

Campagna di rilevamento della qualità dell'aria nel Comune di Pietrasanta (LU)

presso i siti di:

- Scuola Primaria - Loc. Pollino***
- Centro Sportivo "La Prunaccia" - Strettoia***

Campagne indicative di rilevamento con
Autolaboratorio-CJ845CC e Autolaboratorio-SI408060

Periodo globale:
9 giugno 2018 – 1° maggio 2019

**Settore "Centro regionale per la tutela
della qualità dell'aria"**

Luglio 2019

REPORT

ARIA 



PROVINCIA DI LUCCA – COMUNE DI PIETRASANTA

RELAZIONE CAMPAGNE DI RILEVAMENTO INDICATIVE CON AUTOLABORATORI TARGATI SI408060 e CJ845CC

- 1) Via Montiscendi 19, c/o Centro Sportivo “La Pruniccia” - Strettoia
- 2) Via Pontenuovo 66 – Loc. Pollino presso Scuola Elementare “Alessio Ricci”

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)

Area Vasta ARPAT Toscana Costa-CRTQA
Via Giovanni Marradi, 114 - 57126 Livorno
Tel. 055.32061, fax 055.5305615 - p.iva 04686190481
www.arpat.toscana.it - urp@arpat.toscana.it - PEC: arpat.protocollo@postacert.toscana.it

Sintesi

Le campagne indicative di monitoraggio della qualità dell'aria, realizzate per mezzo di laboratori mobili tra il giugno 2018 e il maggio 2019 nel territorio comunale di Pietrasanta (LU) in località La Prunaccia e in località Pollino, nell'ambito di una convenzione tra ARPAT e il Comune di Pietrasanta, hanno fornito un quadro ambientale esauriente. In entrambi i siti sono stati rilevati il Particolato PM 10 e PM 2,5, in aggiunta in località Pollino NO₂, SO₂ e H₂S e in località La Prunaccia gli inquinanti gassosi BTEX.

La determinazione delle frazioni di polveri atmosferiche PM10 e PM2,5 nelle due postazioni non ha evidenziato situazioni particolarmente critiche, dato che tutti i valori degli indicatori, definiti dalla normativa per le campagne indicative con autolaboratori, sono al di sotto dei valori limite previsti dal D.Lgs.155/10.

Presso il sito del Pollino i valori dell' indicatore media di periodo relativo a PM10 e PM2,5 sono superiori a quelli registrati sia nel sito della Prunaccia che nel sito di riferimento di LU-Viareggio (+24% come regressione lineare dei dati di PM10, +24% sul valore medio di PM10 sul periodo dell'intera campagna).

Per quanto riguarda il n° di superamenti del VL giornaliero del PM10 in un anno sono stati ottenuti due valori relativi al 90,4° percentile uguali nei due siti e pari a 42 µg/m³, quindi inferiori al VL giornaliero di 50 µg/m³, che è indicato dalla normativa vigente come limite per il possibile superamento del VL giornaliero di 35 superamenti ammessi per anno civile.

Per quanto attiene al PM2,5, non vi sono in nessuno dei due siti superamenti del VL annuale previsto dalla normativa vigente. Analogamente agli indicatori di periodo del PM10 si osservano valori più elevati nel sito del Pollino rispetto al sito di riferimento di LU-Viareggio (+33% sul valore dell' indicatore media di LU-Viareggio negli stessi periodi della campagna) e valori simili invece nel sito della Prunaccia.

Per quanto attiene agli inquinanti gassosi SO₂ e NO₂, misurati nel sito del Pollino i valori degli indicatori rispettano ampiamente i limiti previsti dalla normativa vigente per la protezione della salute umana. Per quanto concerne l'Acido solfidrico si riscontrano valori di concentrazione superiori alla soglia olfattiva di 7 µg/m³ che si sono verificati per una percentuale trascurabile del tempo totale dell'intera campagna di misura (0,3%).

Per quanto riguarda i composti aromatici BTEX, misurati nel sito della Prunaccia, per il benzene si riscontra il rispetto del VL annuale previsto dalla normativa vigente e un valore medio sul periodo della campagna leggermente inferiore a quello del sito di riferimento di LU-San Concordio (0,9 µg/m³ alla Prunaccia rispetto a 1,4 µg/m³).

Per quanto riguarda gli altri composti aromatici monitorati si osservano valori molto inferiori ai valori guida dell'OMS.

SOMMARIO

SINTESI.....	3
.....	4
1. INTRODUZIONE.....	5
2. DESCRIZIONE DEI SITI DI MISURA.....	6
3. PARAMETRI E METODI.....	10
4. LIMITI NORMATIVI.....	12
5. RISULTATI.....	16
5.1 STANDARDIZZAZIONE.....	16
5.2 VALORI DEGLI INDICATORI.....	16
5.2.1 <i>Biossido di Azoto (NO₂) - POLLINO.....</i>	<i>18</i>
5.2.2 <i>Biossido di Zolfo (SO₂) - POLLINO.....</i>	<i>19</i>
5.2.3 <i>Polveri PM₁₀ – PRUNICCIA e POLLINO.....</i>	<i>20</i>
5.2.4 <i>Polveri PM_{2,5} – PRUNICCIA e POLLINO.....</i>	<i>34</i>
5.2.5 <i>Acido solfidrico (H₂S) - POLLINO.....</i>	<i>43</i>
5.2.6 <i>Benzene, toluene, etilbenzene e xileni (BTEX) - PRUNICCIA.....</i>	<i>47</i>
CONCLUSIONI.....	51
ALLEGATO A: DATI METEOROLOGICI.....	53
ALLEGATO B: GIORNO TIPO DEL BIOSSIDO DI AZOTO (INVERNO / ESTATE).....	59
ALLEGATO C: TEST DI CORRELAZIONE DI PEARSON – DEFINIZIONE.....	60

1. INTRODUZIONE

Le campagne di misura condotte con autolaboratorio 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 degli autolaboratori CJ845CC e SI408060 dell'ARPAT relativa al periodo 9 giugno 2018 – 1° maggio 2019, nel contesto di una convenzione stipulata tra Comune di Pietrasanta e ARPAT, e recepita dall'Agenzia regionale tramite i decreti dirigenziali D.D.031/2018 e D.D.098/2018.

Ciascuna delle due indagini, ricomprese 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 PG.SG.17 "Monitoraggio della qualità dell'aria mediante reti di rilevamento". Tale sistema di gestione di ARPAT è certificato dal RINA con registrazione n° 32671/15/S secondo le UNI EN ISO 9001:2015. 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 gli autolaboratori si trovano nel territorio comunale di Pietrasanta, a distanza in linea d'aria di 7 km circa l'uno dall'altro.

I punti di misura, le tipologie del sito e le localizzazioni rispetto al capoluogo comunale sono:

1) Scuola Elementare “Alessio Ricci”, Via Pontenuovo 66 in località Pollino, “rurale – fondo”, a 2 km in direzione Sud dal centro cittadino (qui è stato impiegato il mezzo targato CJ845CC); coordinate Gauss – Boaga: Nord 4865856; Est 1598980.

2) Centro Sportivo “La Prunicia”, via Montiscendi 19 – Strettoia, al confine con Montignoso (MS), sito di tipologia “periferica – fondo” a circa 5 km in direzione Nord-Ovest dal capoluogo (in questo sito è stato utilizzato il mezzo mobile targato SI408060); coordinate Gauss – Boaga: Nord 4871461; Est 1595063.

Figura 2.1 *Mappa della zonizzazione della Toscana con individuazione dell'area comunale di indagine e indicazione dell'Area omogenea di interesse (Zona Costiera)*

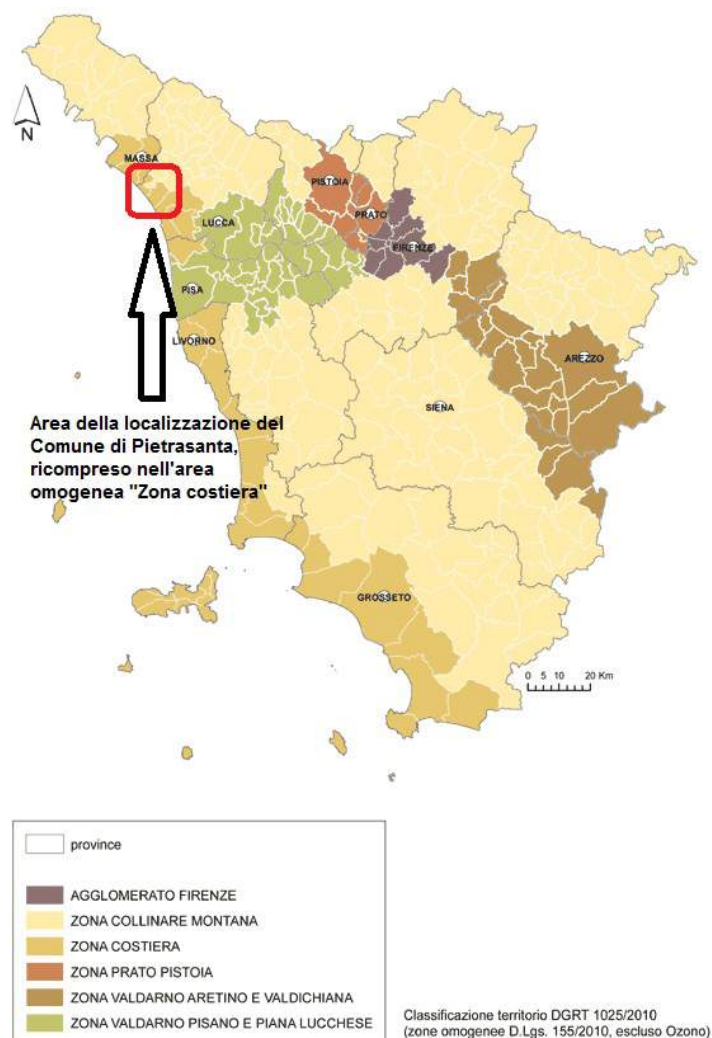


Figura 2.2 Mappa della provincia di Lucca con localizzazione in rosso del territorio comunale di Pietrasanta

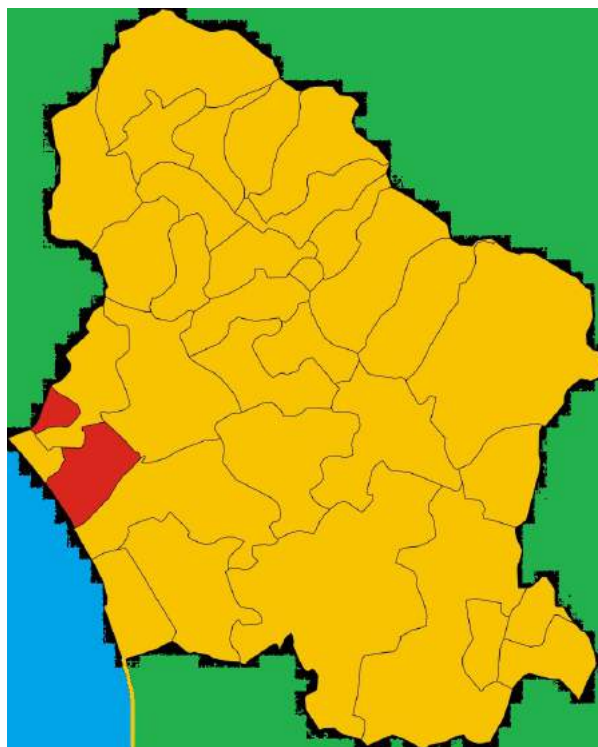


Figura 2.3 Panoramica dei siti di monitoraggio all'interno del territorio di Pietrasanta e della Versilia estesa con evidenza dei siti fissi regionali di riferimento (LU-Viareggio e MS-Marina Vecchia)

