfico 5.2.5.d – Andamento dei valori delle medie orarie di H₂S nel sito di Castelfranco di Sotto



5.2.5.1 ANALISI STATISTICA DELLE MISURE DI H₂S

Per tutte le quattro campagne di indagine, si riportano sotto le analisi statistiche sintetiche, volte a comprendere più a fondo le concentrazioni orarie registrate per questo inquinante tipico del Comprensorio del Cuio.

Riportiamo le tabelle riepilogative degli indicatori statistici:

Tabella 5.2.5.1 – Indicatori della distribuzione delle concentrazioni di H₂S misurate a Montopoli in Val d'Arno San Romano – Via Sandro Pertini:

N.dat	1687
Media	3,5
Massimo	93
% dati validi	91
Errore standard	0,1
Mediana	2,5
Moda	0
Asimmetria	7,2
Varianza campionaria	21,2
Deviazione standard	4,6

Tabella 5.2.5.2 – Indicatori della distribuzione delle concentrazioni di H₂S misurate a Santa Croce “Ceri”:

N.dat	1762
Media	2,5
Massimo	120
% dati validi	93
Errore standard	0,2
Mediana	0,4
Moda	0
Asimmetria	7,4
Varianza campionaria	62,5
Deviazione standard	7,9

Tabella 5.2.5.3 – Indicatori della distribuzione delle concentrazioni di H₂S misurate a Fucecchio – Via del Ronzinello:

N.dat	1743
Media	2,1
Massimo	113
% dati validi	94
Errore standard	0,2
Mediana	0,7
Moda	0
Asimmetria	9,5
Varianza campionaria	45,5
Deviazione standard	6,7

Tabella 5.2.5.4 – Indicatori della distribuzione delle concentrazioni di H₂S misurate a Castelfranco di Sotto – Via dell'Acacia:

N. dati	1772
Media	1,1
Massimo	19
% dati validi	95
Errore standard	0,0
Mediana	0,2
Moda	0
Asimmetria	3,5
Varianza campionaria	3,7
Deviazione standard	1,9

Vengono qui sotto riportati gli andamenti del numero di ricorrenze per le concentrazioni misurate e della percentuale cumulativa in funzione dell'aumento dei livelli delle classi di concentrazione individuate.

Come si evince dalla serie di Grafici 5.2.5.1 – 5.2.5.4, le concentrazioni al di sotto dei 4,0 µg/m³ sono pari o superiori al 90% delle medie orarie raccolte nei siti di “Cerri”, Fucecchio e Castelfranco. Per quanto riguarda San Romano, le concentrazioni al di sotto della soglia olfattiva di 7,0 µg/m³ sono circa il 90% del totale delle medie orarie raccolte nell'intera indagine.

Grafico 5.2.5.1 Distribuzione delle concentrazioni di H₂S e percentuale cumulativa a San Romano, Via Pertini:

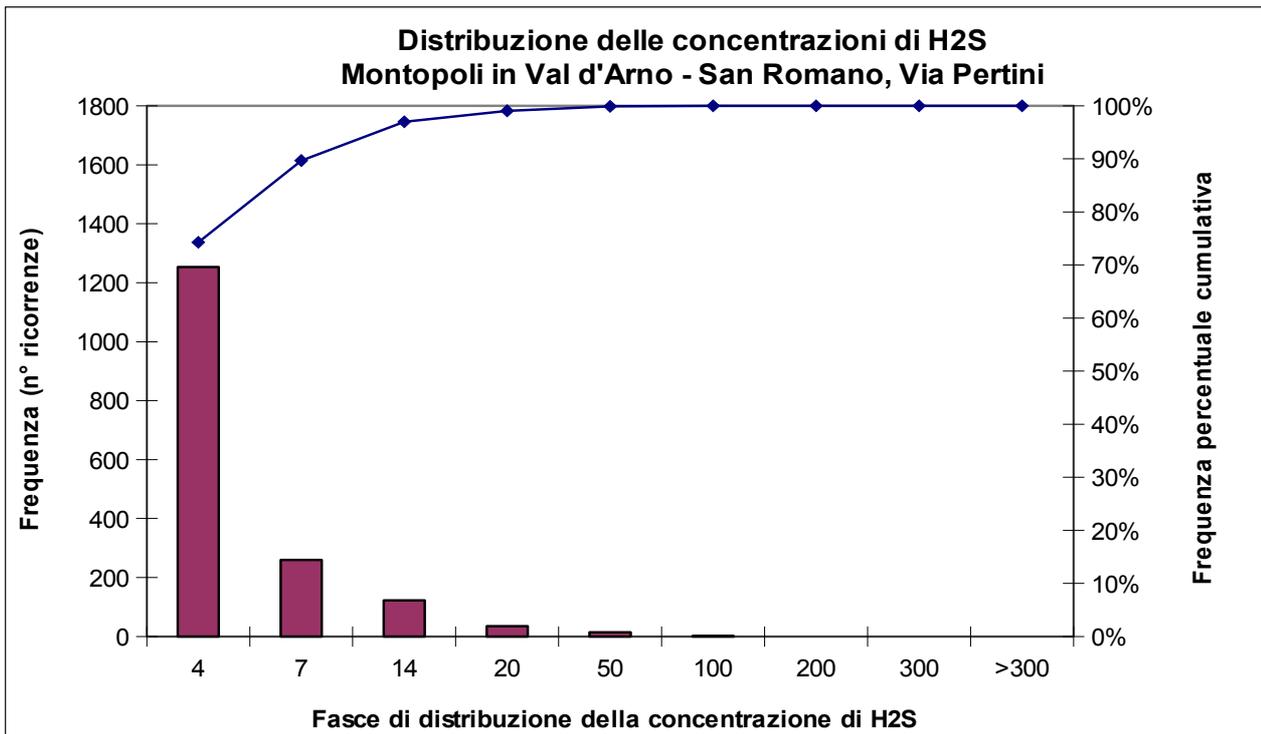


Grafico 5.2.5.2 Distribuzione delle concentrazioni di H₂S e percentuale cumulativa a Santa Croce "Cerri":

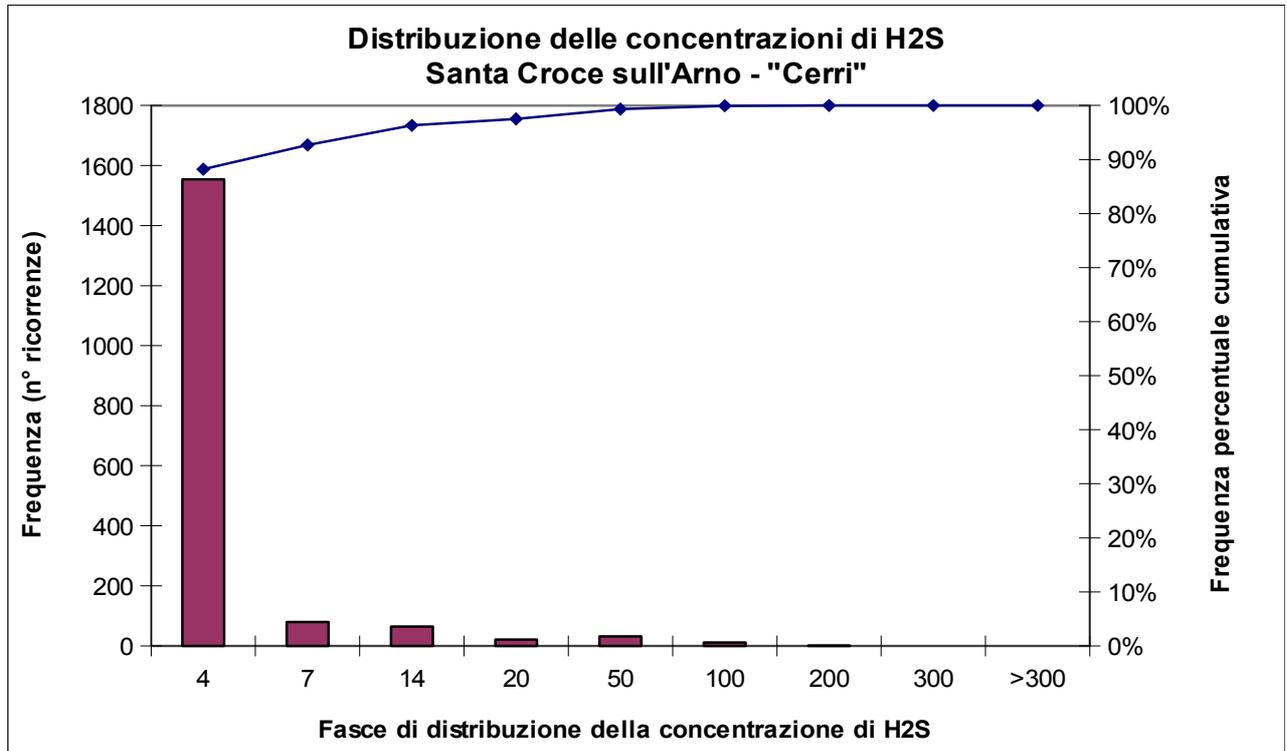


Grafico 5.2.5.3 Distribuzione delle concentrazioni di H₂S e percentuale cumulativa a Fucecchio, Via del Ronzinello:

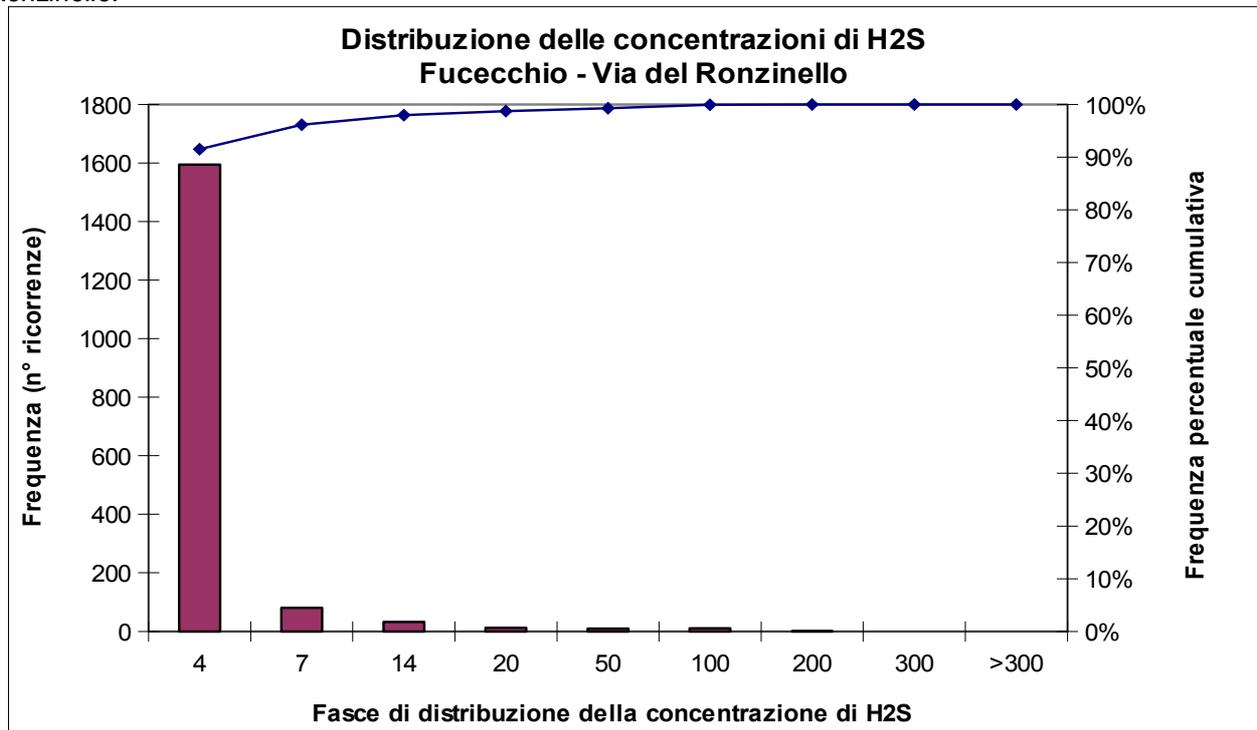
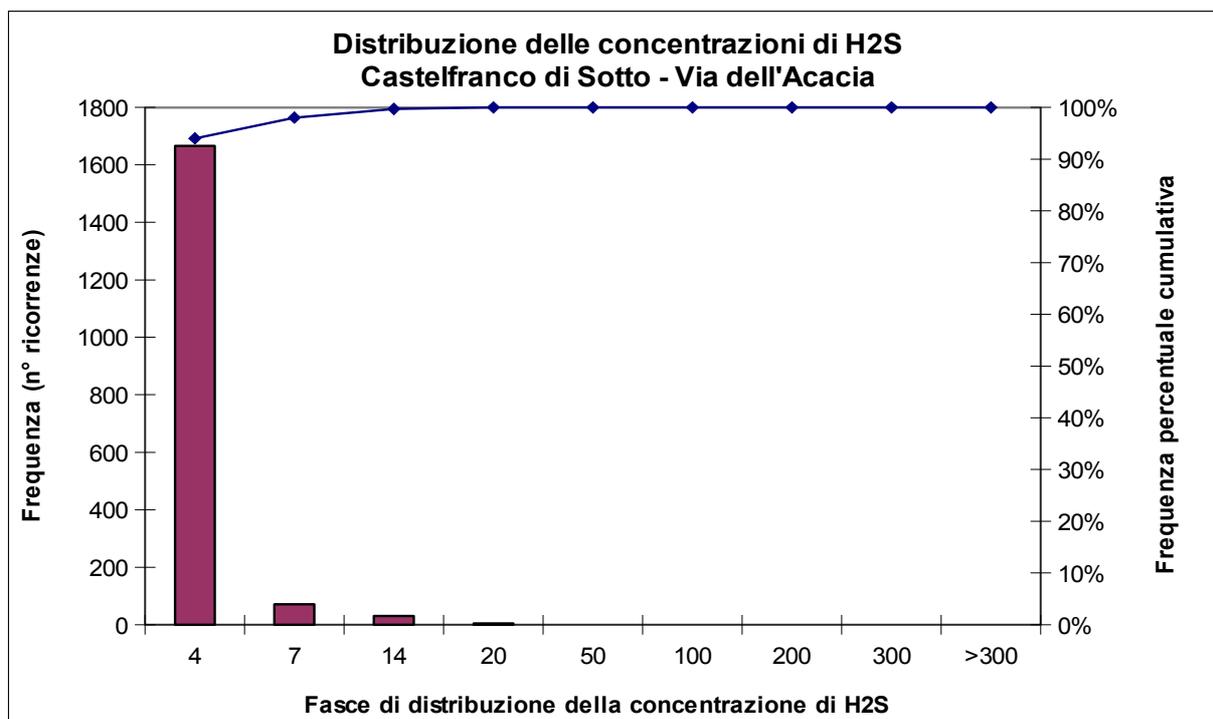


Grafico 5.2.5.4 Distribuzione delle concentrazioni di H₂S e percentuale cumulativa a Castelfranco, Via dell'Acacia:



Nella seguente tabella sono riportati tutti gli episodi acuti, per un totale di 26 medie orarie, includendo data e ora dell'episodio, valore della concentrazione di Acido solfidrico, velocità e direzione del vento, sito di misura e stagione corrispondente. Per episodio acuto è stato arbitrariamente considerata ciascuna media oraria di concentrazione di H₂S superiore a 50 µg/m³.

Tabella 5.2.5.5 Elenco degli episodi acuti rilevati in tutte le quattro campagne indicative in ordine di concentrazione di H₂S crescente:

Data e ora	Concentrazione H ₂ S (ug/m ³)	Velocità del vento (m/s)	Provenienza	Sito di misura	Stagione
06/10/2015 22.00	51,8	0	n.d.	Santa Croce "Cerri"	Autunno
22/04/2015 16.00	51,9	3,7	SO	Fucecchio	Primavera
11/01/2015 5.00	53,2	0	n.d.	Santa Croce "Cerri"	Inverno
22/04/2015 12.00	55,9	1,2	SO	Fucecchio	Primavera
24/04/2015 15.00	59,1	1,6	SO	Fucecchio	Primavera
19/12/2014 22.00	60,0	0	n.d.	San Romano	Inverno
12/10/2015 16.00	61,4	0	n.d.	Santa Croce "Cerri"	Autunno
22/04/2015 15.00	62,4	3,6	SO	Fucecchio	Primavera
06/11/2015 17.00	62,4	0,9	SSO	Fucecchio	Autunno
03/07/2015 20.00	64,2	1,4	NNO	Santa Croce "Cerri"	Estate
04/07/2015 0.00	66,1	0	n.d.	Santa Croce "Cerri"	Estate
23/07/2015 15.00	66,3	1,4	S	Fucecchio	Estate
17/04/2015 16.00	66,6	1,4	SO	Fucecchio	Primavera
24/04/2015 14.00	69,5	1,1	SO	Fucecchio	Primavera
17/04/2015 15.00	75,3	1,2	SSO	Fucecchio	Primavera
08/10/2015 21.00	75,4	0	n.d.	Santa Croce "Cerri"	Autunno
13/07/2015 22.00	75,6	0	n.d.	Santa Croce "Cerri"	Estate
06/07/2015 22.00	77,4	0	n.d.	Santa Croce "Cerri"	Estate
10/07/2015 22.00	79,0	0	n.d.	Santa Croce "Cerri"	Estate
11/07/2015 0.00	80,9	0	n.d.	Santa Croce "Cerri"	Estate
02/02/2015 18.00	85,0	0	n.d.	Fucecchio	Inverno
06/11/2015 12.00	87,9	0,6	SO	Fucecchio	Autunno
19/06/2015 4.00	93,1	0	n.d.	San Romano	Estate
24/09/2015 21.00	94,1	0	n.d.	Santa Croce "Cerri"	Autunno
06/11/2015 16.00	113,2	0,9	SO	Fucecchio	Autunno
10/07/2015 23.00	120,2	0	n.d.	Santa Croce "Cerri"	Estate

Per stagione si ricava la seguente ricorrenza: in inverno 3 episodi, in primavera 7 episodi, in estate 9, autunno 7; analogamente, per sito di misura, queste sono gli eventi acuti: a San Romano si sono verificati 2 episodi; a Santa Croce "Cerri" e a Fucecchio si hanno 12 episodi per ciascun sito; infine, a Castelfranco via dell'Acacia non si sono riscontrate concentrazioni di Acido solfidrico superiori a 50 µg/m³.

In Allegato A.2 sono presenti tutte le rose dei venti stagionali e i grafici stagionali di velocità del vento per ogni sito e alcuni commenti a margine della raccolta dei dati meteorologici.

Conclusioni

Le campagne indicative di monitoraggio della qualità dell'aria realizzate per mezzo del Laboratorio mobile n° 3 nei quattro siti di misura sopra elencati e ricadenti sotto il Comprensorio del Cuio hanno fornito un quadro ambientale completo che, per quanto attiene agli inquinanti gassosi SO₂ e NO₂, evidenzia indicatori che rispettano ampiamente le soglie previste dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria (D.Lgs. 155/2010) per la protezione della salute umana.

Per quanto riguarda il PM₁₀, il valore limite giornaliero di 50 µg/m³ risulta superato con maggior frequenza nei siti di San Romano e Santa Croce "Cerri", ma gli indicatori relativi alle medie annuali sono tutti inferiori (o uguale nel caso di Fucecchio) rispetto all'indicatore di media annuale, riferito all'anno 2015, della stazione di rete regionale PI-Santa Croce Coop, che risulta pari a 29 µg/m³ e che, quindi, rispetta il limite normativo.

Per quanto riguarda i siti oggetto delle campagne indicative, il valore riferito al 90,4° percentile è nell'intorno di 50 µg/m³ a Montopoli in Val d'Arno (valore riferito al 90,4° percentile uguale a 50 µg/m³) e a Santa Croce "Cerri" (valore riferito al 90,4° percentile uguale a 49 µg/m³), che suggerisce una elevata probabilità che anche in queste postazioni si possa verificare il superamento del VL relativo al numero di superamenti del VL giornaliero (35) di PM₁₀ in un anno, analogamente a quanto si è verificato nella stazione di PI-Santa Croce Coop, che a fatto registrare 40 superamenti del VL giornaliero nel 2015. Sono in corso approfondimenti sui dati finalizzati alla valutazione della rappresentatività della stazione di PI-Santa Croce Coop per il PM₁₀.

Per quanto riguarda il PM_{2,5}, gli indicatori annuali dai vari siti di misura si attestano su valori decisamente simili alla media annuale 2015 del sito di riferimento di PI-Passi, mentre risultano decisamente inferiori sia al valore limite annuale (25 µg/m³) sia agli indicatori di periodo di LU-Capannori, preso anch'esso a riferimento. La frazione percentuale di PM_{2,5} (rispetto al PM₁₀) risulta in tutti i siti mediamente più simile alla frazione percentuale PM_{2,5}/PM₁₀ registrata a PI-Passi, rispetto a quella misurata a LU-Capannori, che si attesta su valori mediamente più elevati, sia su scala annuale che su scala stagionale per ogni sito.

Per quanto concerne l'Acido solfidrico, sicuramente l'inquinante più caratterizzante le zone esaminate, si evidenziano alcune criticità nel sito di San Romano, con superamenti della soglia olfattiva di 7 µg/m³ che si sono verificati per una percentuale superiore al 10% del tempo di misura con conseguente discreta probabilità dell'instaurarsi di condizioni favorevoli allo sviluppo di maleodoranze locali. La massima media oraria è risultata di 120 µg/m³, registrata a Santa Croce "Cerri" nella stagione estiva. Altro valore di concentrazione orario elevato corrisponde a 113 µg/m³, registrato a Fucecchio in autunno. L'incidenza per questo tipo di inquinante è spazialmente più diffusa sulle aree attorno ai siti di misura di San Romano e Santa Croce "Cerri".

In sostanza, si può affermare che il sito preso a riferimento di Pisa- Santa Croce "Coop" rappresenta il territorio preso in esame per il Biossido di Azoto e il PM₁₀, mentre per il PM_{2,5} la stazione di PI-Passi può essere presa a riferimento per questo territorio. Per quanto riguarda il Biossido di Zolfo in base ai valori riscontrati nelle campagne indicative, la stazione LU-Capannori può essere utilizzata come riferimento anche per la zona indagata, considerando anche che da anni sicuramente questo composto è divenuto un inquinante scarsamente presente.

ALLEGATO 1: dati meteorologici

E' importante conoscere la situazione meteorologica relativa ai vari periodi di misura, dato che le condizioni meteorologiche influiscono sia sui fenomeni di dispersione e di accumulo degli inquinanti, sia sulla formazione di alcuni di essi.

Il laboratorio mobile è attrezzato con sensori per il rilevamento dei seguenti parametri meteorologici:

Direzione del vento (DV)

Velocità del vento (VV)

Il posizionamento dei sensori non rispetta in alcune postazioni di campionamento del mezzo mobile le caratteristiche previste per il corretto posizionamento di una stazione meteo pertanto i risultati sotto riportati sono da considerarsi solo indicativi e non possono essere utilizzati al fini di una correlazione puntuale con i dati di qualità dell'aria.