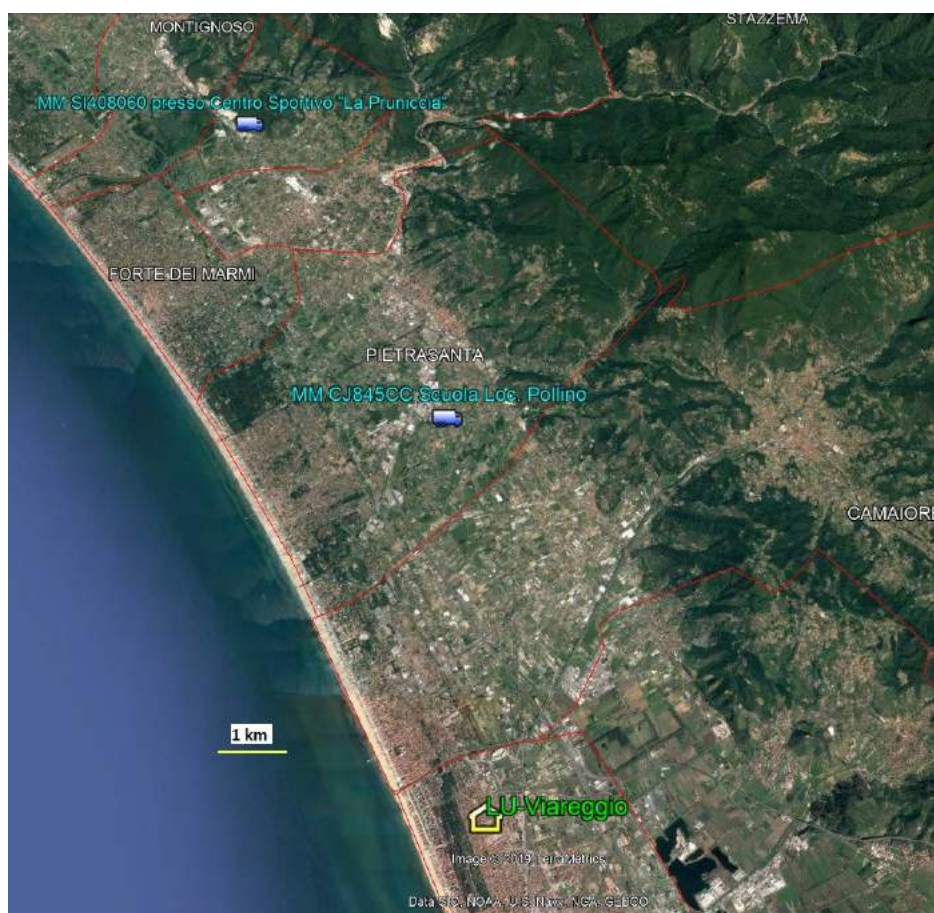


Figura 2.4 Autolaboratorio CJ845CC situato presso la scuola elementare in località Pollino (autunno 2018 – vista verso Ovest)



Figura 2.4.bis Contesto ambientale del sito “Rurale - fondo” ubicato in località Pollino



Figura 2.5 Autolaboratorio SI408060 installato presso il Centro Sportivo “La Prunicia” a Strettoia (inverno 2019 – vista verso Nord-Ovest)



Figura 2.5.bis Contesto del sito “periferico – fondo” ubicato presso il centro sportivo “La Prunicia” a Strettoia



NOTA: in tutte le immagini aeree, Nord verso l'alto.

3. Parametri e Metodi

Nella tabella 3.1 è fornita una descrizione degli inquinanti monitorati dagli autolaboratori impiegati, in accordo con la convenzione stipulata:

Tabella 3.1 – Inquinanti monitorati da autolaboratorio CJ845CC:

SO ₂ /H ₂ S	NO _x	PM10	PM2,5
x	x	x	x

Tabella 3.2 – Inquinanti monitorati da autolaboratorio SI408060:

BTEX	PM10	PM2,5
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

BTEX = benzene, toluene, etilbenzene e xileni

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

Tabella 3.3 – Caratteristiche tecniche degli strumenti installati sul Laboratorio mobile CJ845CC:

Inquinante	Marca modello	Principio Metodo	Limite Rilevabilità	Precisione
SO ₂ /H ₂ S	API 101A	Fluorescenza UNI EN14212:2012	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 200E	Chemiluminescenza UNI EN 14211:2012	0,7 µg/m ³	0,5% della lettura
PM10/PM2,5	FAI Hydra Dual Channel	Campionamento gravimetrico su membrane filtranti UNI UNI EN 12341:2014	---	---

Tabella 3.4 – Caratteristiche tecniche degli strumenti installati sul Laboratorio mobile SI408060:

Inquinante	Marca modello	Principio Metodo	Limite Rivelabilità	Precisione
BTEX	Chromatotec Air Toxic GC866	Gascromatografia PID UNI EN 14662-3:2015	0,01 ppb (0,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il benzene)	2% su 48 ore a 1 ppb
PM10/PM2,5	FAI Hydra Dual Channel	Campionamento gravimetrico su membrane filtranti UNI UNI EN 12341:2014	---	---

Su entrambi gli autolaboratori sono installati anche i sensori per la misura della velocità del vento (VV) e per la determinazione della provenienza dei fenomeni ventosi (DV), i cui dati sono riportati in Allegato A.

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 BLOSSIDO 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 µg/ 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 µg/ m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile
Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	20 µg/m ³
Livello critico per la protezione della vegetazione	Livello critico invernale (1 ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	500 µg/m ³

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 µg/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 µg/m ³ PM10

Tabella 4.4 MATERIALE PARTICOLATO PM_{2,5} – 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 µg/m ³ PM _{2,5}

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 disturbo 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

Tabella 4.6 BENZENE – 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	5,0 µg/m ³

Tabella 4.7 TOLUENE – soglie dell'OMS (o WHO) ⁽¹⁾

Tipologia di soglia	Periodo di mediazione	Valore
Soglia per inquinamento olfattivo	Mezz'ora	1000 µg/m ³
Soglia per la tutela sanitaria	1 settimana	260 µg/m ³

Tabella 4.8 ETILBENZENE – soglie dell'OMS (o WHO) ⁽¹⁾

Tipologia di soglia	Periodo di mediazione	Valore
Soglia per la tutela sanitaria	1 anno	22000 µg/m ³

Tabella 4.8 XILENI – soglie dell'OMS (o WHO) ⁽¹⁾

Tipologia di soglia	Periodo di mediazione	Valore
Soglia per la tutela sanitaria	1 giorno	4800 µg/m ³
Soglia per la tutela sanitaria	1 anno	870 µg/m ³

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

5. RISULTATI

Tra il giugno 2018 e il 1° maggio 2019, sono state svolte due campagne indicative in due diversi siti nell'ambito del territorio comunale di Pietrasanta.

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

Parametri gassosi			ESTATE			AUTUNNO			INVERNO			PRIMAVERA			Totale Giorni campionamento	Totale Ore teoriche campionamento
Comune	Ubicazione	Parametri monitorati	Inizio	Fine	n. giorni	Inizio	Fine	n. giorni	Inizio	Fine	n. giorni	Inizio	Fine	n. giorni		
Pietrasanta	Via Montiscendi – fraz. Strettoia	BTEX	12-giu-18	1-lug-18	20	5-ott-18	30-nov-18	57	1-dic-18	28-feb-19	90	1-mar-19	1-mag-19	62	229	5496
	Via Pontenuovo – Loc. Pollino	NO _x , SO ₂ , H ₂ S	27-lug-18	26-ago-18	31	5-set-18	13-nov-18	70	19-gen-19	13-feb-19	26	23-mar-19	17-apr-19	26	153	3672

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

Polveri PM10 / PM2,5		ESTATE			AUTUNNO			INVERNO			PRIMAVERA			Totale Giorni campionamento
Comune	Ubicazione	Inizio	Fine	n. giorni	Inizio	Fine	n. giorni	Inizio	Fine	n. giorni	Inizio	Fine	n. giorni	
Pietrasanta	Via Montiscendi – fraz. Strettoia	9-giu-18 // 12-giu-18	25-giu-18	15	5-ott-18	19-ott-18	15	21-dic-18	4-gen-19	15	25-mar-19	8-apr-19	15	60
	Via Pontenuovo – Loc. Pollino	28-lug-18	11-ago-18	15	5-ott-18	19-ott-18	15	19-gen-19	2-feb-19	15	25-mar-19	8-apr-19	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.

I dati orari di tutti gli inquinanti gassosi sono riferiti all'ora solare.

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 ss.mm.ii.).

I dati acquisiti nel corso delle campagne condotte con i mezzi mobili 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.

Come si evince anche dalle tabelle sopra illustrate, per quanto riguarda i periodi di interesse sono state considerate le stagioni meteorologiche, più precisamente:

- estate: **dal 9 giugno al 28 agosto 2018;**
- autunno: **dal 5 settembre al 30 novembre 2018;**
- inverno: **dal 1° dicembre 2018 al 28 febbraio 2019;**
- primavera: **1° marzo – 1° maggio 2019;**

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 raccolti con l'autolaboratorio CJ845CC nel sito del Pollino non sono utilizzabili per un confronto rigoroso 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.

I valori relativi a PM₁₀, PM_{2,5}, in entrambi i siti, e NO_x (sito del Pollino) sono stati confrontati con le misure ottenute sugli stessi periodi presso la stazione di Rete Regionale denominata LU-Viareggio, che si trova a Sud / Sud-Sud-Est rispetto alle postazioni in esame, distante 6,2 km dal sito del Pollino e 12,7 km dal sito di Strettoia, rispettivamente.