Tabella A.1 Caratteristiche tecniche dei sensori

Parametro	Marca modello	Principio Metodo	Limite Rilevabilità	Precisione
DV	Gonioanemometro Lastem C 500 D	Potenziometria	0,4° (risoluzione in gradi sessagesimali)	2° (gradi sessagesimali)
VV	Tacoanemometro Lastem C 500 S	Disco rotante a lettura optoelettronica	0,25 m/s	1%

Grafico A.1.1 Rosa dei venti presso Montopoli in Val d'Arno – Inverno 2014

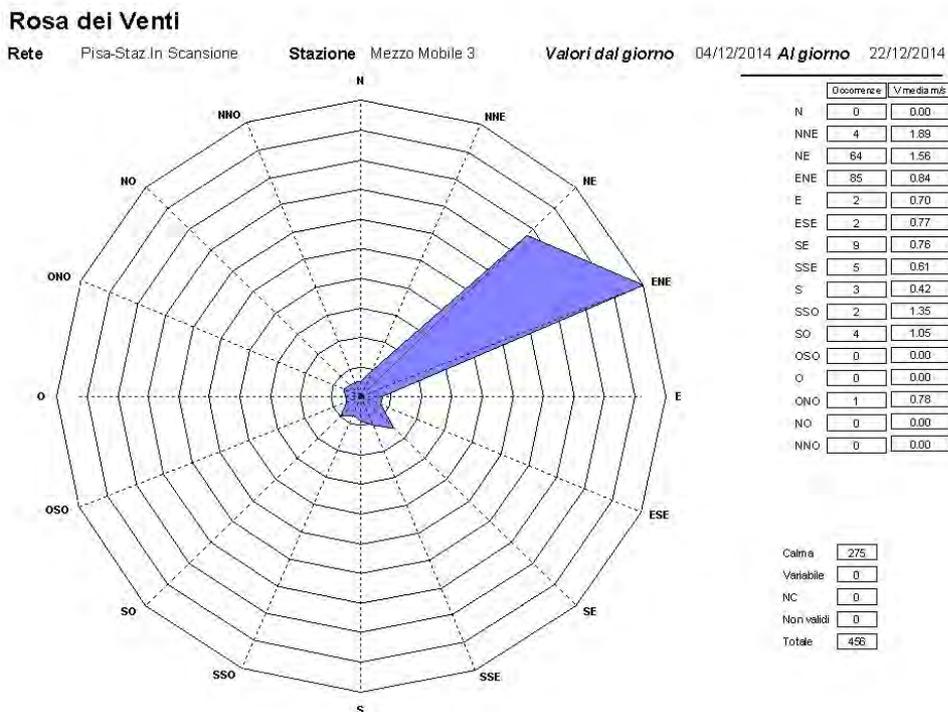
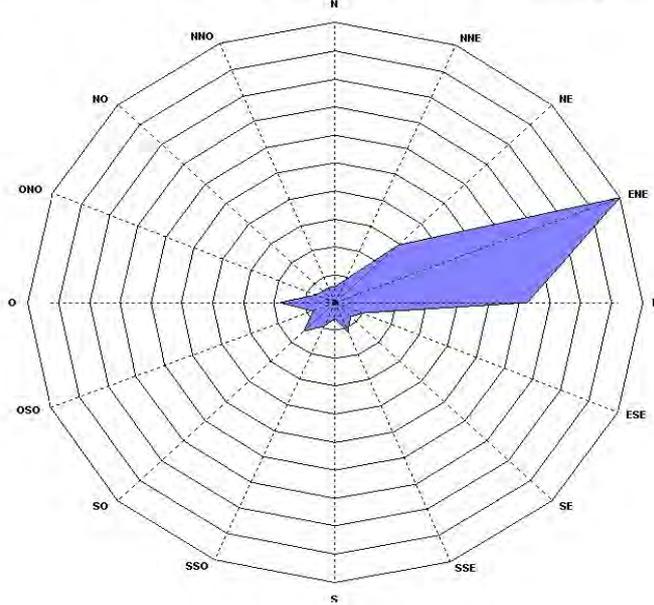


Grafico A.1.2 Rosa dei venti presso Montopoli in Val d'Arno – Primavera 2015

Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione Stazione Mezzo Mobile 3 Valori dal giorno 05/03/2015 Al giorno 23/03/2015

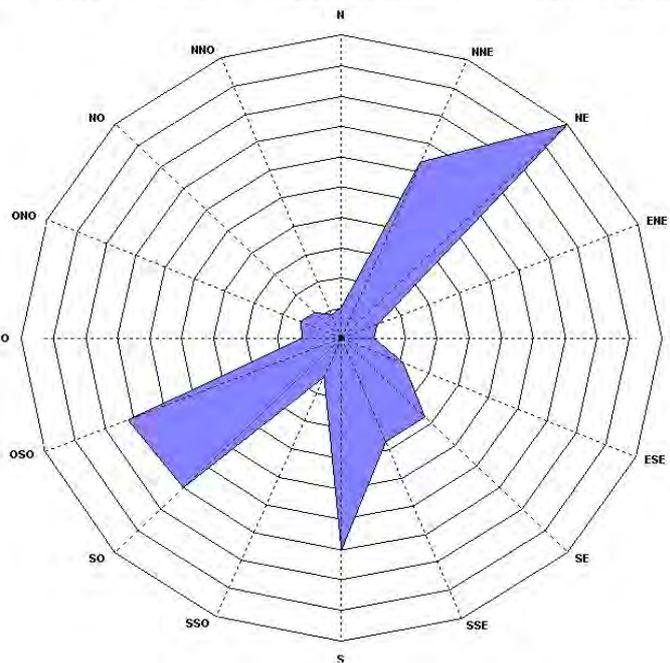


	Occorrenze	V media m/s
N	1	0.69
NNE	6	1.54
NE	35	4.40
ENE	139	3.64
E	84	1.53
ESE	7	0.99
SE	3	0.80
SSE	9	0.82
S	1	0.66
SSO	6	0.86
SO	14	1.26
OSO	4	1.72
O	19	3.16
ONO	3	1.45
NO	1	0.64
NNO	1	0.69

Calmia	116
Variable	0
NC	0
Non validi	1
Totale	450

Grafico A.1.3 Rosa dei venti presso Montopoli in Val d'Arno – Estate 2015

Rete Pisa-Staz.In Scansione Stazione Mezzo Mobile 3 Valori dal giorno 05/06/2015 Al giorno 24/06/2015



	Occorrenze	V media m/s
N	3	2.29
NNE	33	1.89
NE	54	1.06
ENE	4	0.88
E	3	0.99
ESE	9	0.80
SE	18	0.87
SSE	18	0.89
S	37	0.99
SSO	5	1.44
SO	37	2.20
OSO	36	2.92
O	4	1.05
ONO	5	1.16
NO	4	1.12
NNO	2	0.76

Calmia	75
Variable	1
NC	0
Non validi	130
Totale	480

Grafico A.1.4 Rosa dei venti presso Montopoli in Val d'Arno – Autunno 2015

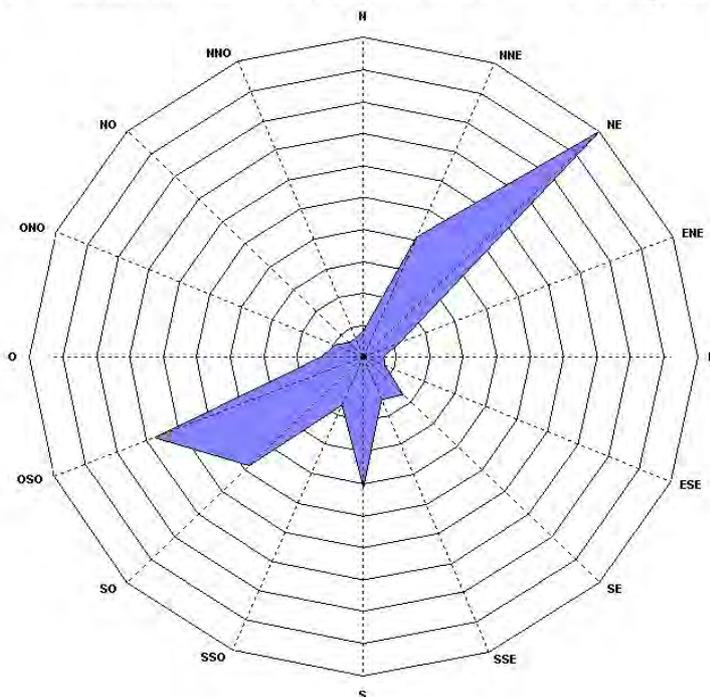
Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione

Stazione Mezzo Mobile 3

Valori dal giorno

03/09/2015 Al giorno 21/09/2015



	Occorrenze	V media m/s
N	3	2.24
NNE	34	1.34
NE	90	1.18
ENE	6	0.89
E	1	0.65
ESE	2	0.57
SE	11	0.53
SSE	9	0.90
S	34	0.87
SSO	11	1.32
SO	41	2.14
OSO	59	2.39
O	7	1.16
ONO	4	1.07
NO	1	0.70
NNO	1	0.82

Calma	142
Variable	0
NC	0
Non validi	0
Totale	456

Grafico A.2.1 Rosa dei venti presso Santa Croce "Cerrì" – Inverno 2014-2015

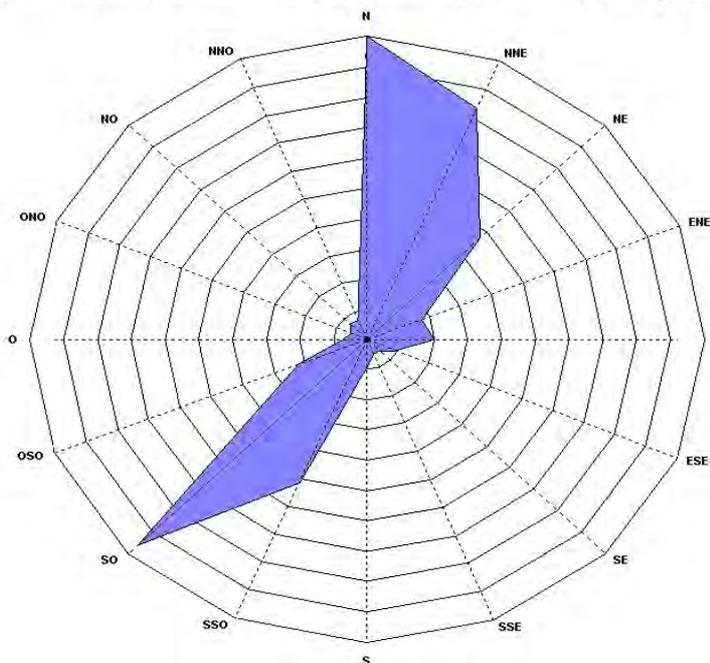
Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione

Stazione Mezzo Mobile 3

Valori dal giorno

24/12/2014 Al giorno 13/01/2015



	Occorrenze	V media m/s
N	45	0.86
NNE	37	2.04
NE	20	1.61
ENE	6	1.88
E	7	1.03
ESE	2	0.61
SE	0	0.00
SSE	0	0.00
S	2	0.49
SSO	22	0.94
SO	43	0.94
OSO	8	0.86
O	1	0.73
ONO	0	0.00
NO	1	0.60
NNO	1	0.88

Calma	295
Variable	1
NC	0
Non validi	0
Totale	491

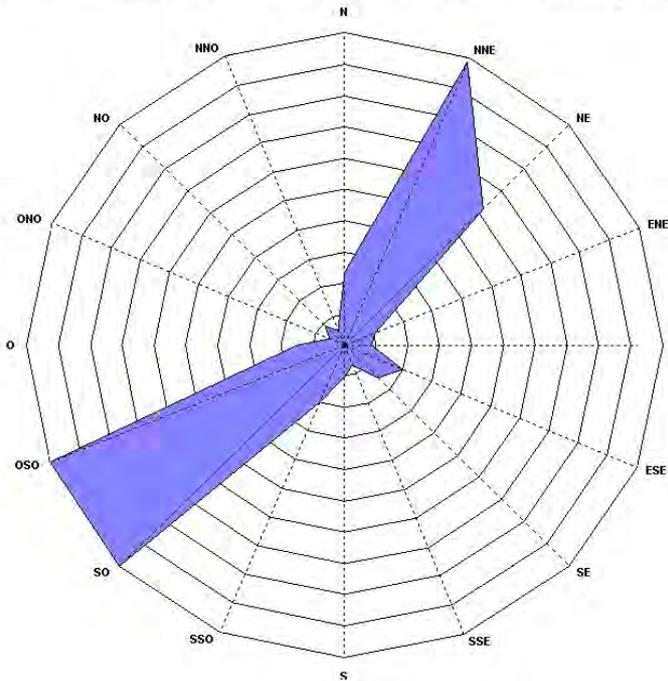
Grafico A.2.2 Rosa dei venti presso Santa Croce "Cerrì" – Primavera 2015

Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione

Stazione Mezzo Mobile 3

Valori dal giorno 25/03/2015 Al giorno 13/04/2015



	Occorrenze	V media m/s
N	11	0.85
NNE	56	2.55
NE	34	2.64
ENE	3	1.17
E	2	1.23
ESE	9	1.06
SE	6	1.35
SSE	1	0.62
S	3	1.31
SSO	9	0.81
SO	57	1.95
OSO	57	2.99
O	6	2.42
ONO	0	0.00
NO	2	1.03
NNO	0	0.00

Calma	223
Variable	1
NC	0
Non validi	0
Totale	480

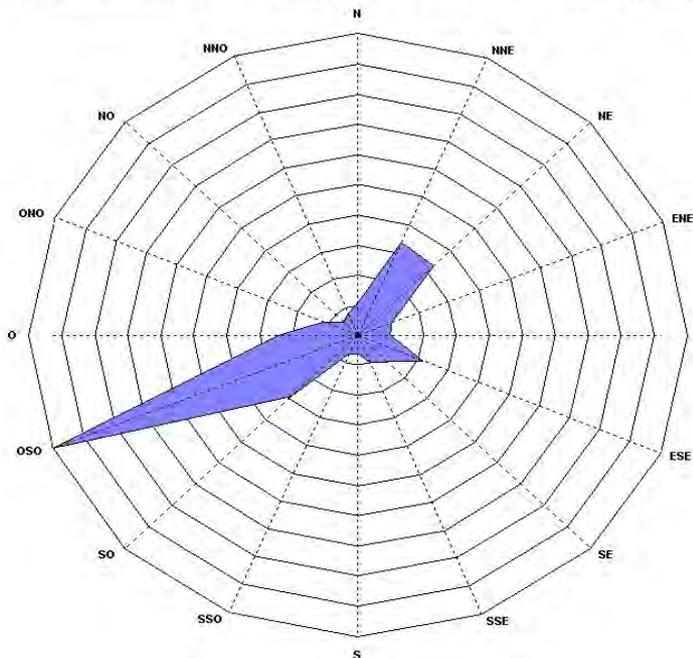
Grafico A.2.3 Rosa dei venti presso Santa Croce "Cerrì" – Estate 2015

Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione

Stazione Mezzo Mobile 3

Valori dal giorno 26/06/2015 Al giorno 13/07/2015



	Occorrenze	V media m/s
N	6	0.98
NNE	30	1.09
NE	29	1.47
ENE	6	0.93
E	5	0.40
ESE	17	0.83
SE	8	0.93
SSE	5	1.18
S	1	0.57
SSO	2	0.83
SO	25	1.47
OSO	100	2.26
O	20	2.14
ONO	7	0.94
NO	1	0.89
NNO	3	1.33

Calma	165
Variable	2
NC	0
Non validi	0
Totale	432

Grafico A.2.4 Rosa dei venti presso Santa Croce "Cerri" – Autunno 2015

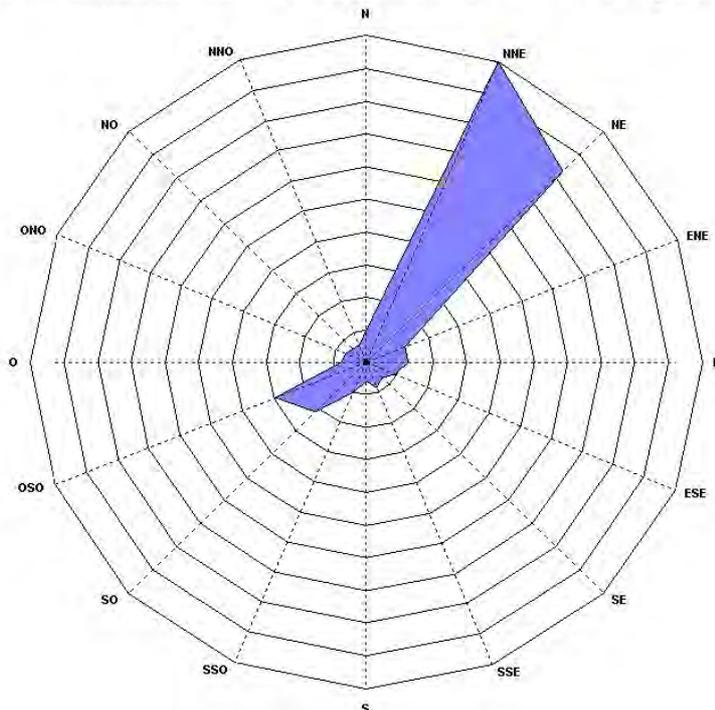
Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione

Stazione Mezzo Mobile 3

Valori dal giorno

23/09/2015 Al giorno 12/10/2015



	Occorrenze	V media m/s
N	6	0,62
NNE	115	1,89
NE	94	2,50
ENE	9	2,21
E	9	1,12
ESE	5	0,99
SE	2	1,08
SSE	4	1,22
S	1	1,18
SSO	6	1,05
SO	20	1,02
OSO	29	2,17
O	3	1,03
ONO	2	0,66
NO	1	1,25
NNO	1	0,61

Calma	173
Variable	0
NC	0
Non validi	0
Totale	480

Grafico A.3.1 Rosa dei venti presso Fucecchio – Inverno 2015

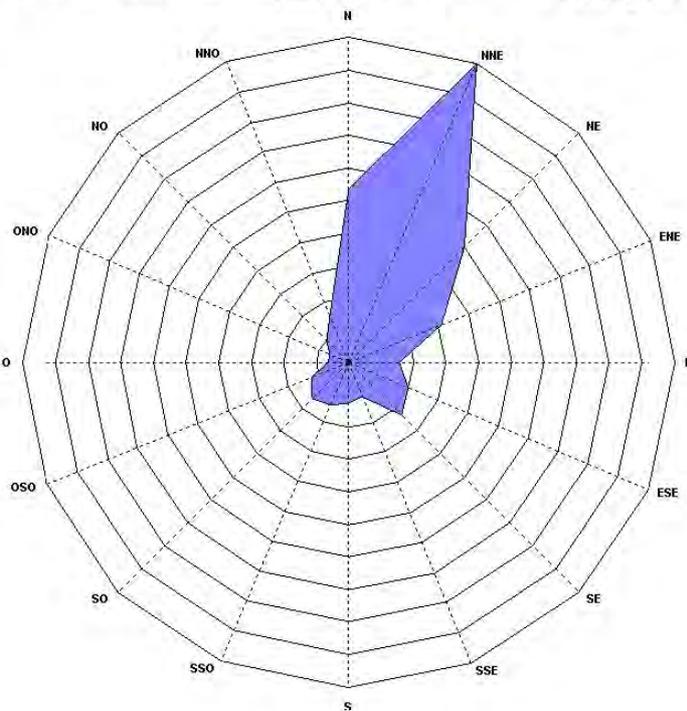
Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione

Stazione Mezzo Mobile 3

Valori dal giorno

15/01/2015 Al giorno 02/02/2015



	Occorrenze	V media m/s
N	32	1,00
NNE	63	2,90
NE	30	1,83
ENE	17	1,06
E	7	0,90
ESE	10	0,62
SE	12	0,94
SSE	4	0,80
S	5	0,95
SSO	6	0,95
SO	7	1,32
OSO	5	3,01
O	1	0,59
ONO	1	0,66
NO	3	1,00
NNO	7	0,97

Calma	246
Variable	0
NC	0
Non validi	0
Totale	496

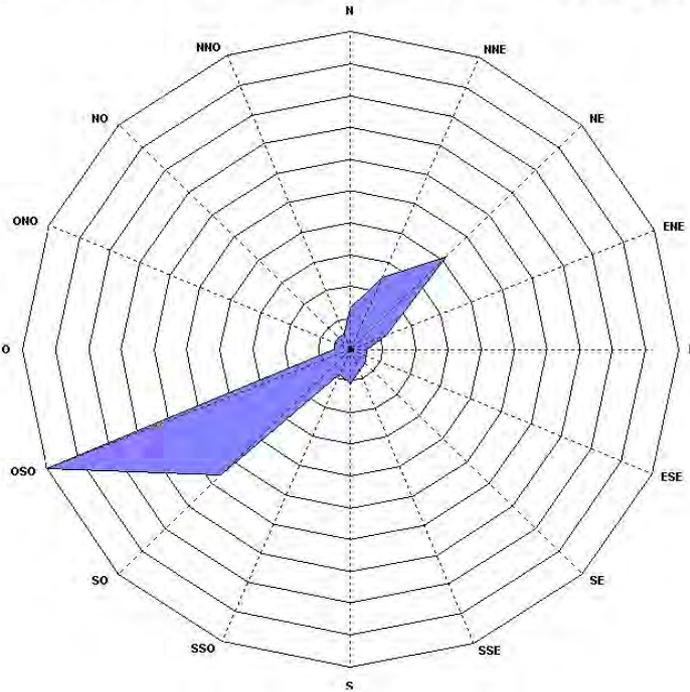
Grafico A.3.2 Rosa dei venti presso Fucecchio – Primavera 2015

Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione

Stazione Mezzo Mobile 3

Valori dal giorno 15/04/2015 Al giorno 04/05/2015



	Occorrenze	V media m/s
N	7	0,75
NNE	17	0,62
NE	31	2,86
ENE	6	2,12
E	0	0,00
ESE	0	0,00
SE	1	0,72
SSE	2	0,90
S	5	0,86
SSO	3	0,65
SO	44	1,48
OSO	82	1,56
O	0	0,00
ONO	0	0,00
NO	0	0,00
NNO	0	0,00

Calma	262
Variable	0
NC	0
Non validi	0
Totale	490

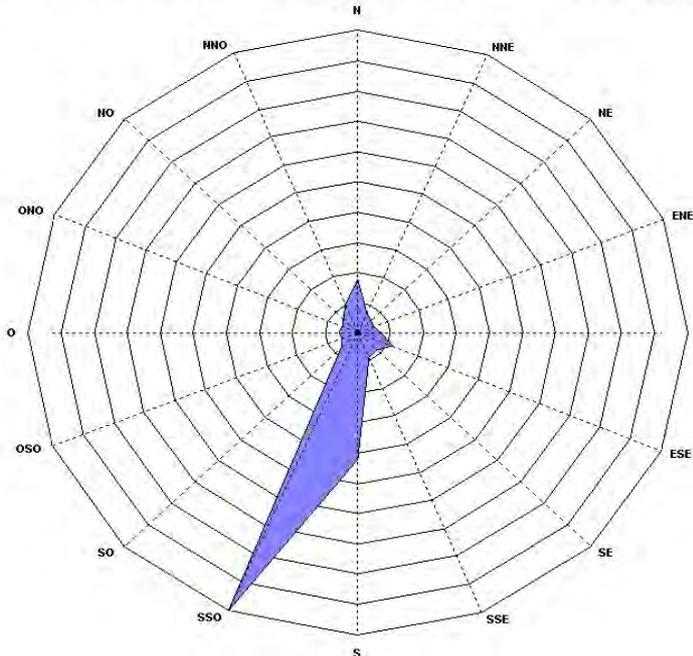
Grafico A.3.3 Rosa dei venti presso Fucecchio – Estate 2015

Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione

Stazione Mezzo Mobile 3

Valori dal giorno 15/07/2015 Al giorno 03/08/2015



	Occorrenze	V media m/s
N	17	1,72
NNE	3	1,01
NE	1	1,22
ENE	0	0,00
E	3	0,93
ESE	9	0,57
SE	4	0,47
SSE	5	0,54
S	50	1,06
SSO	129	1,44
SO	3	0,85
OSO	0	0,00
O	1	0,56
ONO	0	0,00
NO	2	0,65
NNO	7	0,74

Calma	245
Variable	1
NC	0
Non validi	0
Totale	480

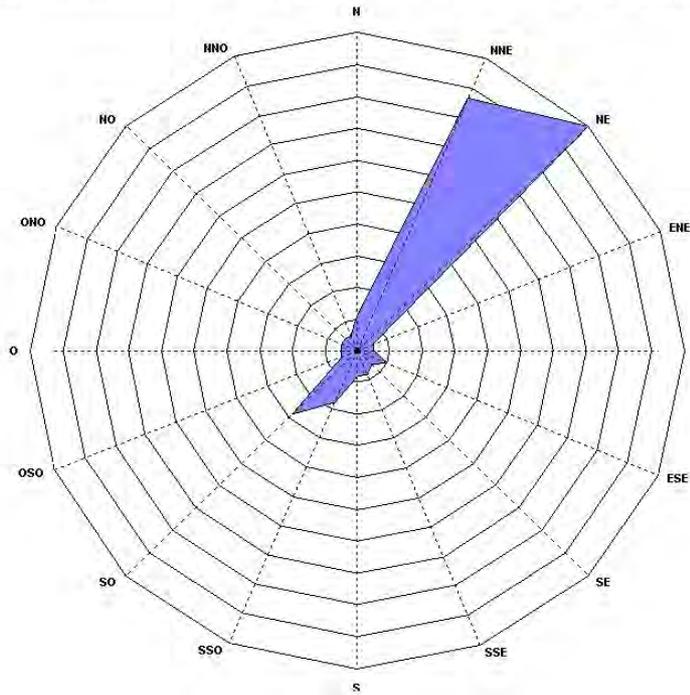
Grafico A.3.4 Rosa dei venti presso Fucecchio – Autunno 2015

Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione

Stazione Mezzo Mobile 3

Valori dal giorno 23/10/2015 Al giorno 09/11/2015



	Occorrenze	V.media m/s
N	4	0,47
NNE	52	2,17
NE	61	2,85
ENE	0	0,00
E	0	0,00
ESE	3	0,40
SE	1	0,36
SSE	2	0,65
S	2	0,61
SSO	8	1,22
SO	15	1,01
OSO	0	0,00
O	0	0,00
ONO	0	0,00
NO	0	0,00
NNO	0	0,00

Calma	284
Variabile	0
NC	0
Non validi	0
Totale	432

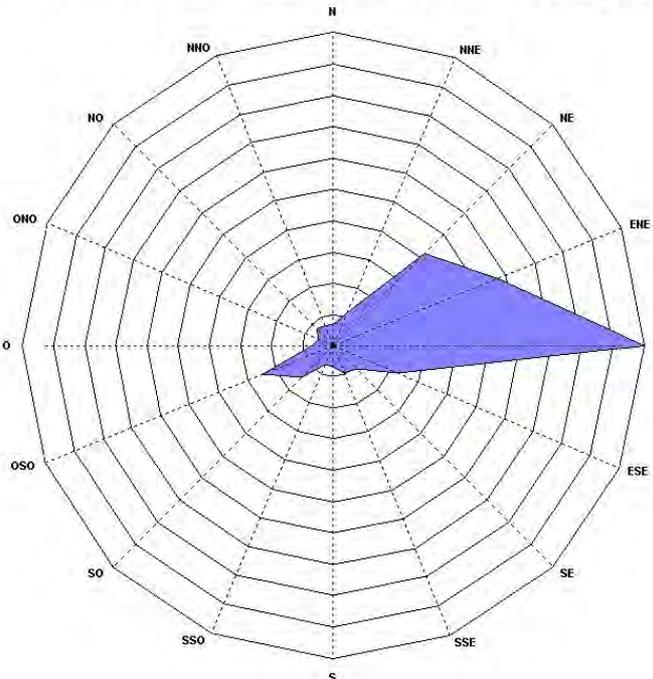
Grafico A.4.1 Rosa dei venti presso Castelfranco Via dell'Acacia – Inverno 2015

Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione

Stazione Mezzo Mobile 3

Valori dal giorno 04/02/2015 Al giorno 23/02/2015



	Occorrenze	V.media m/s
N	2	1,11
NNE	7	0,92
NE	40	1,55
ENE	57	1,37
E	104	1,70
ESE	19	1,34
SE	6	0,84
SSE	5	1,01
S	2	1,52
SSO	2	0,54
SO	10	0,83
OSO	21	1,57
O	2	1,42
ONO	0	0,00
NO	3	0,57
NNO	2	1,52

Calma	197
Variabile	0
NC	0
Non validi	1
Totale	490

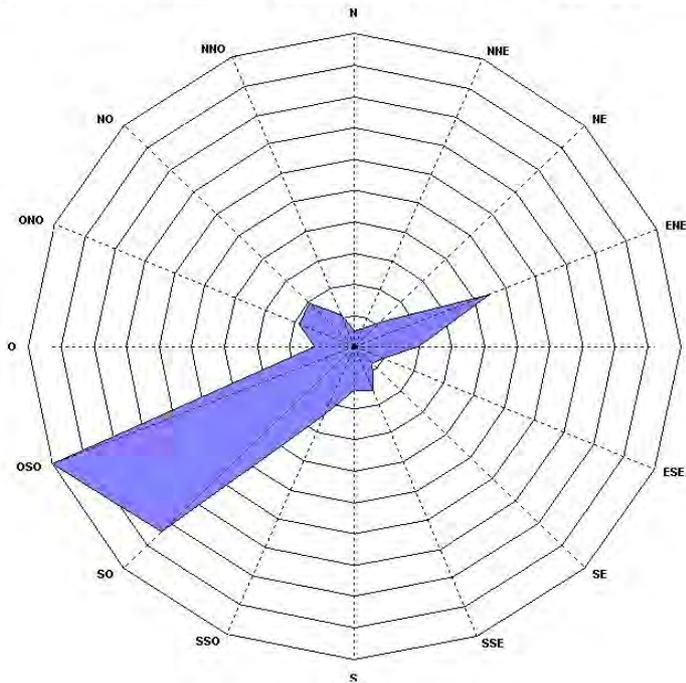
Grafico A.4.2 Rosa dei venti presso Castelfranco Via dell'Acacia – Estate 2015
(Primavera mancante a causa di un problema tecnico con il palo meteo)

Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione

Stazione Mezzo Mobile 3

Valori dal giorno 12/08/2015 Al giorno 31/08/2015



	Occorrenze	V media m/s
N	0	0,00
NNE	1	0,85
NE	4	0,58
ENE	27	0,68
E	10	0,65
ESE	3	0,67
SE	2	0,45
SSE	7	0,82
S	6	0,61
SSO	13	0,71
SO	54	1,22
OSO	65	2,14
O	5	0,84
ONO	9	1,22
NO	10	1,19
NNO	4	1,09

Calma	299
Variabile	1
NC	0
Non validi	0
Totale	480

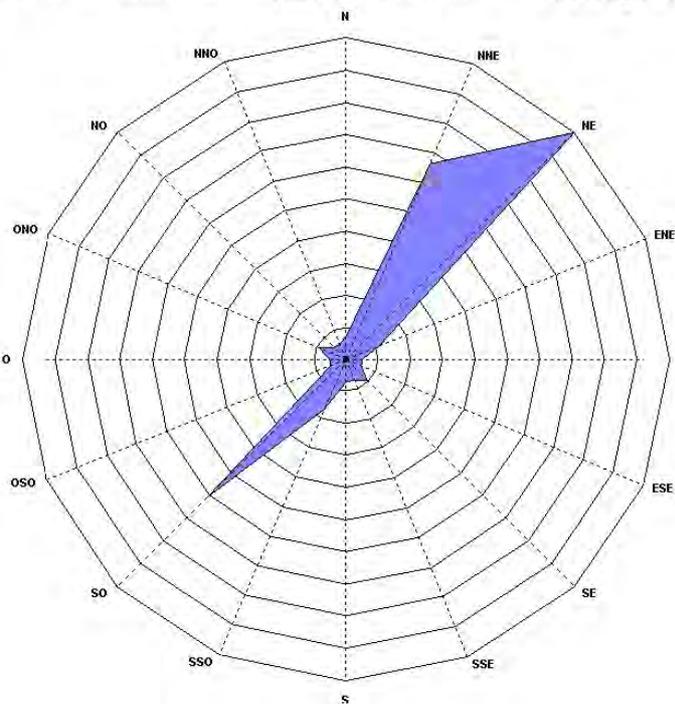
Grafico A.4.3 Rosa dei venti presso Castelfranco Via dell'Acacia – Autunno 2015

Rosa dei Venti

Rete Pisa-Staz.In Scansione

Stazione Mezzo Mobile 3

Valori dal giorno 11/11/2015 Al giorno 29/11/2015



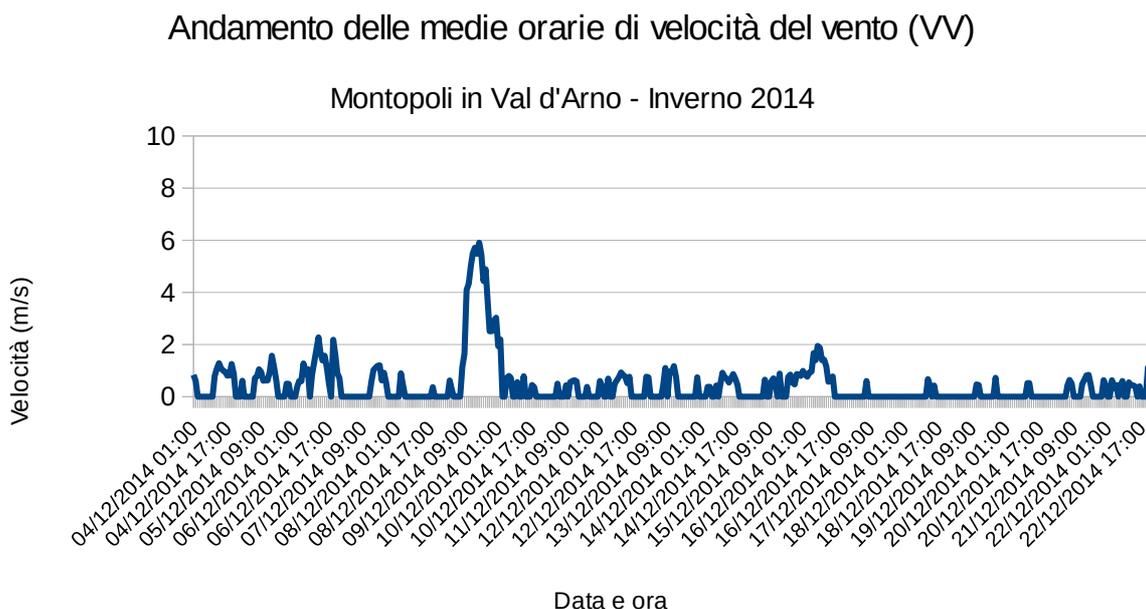
	Occorrenze	V media m/s
N	1	1,07
NNE	31	2,41
NE	48	1,31
ENE	3	0,92
E	0	0,00
ESE	0	0,00
SE	2	0,74
SSE	1	0,39
S	1	0,60
SSO	6	2,34
SO	28	2,85
OSO	0	0,00
O	0	0,00
ONO	2	0,52
NO	0	0,00
NNO	0	0,00