Per quanto attiene al BTEX misurato nel sito di Strettoia, è stato introdotto un confronto con i valori registrati nel sito regionale di LU-San Concordio sugli stessi periodi, per motivazioni legate alla vicinanza rispetto alla Versilia e alla affinità di tipologia di sito ("fondo urbano"), nonostante LU-San Concordio sia ricompreso nell'area omogenea "Valdarno pisano e piana lucchese". Analogamente sono state effettuate le valutazioni dei confronti per l'inquinante SO₂ nel sito del Pollino: per questo è stato scelto il sito di LU-Capannori, molto più simile come sito di fondo alla realtà versiliese rispetto al sito di Livorno-La Pira, che ricade nell'area omogenea costiera, ma che risulta maggiormente influenzato da pressioni antropiche di origine marittima e industriale. Infine per il Pollino, l'acido solfidrico H₂S, inquinante di origine industriale, non è stato confrontato direttamente con una postazione fissa, dato che non vi sono nelle prossimità stazioni fisse regionali con tale tipo di monitoraggio, ma è stata fatta una comparazione indicativa sulla frequenza delle maleodoranze con PI-Santa Croce "Coop", che rientra nel "Valdarno pisano e piana lucchese" e che riveste il ruolo di sito di riferimento per il Comprensorio della lavorazione delle pelli.

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) - POLLINO

Tabella 5.2.1.a – Dati di NO₂ – indicatori annuali; confronto e variazioni percentuali con LU-Viareggio sugli stessi periodi di misura del sito in Loc. Pollino:

NO2	Autolaboratorio	LU-Viareggio
Scuola elementare "Alessio Ricci", Via Pontenuovo, 66 – Loc. Pollino		
Media delle medie orarie (µg/m ³) – variazione % rispetto a sito di rif.	14 (-47 %)	27
Massima media oraria (µg/m ³)	75 (07/02/2018 ore 10)	108 (07/02/2019 ore 21)
n. ore valide	3487	3483
% ore valide	95%	95%
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 non superano mai i 100 µg/m³, che è la metà del VL orario da non superare più di 18 volte in un anno. I valori medi orari sono inferiori a quelli del sito di riferimento di LU-Viareggio, i cui valori sono comunque sempre inferiori al valore limite orario di 200 µg/m³. Anche il massimo valore orario è inferiore a quello di LU- Viareggio (108 µg/m³ sul periodo e cfr. Tabella 5.2.1.c anno 2018 :127 µg/m³),

L'indicatore media sul periodo è inferiore all'analogo indicatore calcolato sugli stessi periodi nel sito fisso di LU-Viareggio. Infatti il valore medio delle medie orarie sui periodi é pari a 14 µg/m³, circa 50% inferiore sia al valore medio annuale 2018 registrato nel sito fisso di Rete regionale di riferimento (24 µg/m³) sia al valore medio sugli stessi periodi della stessa centralina LU-Viareggio.

Tabella 5.2.1.b – Dati di NO₂ - indicatori stagionali per il sito di misura del Pollino:

NO2	ESTATE	AUTUNNO	INVERNO	PRIMAVERA
Scuola elementare "Alessio Ricci", Via Pontenuovo, 66 – Loc. Pollino				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	9	14	22	13
Massima media oraria (µg/m ³)	34 (03/08/2018 ore 24)	47 (15/10/2018 ore 18)	75 (07/02/2019 ore 18)	62 (23/03/2019 ore 22)
n. ore valide	709	1591	592	595
% 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 riferiti al 2018 di LU-Viareggio:

NO2 – INDICATORI ANNUALI 2018	LU-Viareggio
Media annuale (µg/m ³)	24
Massima media oraria (µg/m ³)	127 (11/02/2018 ore 20)
n. superamenti del VL giornaliero di 200 µg/m ³	0

Come si evince dalla Tabella 5.2.1.b, il valore massimo sia orario e sia medio sul periodo sono stati raggiunti in inverno.

In Allegato B alla presente relazione vengono riportati i giorni-tipo di questo inquinante nel sito di monitoraggio del Pollino, analizzando in particolare le stagioni che hanno più rilevanza: l'inverno, che fa registrare i valori mediamente più alti, e l'estate, che è caratterizzata dai valori normalmente più bassi, vista la stagionalità dell'inquinante. L'andamento tipico con due massimi (picchi a metà mattinata e a metà serata) è evidente nella sola stagione invernale, anche per quanto riguarda la

preponderanza del massimo serale, attorno a 35 µg/m³, rispetto a quello mattutino che risulta intorno ai 30 µg/m³. In estate in tutti i siti si nota che il picco mattutino e il picco serale sono entrambi attorno ai 15 µg/m³.

5.2.2 Biossido di Zolfo (SO₂) - POLLINO

Tabella 5.2.2.a – Dati di SO₂ – indicatori annuali; sito del Pollino: confronto con LU-Capannori sugli stessi periodi di misura:

SO ₂	Autolaboratorio	LU-Capannori
Scuola elementare "Alessio Ricci", Via Pontenuovo, 66 – Loc. Pollino		
Media delle medie orarie (µg/m ³)	1	2
Massima media oraria (µg/m ³)	10 (25/08/2018 ore 3)	7 (12/09/2018 ore 17)
Massima media giornaliera (µg/m ³)	6 (25/08/2018)	4 (12/09/2018)
n. ore valide	3463	3379
% ore valide	94%	92%
n. giorni validi	152	150
% giorni validi	99%	98%
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 il sito del Pollino:

SO ₂	ESTATE	AUTUNNO	INVERNO	PRIMAVERA
Scuola elementare "Alessio Ricci", Via Pontenuovo, 66 – Loc. Pollino				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	4	< 1	1	< 1
Massima media oraria (µg/m ³)	10 (25/08/2018 ore 3)	9 (07/11/2018 ore 4)	5 (30/01/2019 ore 12)	7 (16/04/2019 ore 11)
Massima media giornaliera (µg/m ³)	6 (25/08/2018)	1 (13/09/2018)	3 (19/01/2019)	1 (04/04/2019)
n. ore valide	678	1597	592	596
% ore valide	91%	95%	95%	96%
n. giorni validi	31	69	26	26
% giorni validi	100%	99%	100%	100%
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

Come già accade da molti anni su gran parte del territorio regionale, 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 giornaliero, 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. Anche i valori più elevati sono tutti al di sotto di 1/20 del VL previsto. Per quanto riguarda il sito di LU-Capannori, preso a riferimento, i valori massimi delle medie orarie e giornaliero sono confrontabili con quelli del sito del Pollino.

Tabella 5.2.2.c – Dati di SO₂ – indicatori annuali riferiti al 2018 di LU-Capannori.

SO₂ – INDICATORI ANNUALI 2018	LU-Capannori
Media annuale (µg/m ³)	1
Massima media oraria (µg/m ³)	10 (24/04/2018 ore 10)
Massima media giornaliera (µg/m ³)	5 (25/01/2018)
n. ore con concentrazione maggiore di 350 µg/m ³	0
n. giorni con concentrazione maggiore di 125 µg/m ³	0

5.2.3 Polveri PM10 – PRUNICCIA e POLLINO

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 misura, i valori degli indicatori sono riportati nelle seguenti tabelle riassuntive.

Tabella 5.2.3.a – Dati di PM10 – indicatori annuali; confronto con LU-Viareggio sugli stessi periodi di ciascuna campagna indicativa

PM10	Autolaboratorio	LU-Viareggio
Via Montiscendi, Centro Sportivo “La PrunICCia” - fraz. Strettoia		
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – variazione % rispetto a sito di rif.	26 (+ 5%)	25
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	62 (15/10/2018)	52 (28 e 31/12/2018)
n. giorni validi	57	57
% giorni validi	95%	95%
90,4° percentile (da confrontare con VL giornaliero)	42	43
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1	2
Scuola elementare “Alessio Ricci”, Via Pontenuovo, 66 – Loc. Pollino		
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – variazione % rispetto a sito di rif.	28 (+ 24%)	22
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	66 (21/01/2019)	48 (26/01/2019)
n. giorni validi	59	58
% giorni validi	98%	97%
90,4° percentile (da confrontare con VL giornaliero)	42	32
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	4	0

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

PM10	ESTATE	AUTUNNO	INVERNO	PRIMAVERA
Via Montiscendi, Centro Sportivo “La PrunICCia” - fraz. Strettoia				
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18	33	31	21
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29 (22/06/2018)	62 (15/10/2018)	46 (29/12/2018)	48 (26/03/2019)
n. giorni validi	13	14	15	15
% giorni validi	87%	93%	100%	100%
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	1	0	0
media di LU-Viareggio sullo stesso periodo	17	23	38	20
Differenza % con LU-Viareggio sullo stesso periodo	8%	43%	-19%	8%
Scuola elementare “Alessio Ricci”, Via Pontenuovo, 66 – Loc. Pollino				
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25	32	34	20
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	30 (03 e 04/08/2018)	55 (19/10/2018)	66 (21/01/2019)	31 (01/04/2019)
n. giorni validi	15	15	14	15
% giorni validi	100%	100%	93%	100%
n. giorni con concentrazione maggiore di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	2	2	0
media di LU-Viareggio sullo stesso periodo	22	23	24	20
Differenza % con LU-Viareggio sullo stesso periodo	11%	38%	45%	3%

Tabella 5.2.3.c – Dati di PM10 – indicatori annuali riferiti al 2018 di LU-Viareggio

PM10 – INDICATORI ANNUALI 2018	LU-Viareggio
Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	22
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	78 (09/12/2018)
n. superamenti del VL giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	6

I valori medi sul periodo in entrambi i siti di Pietrasanta e LU-Viareggio sugli stessi periodi di ciascuna campagna e sull'anno civile sono tutti inferiori al VL prescritto dalla normativa, pari a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale.

Anche il valore limite sulla media giornaliera, espresso come valore relativo al 90,4° percentile, rispetta il limite di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in entrambe le postazioni. In base alle indicazioni della normativa si può ipotizzare il rispetto del limite dei 35 superamenti ammessi per anno civile anche in queste postazioni. La Tabella 5.2.3.a riporta il numero di superamenti del VL giornaliero a confronto con il sito di riferimento di LU-Viareggio, che nel 2018 ha rispettato anche il valori limite relativo al numero di superamenti giornalieri (Tabella 5.2.3.c).

In entrambe le postazioni gli indicatori di periodo risultano superiori all'indicatore registrato (Tabella 5.2.3.a) sui medesimi periodi nel sito fisso di LU-Viareggio, eccetto il valore relativo al 90,4° percentile della Prunaccia (42 rispetto a 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di LU-Viareggio).

Le figure 5.2.3 riportano su mappa i dati riportati nelle tabelle 5.2.3.a e b.

La figura 5.2.3.b riporta i valori relativi al 90,4° percentile relativi alle due postazioni e alla stazione di LU-Viareggio nell'anno 2018 (LU-Viareggio 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 5.2.3.a – Mappa con i valori delle concentrazioni medie annuali di PM10 nei vari siti. Per LU-Viareggio è stato considerato il valore della media annuale riferita all'anno 2018.

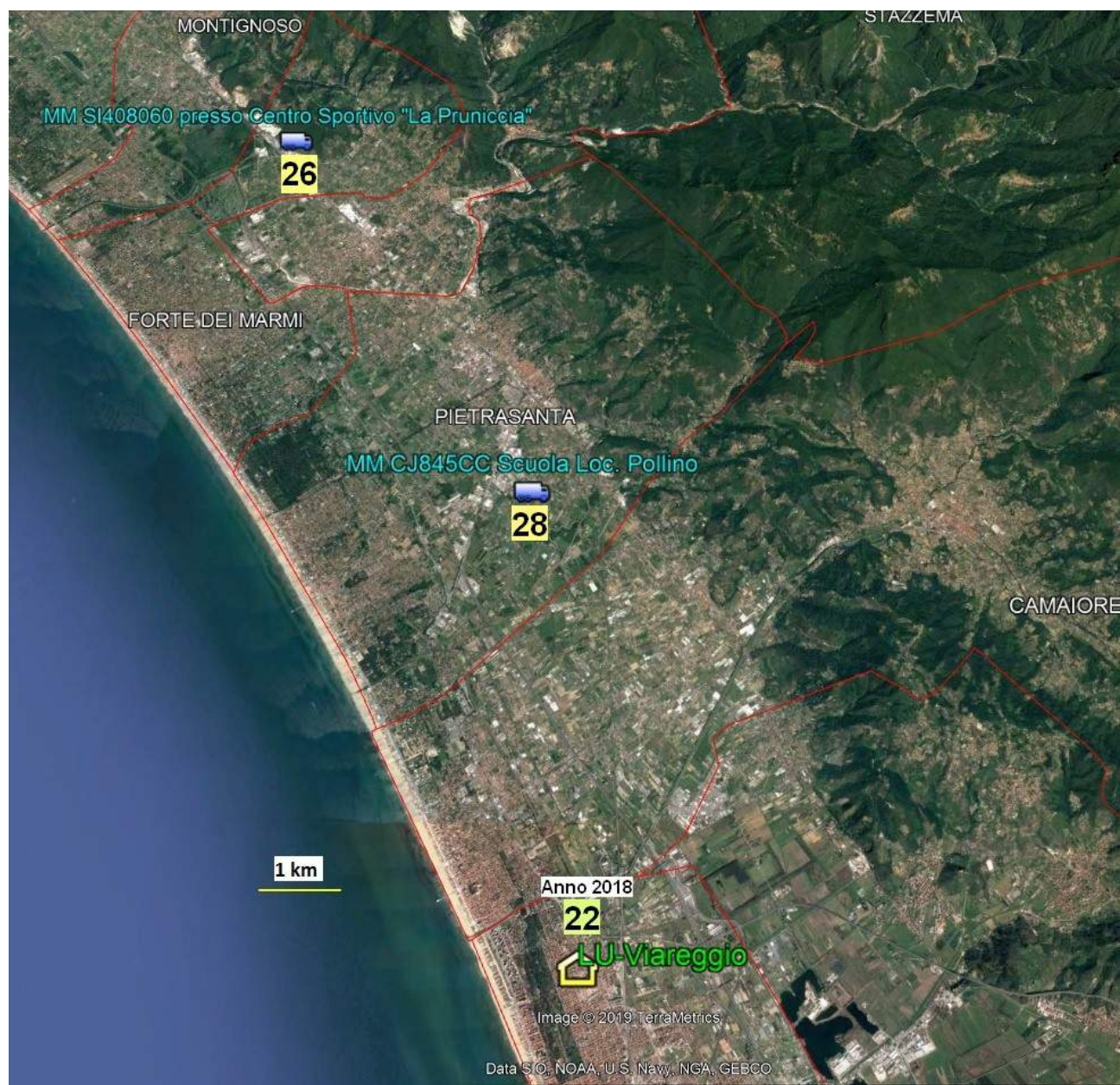


Figura 5.2.3.b – Mappa con i valori relativi al 90,4° percentile, espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nei vari siti di misura. Per LU-Viareggio è stato considerato l'indicatore 90,4° percentile su tutti i dati di PM10 riferiti al 2018.

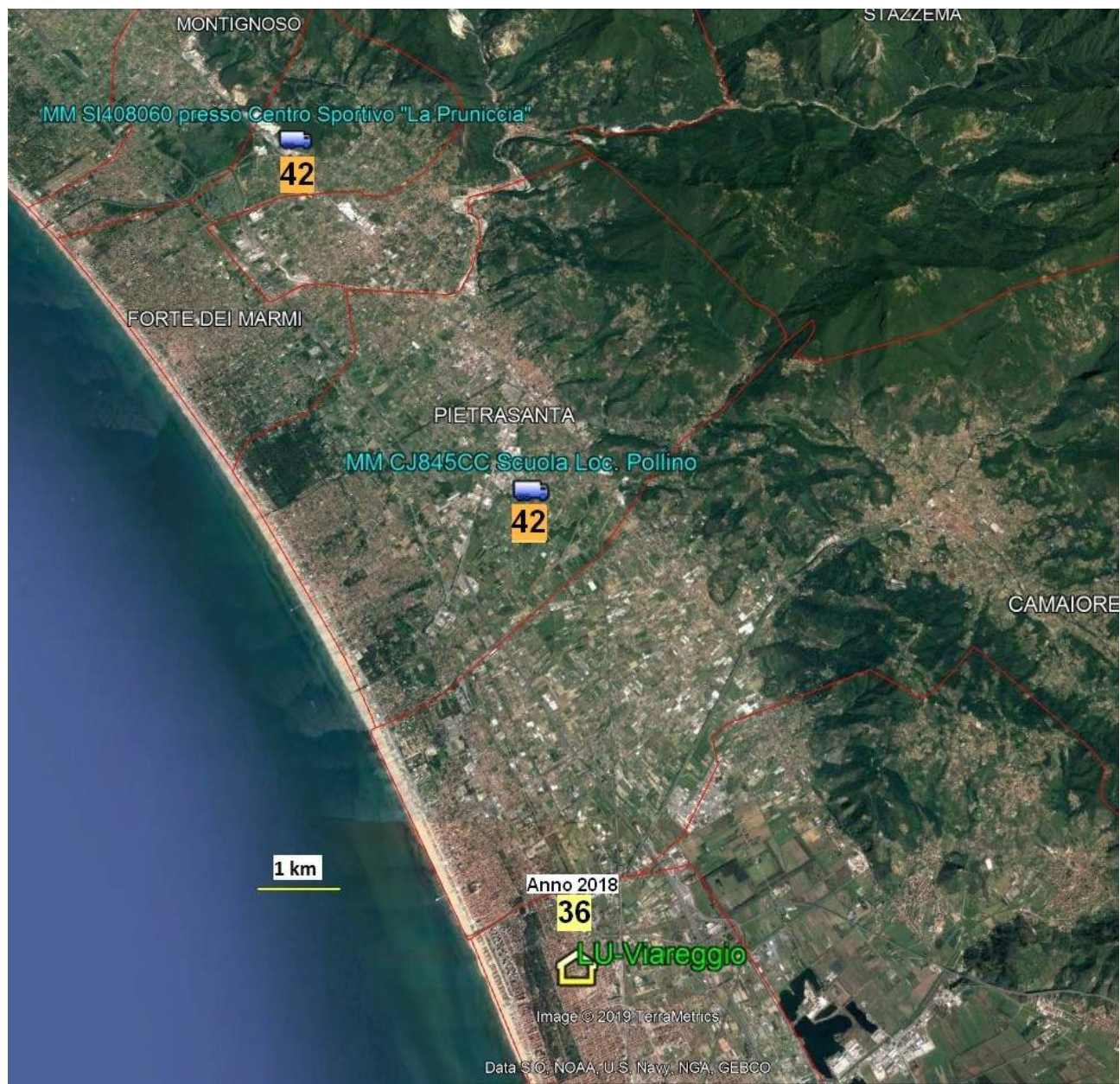


Figura 5.2.3.c – Mappa con i valori della massima media giornaliera di PM10 registrata in ciascun sito. Per LU-Viareggio è stato considerato il valore della massima media giornaliera riferito all'anno 2018.