Calma	331
Variabile	2
NC	0
Non validi	0
Totale	436

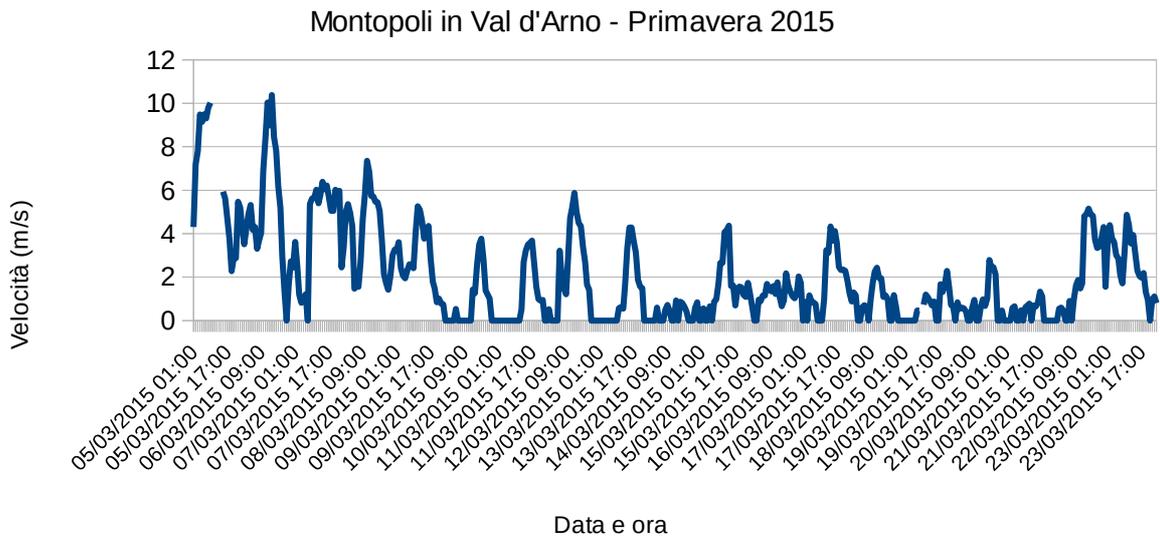
Come era prevedibile, le frequenze maggiori di provenienza del vento sono dai quadranti orientali (in particolare Nord-Est) per quanto riguarda la stagione invernale nei siti di San Romano e Fucecchio. Per quanto riguarda Santa Croce "Cerri" si nota una concorrenza di frequenze di vento da Nord-Est così come da Sud-Ovest, mentre per Castelfranco il bilancio di fenomeni ventosi invernali è incentrato sulla direzione Est.

In autunno, si ripresentano le stesse incidenze da Nord-Est, tranne che nel sito di Montopoli che presenta alcune frequenze di provenienza non trascurabili da Sud e Sud-Ovest. In estate è netta la prevalenza dei venti dal quadrante Sud-Occidentale, tranne che nel caso di Montopoli che presenta di nuovo eventi non trascurabili da Sud e Nord-Est. In questo sito, la frequenza di eventi da Nord-Est supera addirittura quella dei venti da Sud-Ovest. La primavera fa riscontrare molta variabilità nella provenienza del vento, molto probabilmente dovuta alla collocazione temporale delle varie campagne all'interno della stessa stagione: così a Montopoli si hanno frequenze preponderanti di eventi ventosi da Nord-Est, a Santa Croce si ha una parità delle ricorrenze da Nord-Est e da Sud-Ovest; nei siti in cui la primavera risulta inoltrata, si veda Fucecchio, gli episodi di vento sono preponderanti dal quadrante Sud-Occidentale.

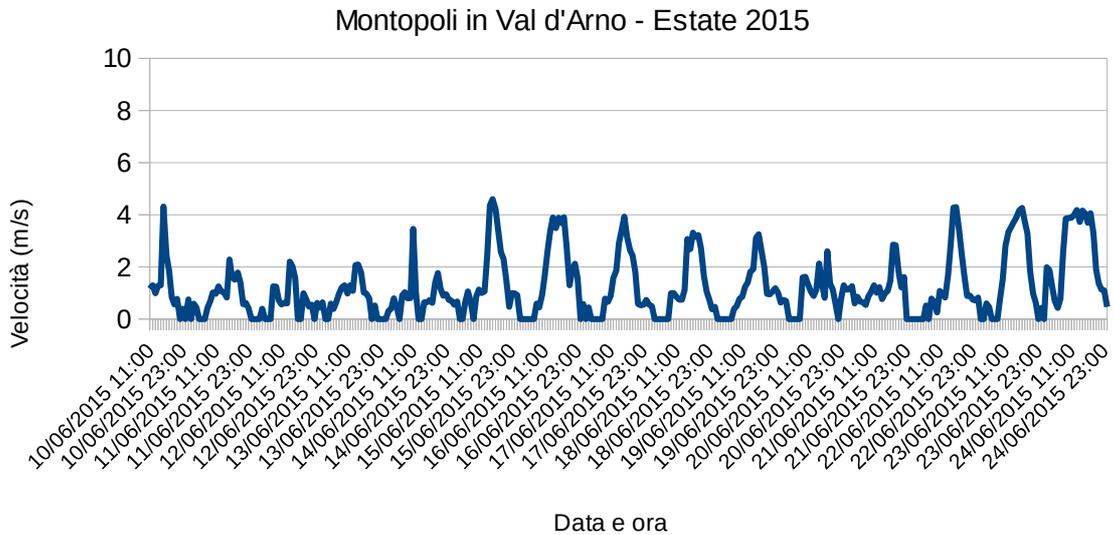
Grafico A.1.1.b Velocità del vento (VV) – San Romano, Via Pertini – Inverno 2014



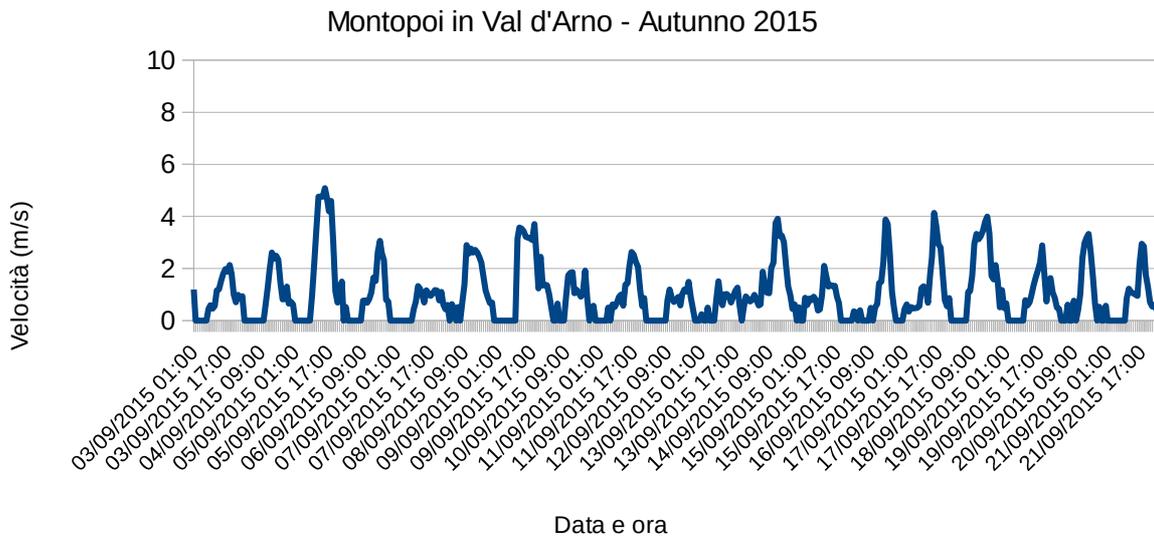
Andamento delle medie orarie di velocità del vento (VV)



Andamento delle medie orarie di velocità del vento (VV)



Andamento delle medie orarie di velocità del vento (VV)



Andamento delle medie orarie di velocità del vento (VV)