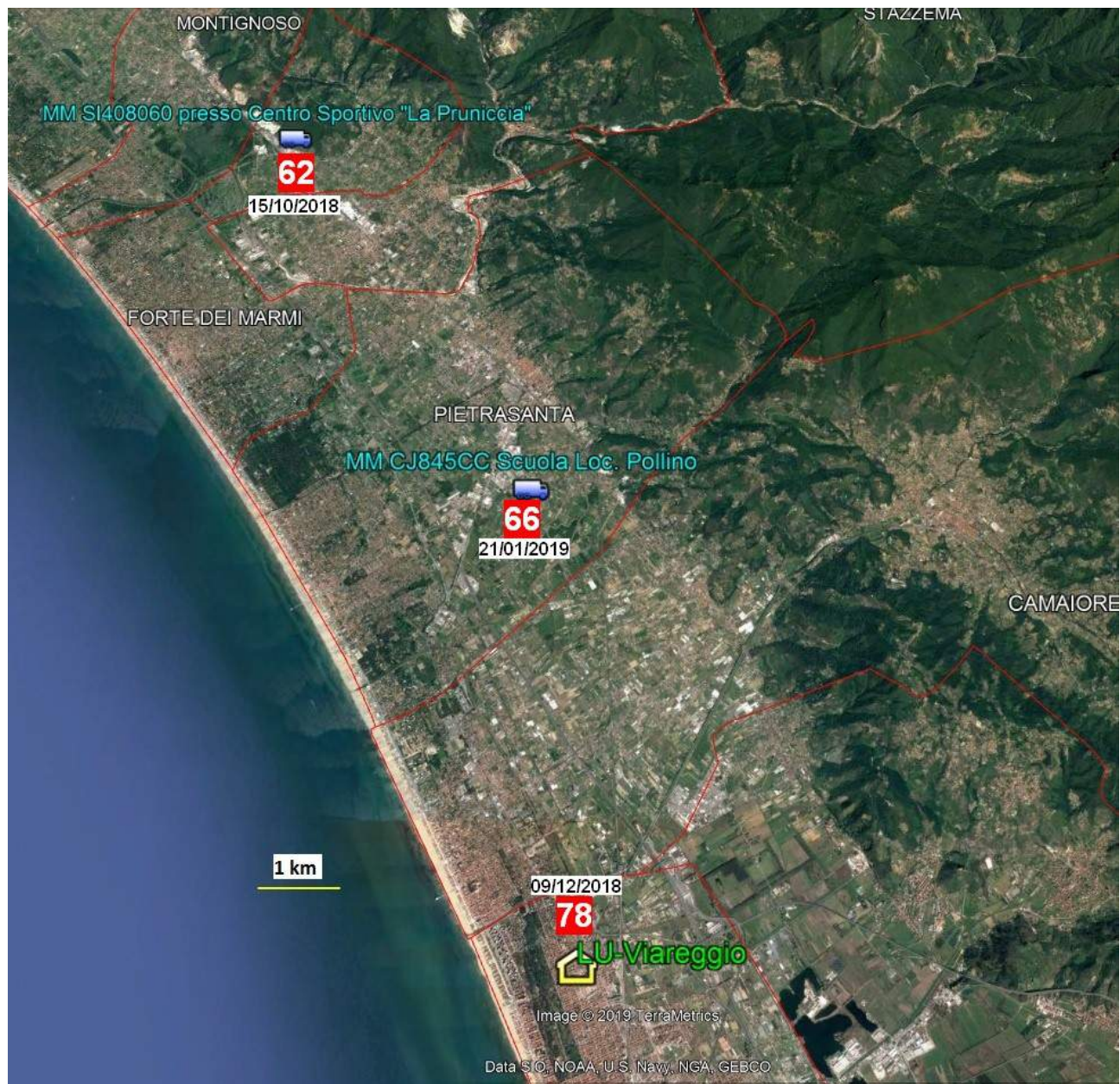
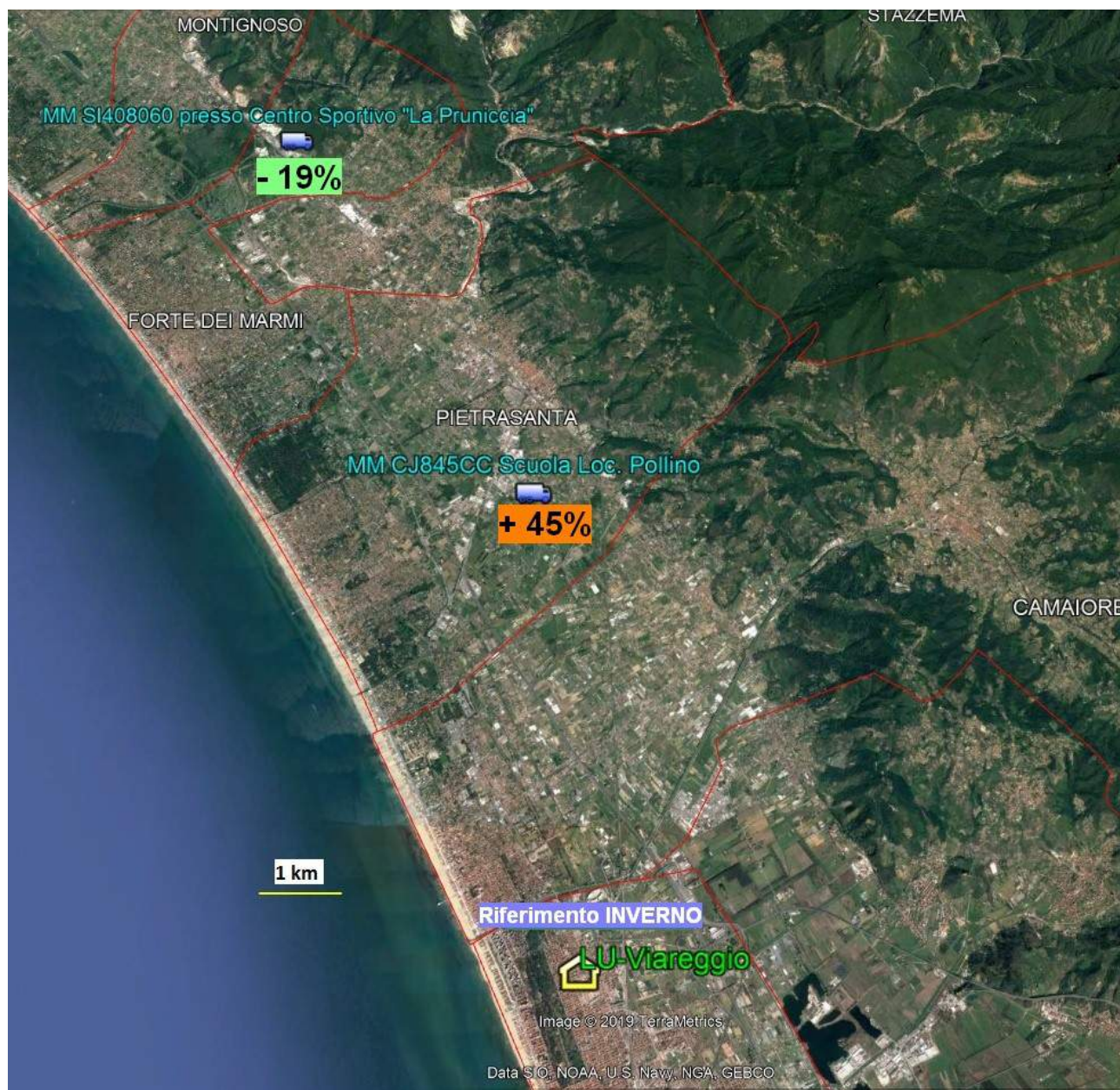


Figura 5.2.3.d – PM10 INVERNO - Scostamenti percentuali dei valori medi di PM10 registrati nei due siti, rispetto ai valori medi del sito di riferimento LU-Viareggio, calcolati sul medesimo periodo invernale di ciascuna campagna.



Sui valori stagionali di Tabella 5.2.3.b, il sito della Prunicia mostra un solo valore inferiore di quasi il 20% rispetto al valore medio di LU-Viareggio sullo stesso periodo, in inverno.

Tutti gli altri valori medi stagionali, ivi compresi tutti quelli del sito del Pollino, sono superiori a quelli registrati a LU-Viareggio nei medesimi periodi. Nel caso dell'autunno e dell'inverno al Pollino, il valore medio sulla singola campagna è superiore del 40 – 45% rispetto al valore medio sul medesimo periodo registrato a Viareggio.

Si riportano di seguito i grafici degli andamenti giornalieri di PM10 nelle due postazioni rispetto alla stazione di riferimento di LU-Viareggio.

Grafico 5.2.3.a. confronto dell'andamento dei valori medi giornalieri di PM10 – La Prunaccia Vs. LU-Viareggio

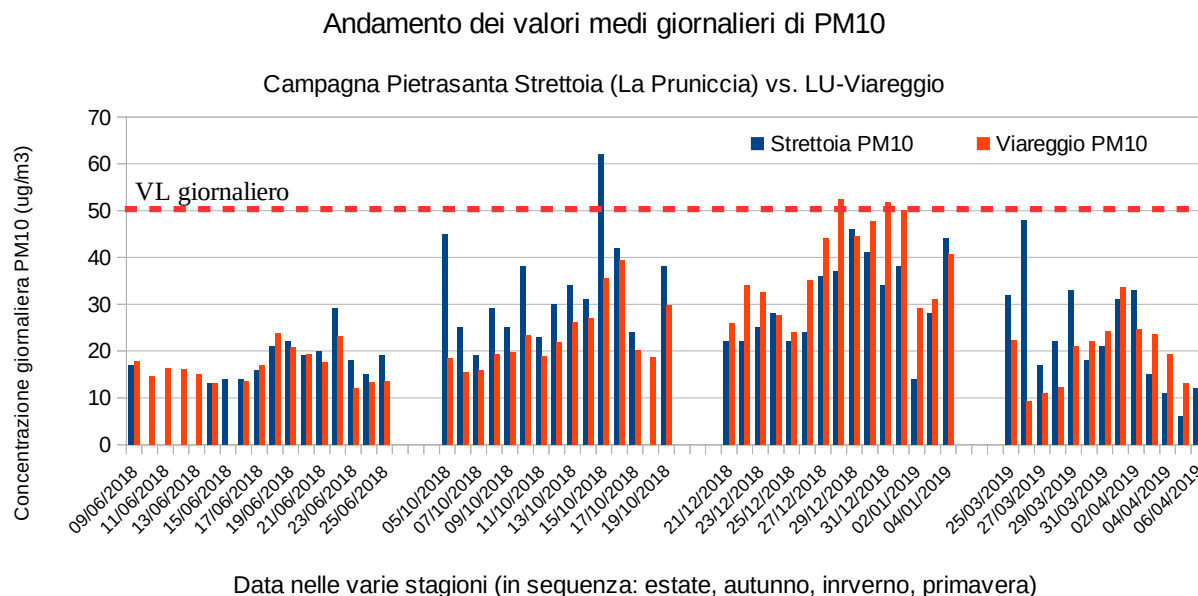


Grafico 5.2.3.b. confronto dell'andamento dei valori medi giornalieri di PM10 – Loc.Pollino Vs. LU-Viareggio

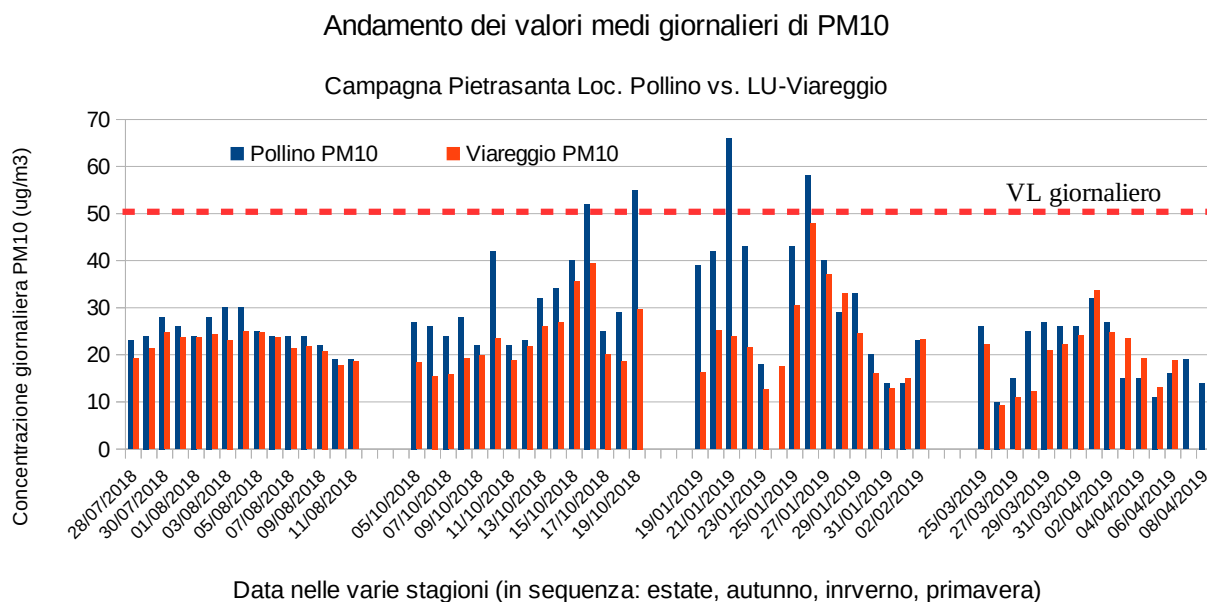


Tabella 5.2.3.d valori medi giornalieri PM10 nei periodi indagati – La Pruniccia Vs. LU-Viareggio (in questa pagina: stagione estiva e autunnale)