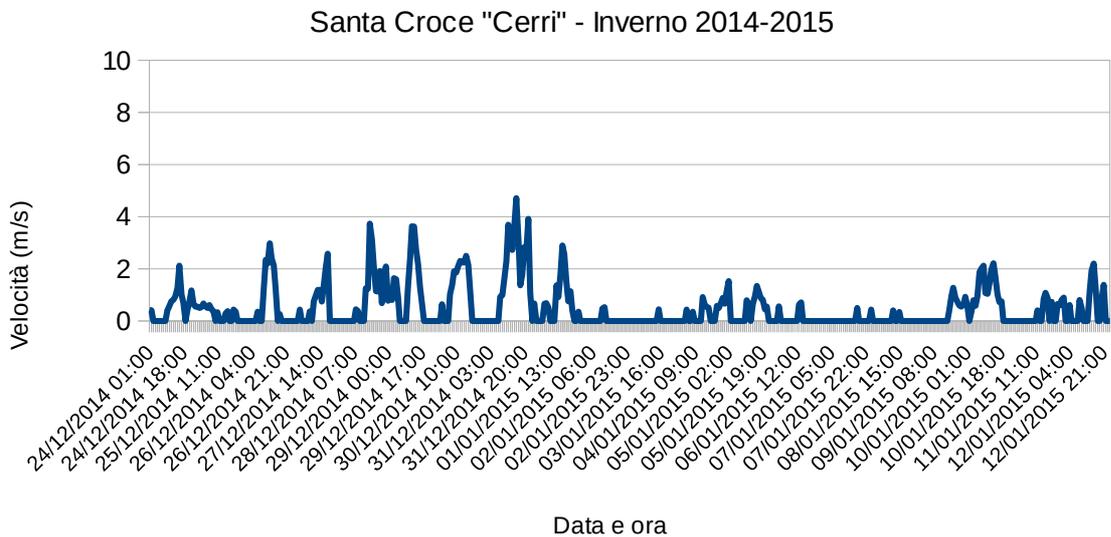


Grafico A.2.2.b Velocità del vento (VV) – Santa Croce “Cerri” – Primavera 2015

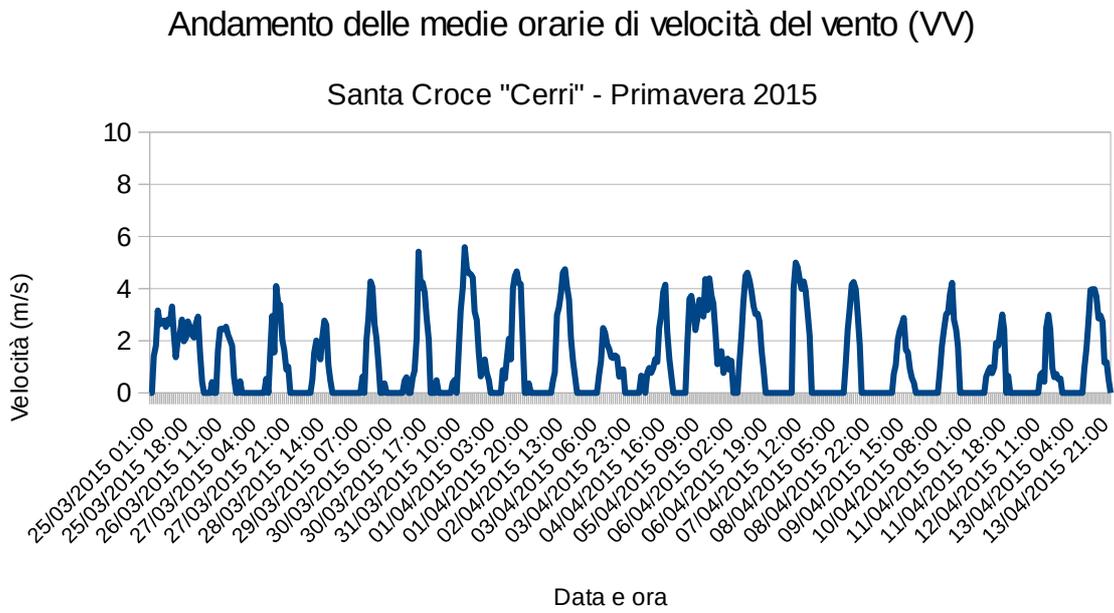
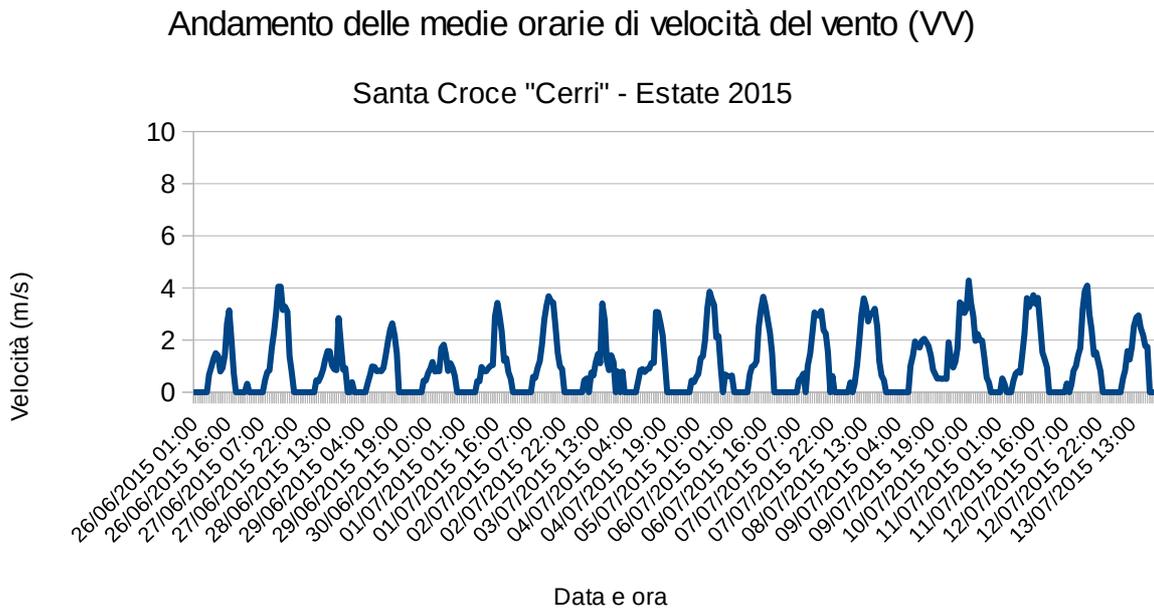
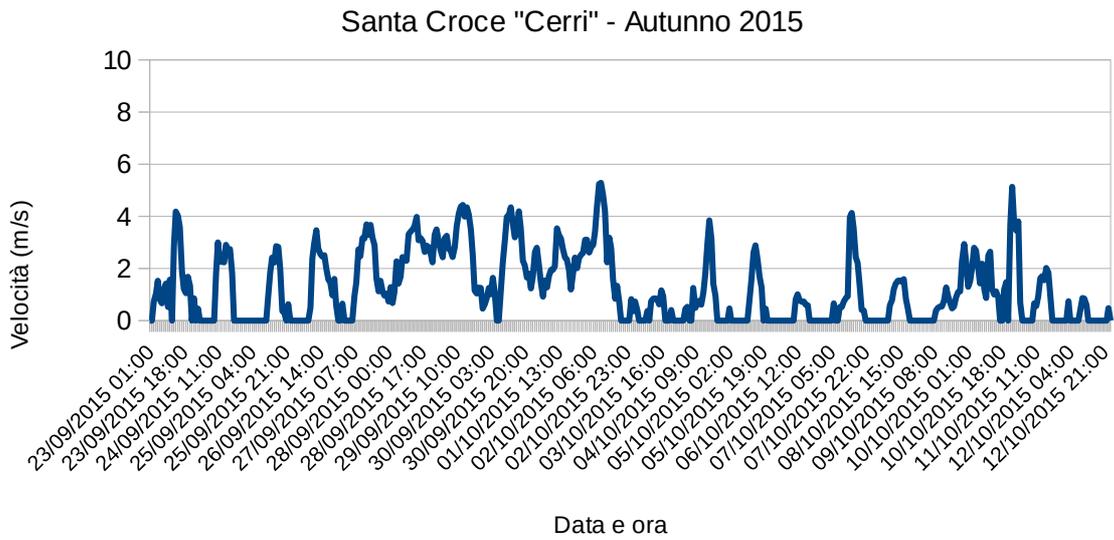


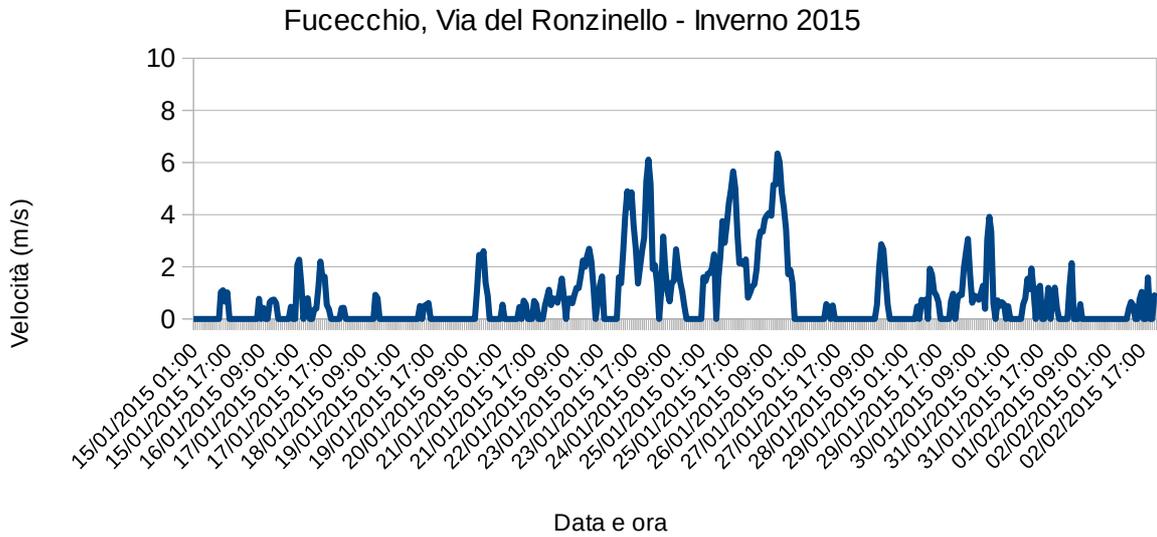
Grafico A.2.3.b Velocità del vento (VV) – Santa Croce “Cerri” – Estate 2015



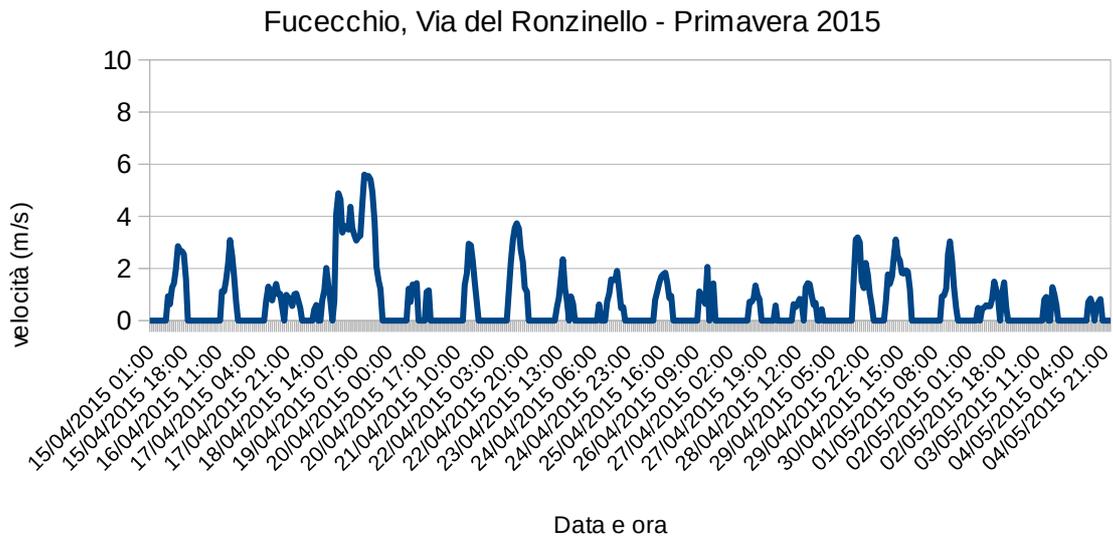
Andamento delle medie orarie di velocità del vento (VV)



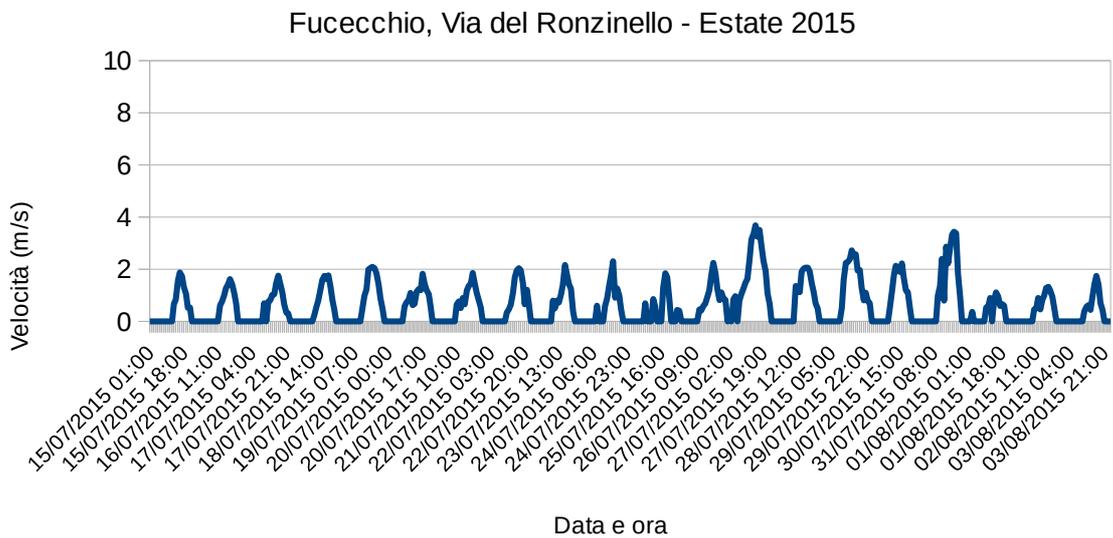
Andamento delle medie orarie di velocità del vento (VV)



Andamento delle medie orarie di velocità del vento



Andamento delle medie orarie di velocità del vento (VV)