	Strettoia PM10	Viareggio PM10
DATA	ug/m3	ug/m3
09/06/2018	17	18
10/06/2018		15
11/06/2018		16
12/06/2018		16
13/06/2018		15
14/06/2018	13	13
15/06/2018	14	
16/06/2018	14	14
17/06/2018	16	17
18/06/2018	21	24
19/06/2018	22	21
20/06/2018	19	19
21/06/2018	20	18
22/06/2018	29	23
23/06/2018	18	12
24/06/2018	15	13
25/06/2018	19	14
05/10/2018	45	18
06/10/2018	25	16
07/10/2018	19	16
08/10/2018	29	19
09/10/2018	25	20
10/10/2018	38	23
11/10/2018	23	19
12/10/2018	30	22
13/10/2018	34	26
14/10/2018	31	27
15/10/2018	62	36
16/10/2018	42	39
17/10/2018	24	20
18/10/2018		19
19/10/2018	38	30

SEGUE Tabella 5.2.3.d – (di seguito: inverno, primavera)

	Strettoia PM10	Viareggio PM10
DATA	ug/m3	ug/m3
21/12/2018	22	26
22/12/2018	22	34
23/12/2018	25	33
24/12/2018	28	28
25/12/2018	22	24
26/12/2018	24	35
27/12/2018	36	44
28/12/2018	37	52
29/12/2018	46	45
30/12/2018	41	48
31/12/2018	34	52
01/01/2019	38	50
02/01/2019	14	29
03/01/2019	28	31
04/01/2019	44	41
25/03/2019	32	22
26/03/2019	48	9
27/03/2019	17	11
28/03/2019	22	12
29/03/2019	33	21
30/03/2019	18	22
31/03/2019	21	24
01/04/2019	31	34
02/04/2019	33	25
03/04/2019	15	24
04/04/2019	11	19
05/04/2019	6	13
06/04/2019	12	19
07/04/2019	8	
08/04/2019	11	

Tabella 5.2.3.e valori medi giornalieri PM10 nei periodi indagati – La Pruniccia Vs. LU-Viareggio (in questa pagina: stagione estiva e autunnale)

	Pollino PM10	Viareggio PM10
DATA	ug/m3	ug/m3
28/07/2018	23	19
29/07/2018	24	21
30/07/2018	28	25
31/07/2018	26	24
01/08/2018	24	24
02/08/2018	28	24
03/08/2018	30	23
04/08/2018	30	25
05/08/2018	25	25
06/08/2018	24	24
07/08/2018	24	21
08/08/2018	24	22
09/08/2018	22	21
10/08/2018	19	18
11/08/2018	19	19
05/10/2018	27	18
06/10/2018	26	16
07/10/2018	24	16
08/10/2018	28	19
09/10/2018	22	20
10/10/2018	42	23
11/10/2018	22	19
12/10/2018	23	22
13/10/2018	32	26
14/10/2018	34	27
15/10/2018	40	36
16/10/2018	52	39
17/10/2018	25	20
18/10/2018	29	19
19/10/2018	55	30

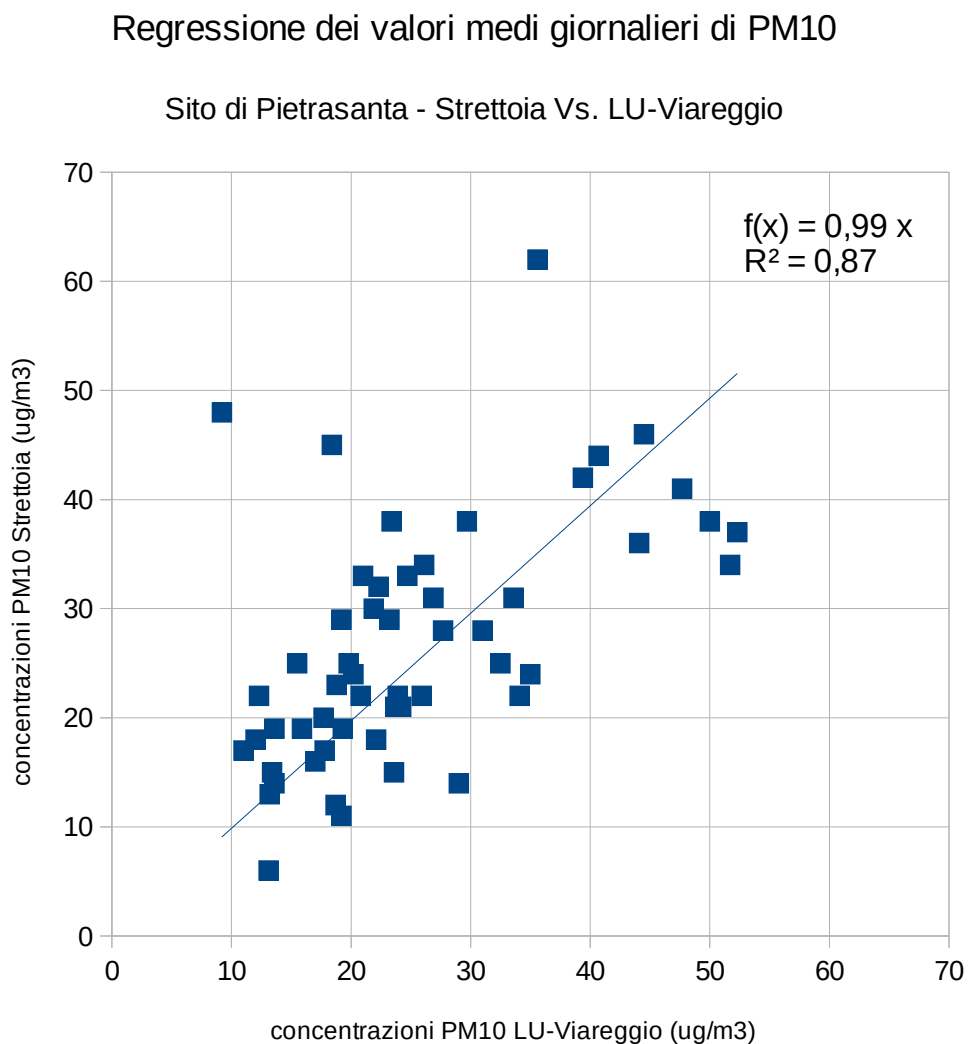
SEGUE Tabella 5.2.3.e – (di seguito: inverno, primavera)

	Pollino PM10	Viareggio PM10
DATA	ug/m3	ug/m3
19/01/2019	39	16
20/01/2019	42	25
21/01/2019	66	24
22/01/2019	43	22
23/01/2019	18	13
24/01/2019		18
25/01/2019	43	31
26/01/2019	58	48
27/01/2019	40	37
28/01/2019	29	33
29/01/2019	33	25
30/01/2019	20	16
31/01/2019	14	13
01/02/2019	14	15
02/02/2019	23	23
25/03/2019	26	22
26/03/2019	10	9
27/03/2019	15	11
28/03/2019	25	12
29/03/2019	27	21
30/03/2019	26	22
31/03/2019	26	24
01/04/2019	32	34
02/04/2019	27	25
03/04/2019	15	24
04/04/2019	15	19
05/04/2019	11	13
06/04/2019	16	19
07/04/2019	19	
08/04/2019	14	

I grafici evidenziano un andamento giornaliero in cui i valori di PM10 sono in genere superiori nelle due postazioni rispetto a quella di riferimento, ad eccezione del periodo invernale a La Prunaccia. In primavera gli andamenti evidenziano differenze poco significative.

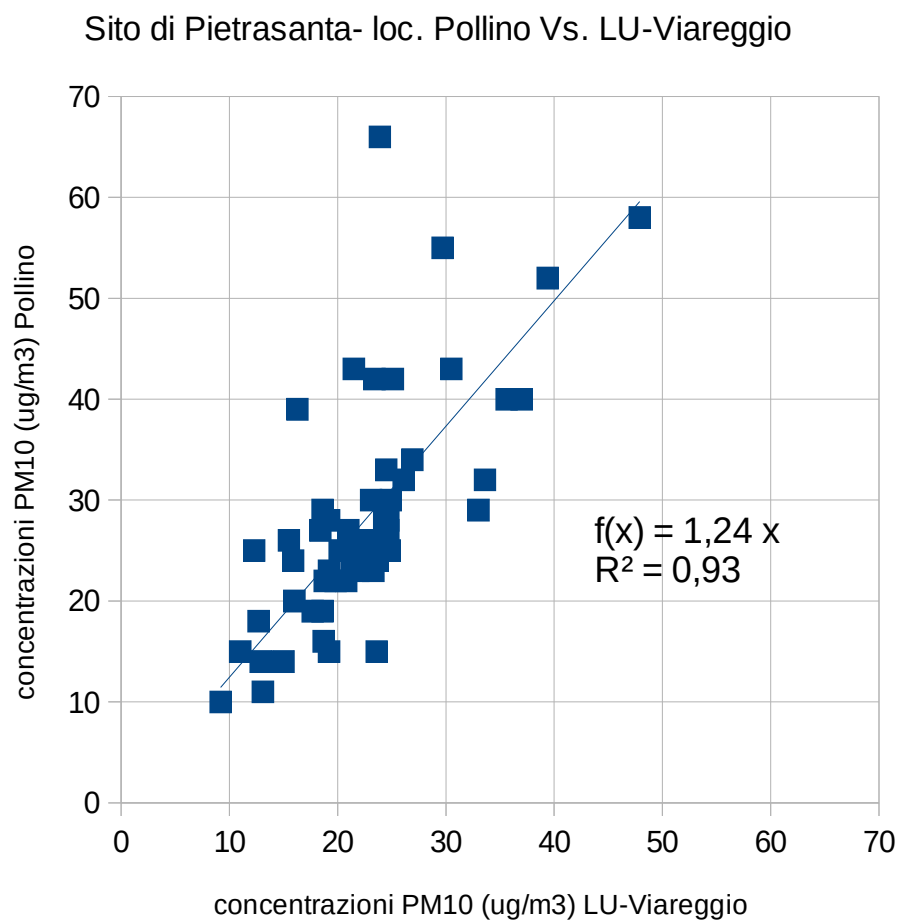
Correlazione tra valori delle medie giornaliere di PM10 misurate con metodo gravimetrico nei siti del MM e i valori delle medie giornaliere PM10 misurate con metodo automatico a LU-Viareggio sugli stessi intervalli temporali

Grafico 5.2.3.c – sito di Pietrasanta – Strettoia e LU-Viareggio



COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DI PEARSON: 0,56

Regressione lineare dei valori medi giornalieri di PM10



COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DI PEARSON: **0,70**

Come si può evidenziare dalla serie di Grafici 5.2.3.c-d di dispersione sopra riportati, vi è una correlazione **moderata** (coefficiente di correlazione di Pearson inferiore o uguale a 0,70) tra i dati del sito fisso preso a riferimento (LU-Viareggio) e le misure ottenute con metodo gravimetrico nei due siti di indagine.

Per quanto riguarda il sito della **Pruniccia**, in rapporto ai dati di PM10 registrati nel sito di Viareggio nei medesimi giorni, si evince che il coefficiente angolare m della retta di regressione è praticamente uguale a 1 mentre il coefficiente di correlazione R^2 è di poco inferiore a 0,90, che conferma che esiste una correlazione tra i dati. La differenza tra le due distribuzioni viene evidenziata con il coefficiente di concordanza di Lin, 0,55, valore intermedio tra 0 e 1; tuttavia le due postazioni a confronto mostrano praticamente la stessa ampiezza di oscillazione dei valori di PM10, come suggerito dal valore di correlazione “differenza meno media” pari a 0,01.

Per quanto riguarda il sito del **Pollino**, si osserva un coefficiente di correlazione R^2 di 0,93 e un coefficiente della retta di regressione pari a 1,24, derivante da valori medi di PM10 nel sito del Pollino superiori di circa il 25% rispetto ai valori medi di LU-Viareggio.

Il coefficiente di Lin è pari a 0,56 e il coefficiente “differenza meno media” risulta pari a 0,57, un valore intermedio tra 0 e 1, che indicano che il sito del Pollino e quello di riferimento di LU-Viareggio hanno scarsa concordanza e livelli di oscillazione dei valori giornalieri di PM10 simili, ma non uguali.

5.2.4 Polveri PM2,5 – PRUNICCIA e POLLINO

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 il sito fisso di LU-Viareggio, in cui è attivo il monitoraggio sia del PM10 che del PM2,5, oltre alla tabella riassuntiva riferita all'anno 2018 per il sito di riferimento citato:

Tabella 5.2.4.a – Dati di PM2,5 – indicatori annuali; confronto con LU-Viareggio sugli stessi periodi di ciascuna campagna indicativa

PM2,5	Autolaboratorio	LU-Viareggio
Via Montiscendi, Centro Sportivo "La Pruniccia" - fraz. Strettoia		
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – variazioni % rispetto a siti di rif.	17 (=)	17
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	43 (15/10/2018)	44 (31/12/2018; 01/01/2019)
n. giorni validi	57	57
% giorni validi	95%	95%
Scuola elementare "Alessio Ricci", Via Pontenuovo, 66 – Loc. Pollino		
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – variazioni % rispetto a siti di rif.	20 (+33 %)	15
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	59 (21/01/2019)	38 (26/01/2019)
n. giorni validi	60	58
% giorni validi	100%	97%

Tabella 5.2.4.b – Dati di PM2,5 – indicatori annuali 2018 di LU-Viareggio

PM2,5 – INDICATORI ANNUALI 2018	LU-Viareggio
Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	44 (31/12/2018)

La Tabella 5.2.4.c riassume i dati riferiti ai due siti oggetto delle presenti indagini per gli indicatori riguardanti il PM2,5 su base stagionale:

Tabella 5.2.4.c – Dati di PM2,5 – indicatori stagionali per ciascun sito di misura

PM2,5	ESTATE	AUTUNNO	INVERNO	PRIMAVERA
Via Montiscendi, Centro Sportivo "La Pruniccia" - fraz. Strettoia				
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11	22	23	12
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15 (22/06/2018)	43 (15/10/2018)	38 (29/12/2018)	29 (26/03/2019)
n. giorni validi	13	15	14	15
% giorni validi	93%	93%	93%	100%
Scuola elementare "Alessio Ricci", Via Pontenuovo, 66 – Loc. Pollino				
Media delle medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16	22	28	13
Massima media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20 (03/08/2018)	37 (19/10/2018)	59 (21/01/2019)	23 (01/04/2019)
n. giorni validi	15	15	15	15
% giorni validi	100%	100%	100%	100%

Figura 5.2.4.a – Mappa con i valori delle concentrazioni medie annuali di PM_{2,5} nei due siti. Per LU-Viareggio è stato considerato il valore medio annuale riferito all'anno 2018.

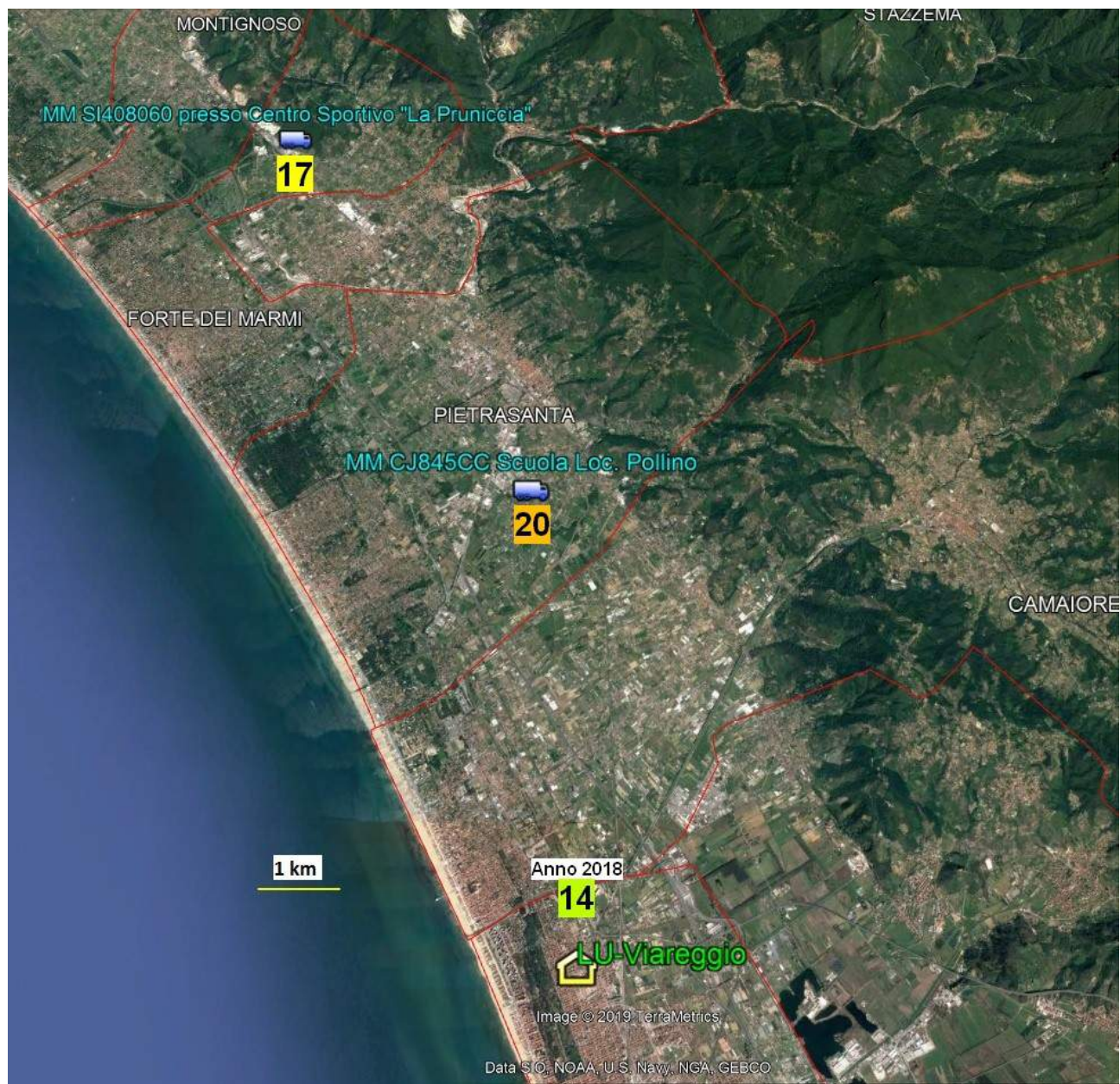
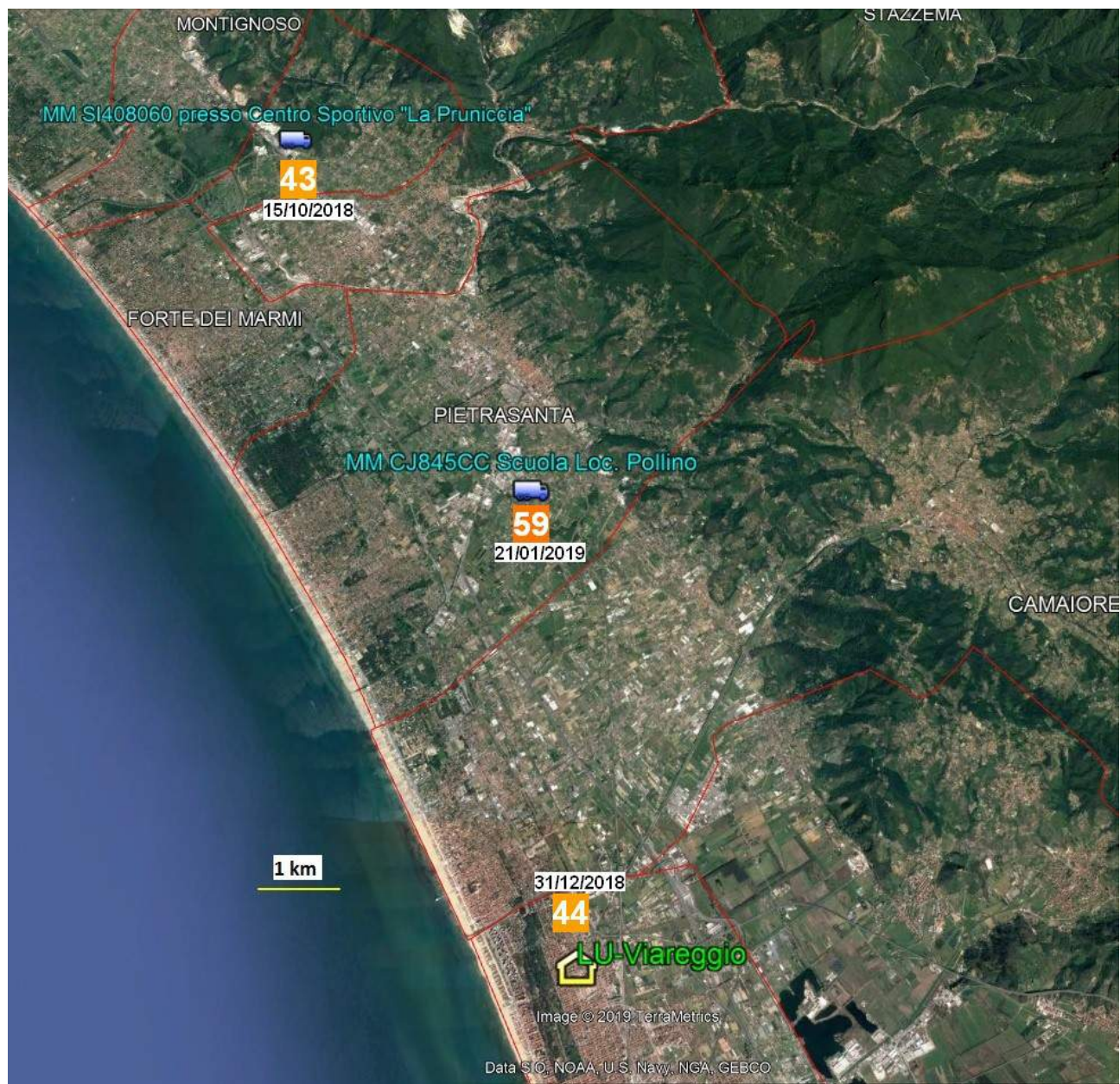


Figura 5.2.4.b – Mappa con i valori massimi delle concentrazioni giornaliere di PM_{2,5} registrate. Per LU-Viareggio è stato considerato il valore massimo giornaliero riferito all'anno 2018.