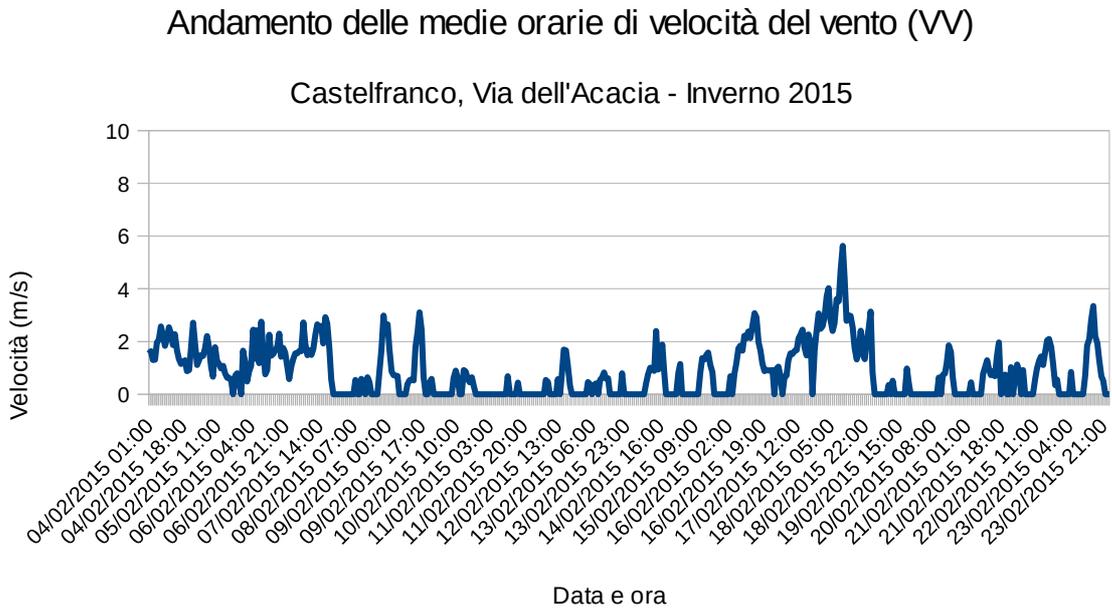
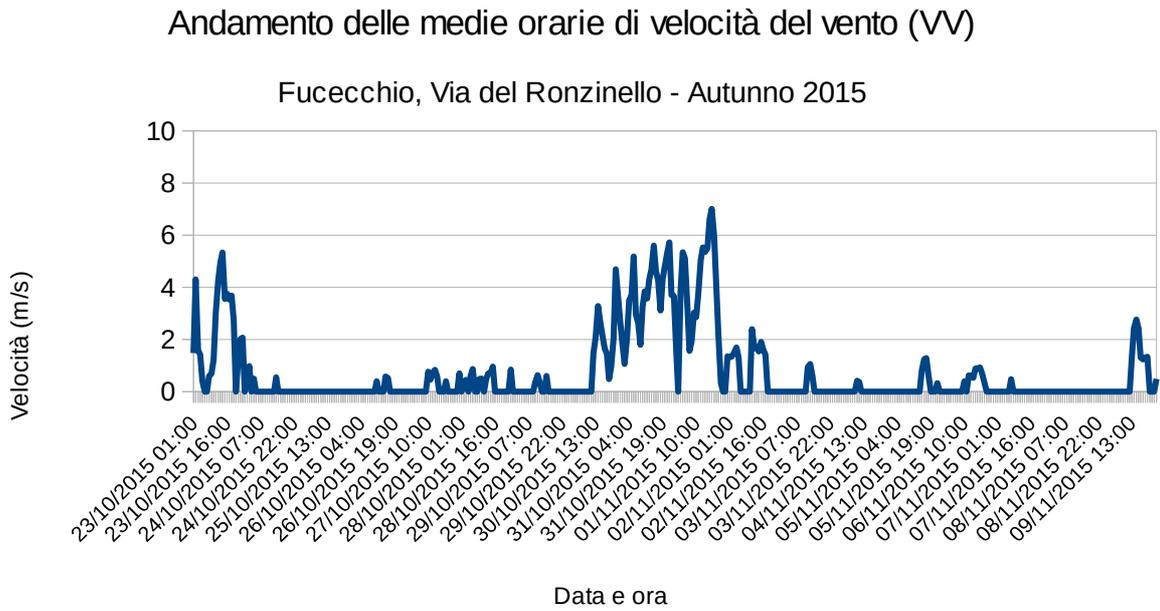


Grafico A.4.2.b Velocità del vento (VV) – Castelfranco Via dell'Acacia – Estate 2015 (Primavera mancante a causa di problema tecnico con il palo meteo)

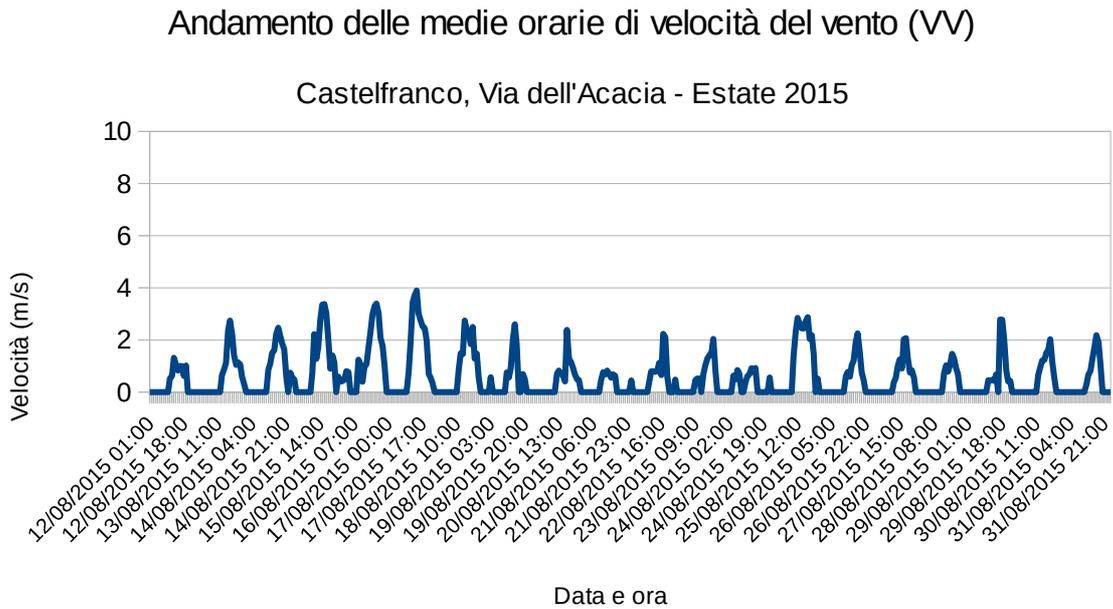


Grafico A.4.3.b Velocità del vento (VV) – Castelfranco Via dell'Acacia – Autunno 2015

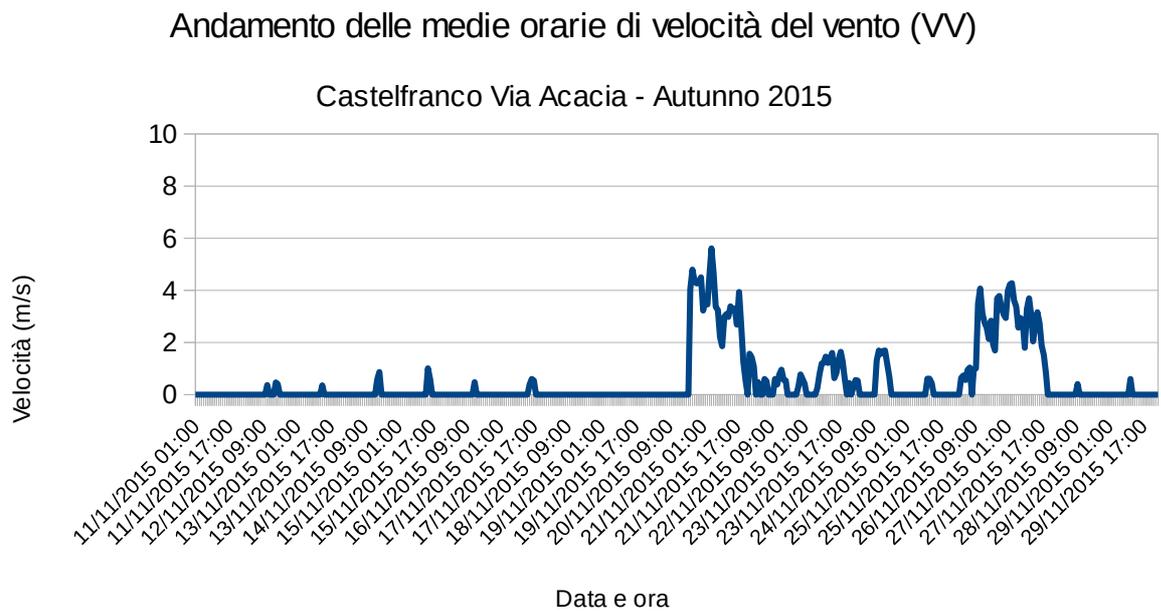


Tabella A.2: frequenza percentuale dei fenomeni di CALMA DI VENTO ($v < 1,5$ m/s) e di velocità del vento (VV) superiore a 3,5 m/s

Sito di misura	Stagione	Frequenza percentuale di VV < 1,5 m/s	Frequenza percentuale di VV > 3,5 m/s
San Romano	inverno	93,9%	2,4%
	primavera	54,4%	23,8%
	estate	72,3%	7,7%
	autunno	76,1%	4,0%
“Cerri”	inverno	89,0%	1,5%
	primavera	65,2%	10,6%
	estate	73,8%	3,0%
	autunno	64,2%	7,5%
Fucecchio	inverno	80,5%	5,5%
	primavera	84,2%	3,5%
	estate	85,8%	0,4%
	autunno	82,6%	8,6%
Castelfranco	inverno	74,2%	1,5%
	primavera	n.d.	n.d.
	estate	85,8%	0,4%
	autunno	86,0%	4,4%

Come era plausibile, si nota una più elevata ricorrenza di fenomeni ventosi al di sopra dei 3,5 m/s nella stagione primaverile, almeno per quanto riguarda i primi due siti. Per quanto riguarda Fucecchio e Castelfranco, la maggior parte degli eventi ventosi è in autunno. Per quanto riguarda i fenomeni di “calma di vento” ($v < 1,5$ m/s), le percentuali maggiori si ottengono nella stagione invernale, sempre per quanto attiene ai primi due siti (San Romano e Santa Croce “Cerri”). Per quanto riguarda gli altri due siti (Fucecchio e Castelfranco via dell’Acacia), le ricorrenze più numerose di “calma di vento” risultano essere in estate e autunno solo per Castelfranco.

Non sono disponibili i dati meteorologici per il sito di Castelfranco di Sotto in primavera, a causa di un guasto tecnico ai sensori.

ALLEGATO 2: Test di correlazione di Pearson – definizione

In teoria degli errori, l'indice di correlazione di Pearson, anche detto coefficiente di correlazione di Pearson (o di Bravais-Pearson) tra due variabili aleatorie è un coefficiente che esprime la linearità tra la loro covarianza e il prodotto delle rispettive deviazioni standard.

Date due variabili statistiche X e Y, l'indice di correlazione di Pearson è definito come la loro covarianza divisa per il prodotto delle deviazioni standard delle due variabili:

$$\rho_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

dove

σ_{xy} è la covarianza tra X e Y

σ_x, σ_y sono le due deviazioni standard

Il coefficiente assume sempre valori compresi tra -1 e 1:

$$-1 \leq \rho_{xy} \leq 1$$

Se:

$$\rho_{xy} > 0$$

le variabili x e y si dicono *direttamente correlate*, oppure *correlate positivamente*

$$\rho_{xy} = 0$$

le variabili x e y si dicono *incorrelate*

$$\rho_{xy} < 0$$

le variabili x e y si dicono *inversamente correlate*, oppure *correlate negativamente*

Per la correlazione diretta si distingue inoltre:

$$0 < \rho_{xy} < 0,3$$

correlazione debole

$$0,3 < \rho_{xy} < 0,7$$

correlazione moderata

$$\rho_{xy} > 0,7$$

correlazione forte

L'indice di correlazione vale 0 se le due variabili sono indipendenti. Non vale la conclusione opposta: in altri termini, la non correlazione è condizione *necessaria* ma non *sufficiente* per l'indipendenza. L'ipotesi di assenza di autocorrelazione è più restrittiva ed implica quella di indipendenza fra due variabili.

L'indice di correlazione vale + 1 in presenza di correlazione lineare positiva ($y = a + b x$, dove $b > 0$), mentre vale -1 in presenza di correlazione lineare negativa (p.es.: $y = a + b x$, con $b < 0$).