Nelle due postazioni di Pietrasanta e nella stazione fissa di LU-Viareggio il valore limite annuale di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è ampiamente rispettato. La Tabella 5.2.4.a evidenzia che, seppur nel rispetto dei limiti, il valore medio di periodo più elevato si riscontra nella postazione della Loc. Pollino.

In Tabella 5.2.4.c può essere rilevata la stagionalità che contraddistingue anche questo tipo di inquinante, con una distinzione molto più netta tra autunno e inverno nel sito del Pollino (22 contro $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e livelli più elevati di polveri PM_{2,5} anche in estate.

Per completezza si riportano di seguito nelle Tabella 5.2.4.d e 5.2.4.e i valori delle percentuali di frazione di PM_{2,5} rispetto al PM₁₀ nelle due postazioni a confronto con quelli registrati nel sito fisso di riferimento per la zona Costiera: LU-Viareggio. 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.

Tabella 5.2.4.d – Dati di frazione % PM_{2,5}/PM₁₀ – percentuali medie per stagione (per il sito fisso di riferimento è stata considerata ogni stagione all'interno del periodo di monitoraggio globale)

MEDIA DELLE FRAZIONI PER STAGIONE		
FRAZIONI % PM_{2,5}/PM₁₀ SULLE STAGIONI		
LU-Viareggio	ESTATE	60
Scuola Loc. Pollino		66
Campo sportivo "La Prunaccia"		58
LU-Viareggio	AUTUNNO	62
Scuola Loc. Pollino		70
Campo sportivo "La Prunaccia"		69
LU-Viareggio	INVERNO	71
Scuola Loc. Pollino		82
Campo sportivo "La Prunaccia"		72
LU-Viareggio	PRIMAVERA	60
Scuola Loc. Pollino		62
Campo sportivo "La Prunaccia"		55

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 misura di ciascuno dei due autolaboratori)

MEDIA DELLE FRAZIONI PER SITO DI MISURA		
FRAZIONE % SUGLI STESSI PERIODI		
SITO DI INDAGINE	Autolaboratorio	LU-VIAREGGIO
Scuola Loc. Pollino	70	68
Campo sportivo "La Prunaccia"	63	65

Dalla Tabella 5.2.4.d riepilogativa per stagione, si evidenzia una maggiore similitudine tra i dati percentuali di frazione PM_{2,5}/PM₁₀ registrati dal Laboratorio mobile al sito della Prunaccia con quelli del sito fisso di riferimento di LU-Viareggio nelle stagioni estiva e invernale. In autunno e primavera le frazioni percentuali del Pollino sono molto più simili a quelle della centralina di Viareggio.

Dalla Tabella 5.2.4.e si deduce che su ciascuna campagna intera di misure le frazioni percentuali PM_{2,5}/PM₁₀ sono simili a quelle rilevate a LU-Viareggio sugli stessi periodi della campagna mobile.

Si rileva globalmente, a livello di area costiera, che l'intervallo di valori di frazione percentuale corrisponde ai valori tipici dei siti "fondo urbano".

Grafico 5.2.4.a. confronto dell'andamento dei valori medi giornalieri di PM_{2,5} – La Prunicia Vs. LU-Viareggio

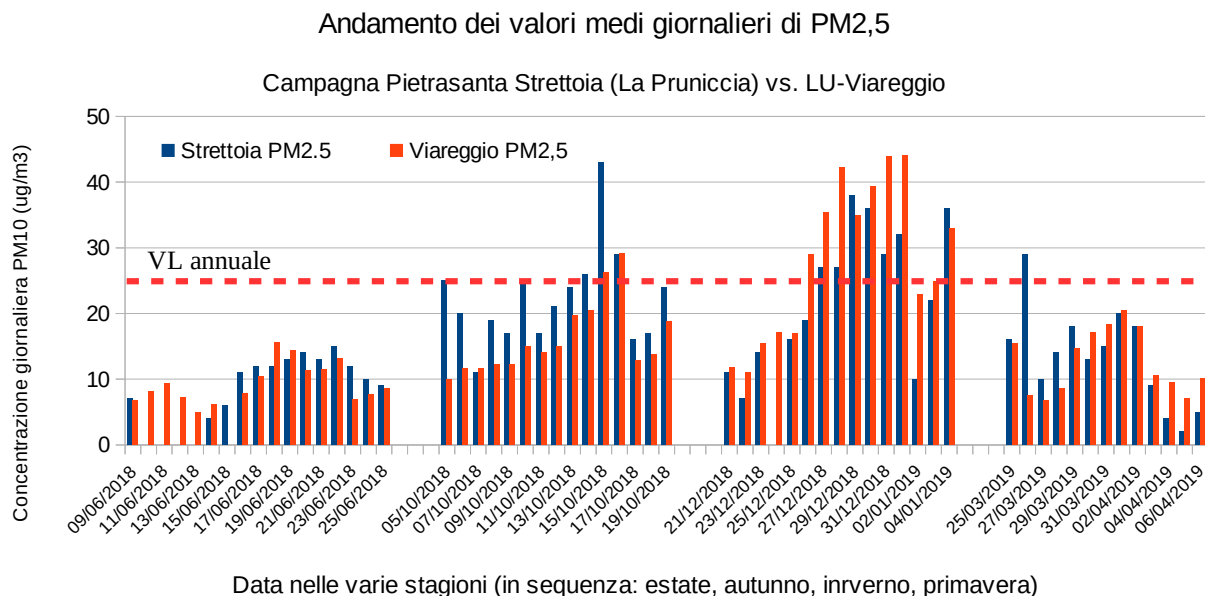


Grafico 5.2.4.b. confronto dell'andamento dei valori medi giornalieri di PM_{2,5} – Pollino Vs. LU-Viareggio

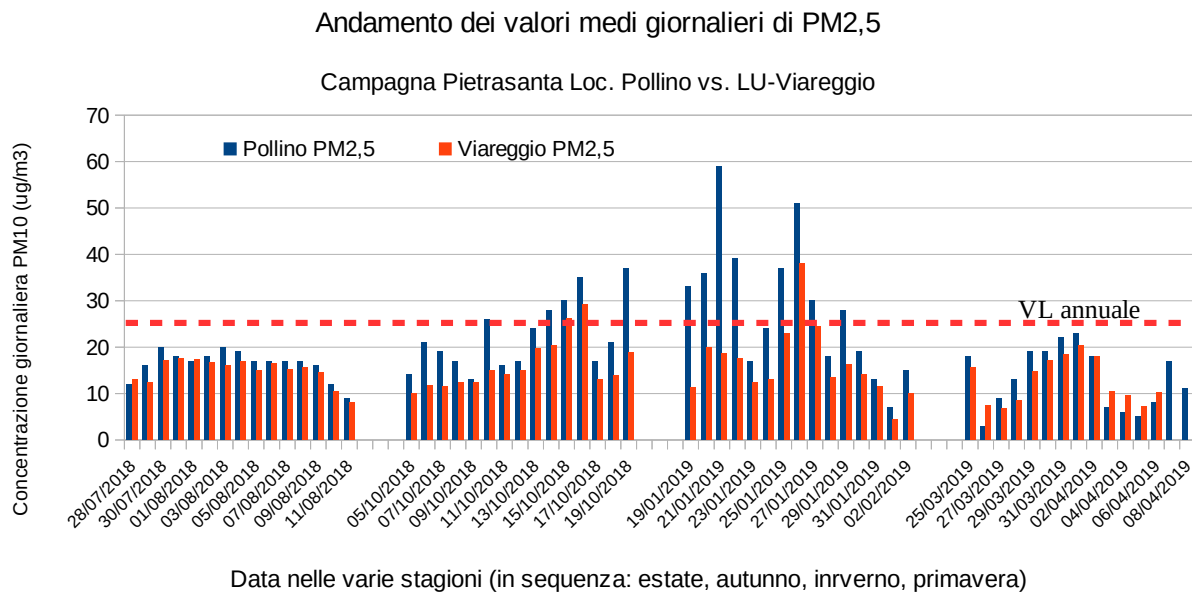


Tabella 5.2.4.f valori medi giornalieri PM2,5 nei periodi indagati – La Pruniccia Vs. LU-Viareggio (in questa pagina: stagione estiva e autunnale)

	Strettoia PM2.5	Viareggio PM2,5
DATA	ug/m3	ug/m3
09/06/2018	7	7
10/06/2018		8
11/06/2018		9
12/06/2018		7
13/06/2018		5
14/06/2018	4	6
15/06/2018	6	
16/06/2018	11	8
17/06/2018	12	10
18/06/2018	12	16
19/06/2018	13	14
20/06/2018	14	11
21/06/2018	13	12
22/06/2018	15	13
23/06/2018	12	7
24/06/2018	10	8
25/06/2018	9	9
05/10/2018	25	10
06/10/2018	20	12
07/10/2018	11	12
08/10/2018	19	12
09/10/2018	17	12
10/10/2018	25	15
11/10/2018	17	14
12/10/2018	21	15
13/10/2018	24	20
14/10/2018	26	20
15/10/2018	43	26
16/10/2018	29	29
17/10/2018	16	13
18/10/2018	17	14
19/10/2018	24	19

SEGUE Tabella 5.2.4.f – (di seguito: inverno, primavera)

	Strettoia PM2,5	Viareggio PM2,5
DATA	ug/m3	ug/m3
21/12/2018	11	12
22/12/2018	7	11
23/12/2018	14	15
24/12/2018		17
25/12/2018	16	17
26/12/2018	19	29
27/12/2018	27	35
28/12/2018	27	42
29/12/2018	38	35
30/12/2018	36	39
31/12/2018	29	44
01/01/2019	32	44
02/01/2019	10	23
03/01/2019	22	25
04/01/2019	36	33
25/03/2019	16	16
26/03/2019	29	8
27/03/2019	10	7
28/03/2019	14	9
29/03/2019	18	15
30/03/2019	13	17
31/03/2019	15	18
01/04/2019	20	20
02/04/2019	18	18
03/04/2019	9	11
04/04/2019	4	10
05/04/2019	2	7
06/04/2019	5	10
07/04/2019	5	
08/04/2019	4	

Tabella 5.2.4.g valori medi giornalieri PM2,5 nei periodi indagati – Pollino Vs. LU-Viareggio (in questa pagina: stagione estiva e autunnale)

	Pollino PM2,5	Viareggio PM2,5
DATA	ug/m3	ug/m3
28/07/2018	12	13
29/07/2018	16	12
30/07/2018	20	17
31/07/2018	18	18
01/08/2018	17	17
02/08/2018	18	17
03/08/2018	20	16
04/08/2018	19	17
05/08/2018	17	15
06/08/2018	17	16
07/08/2018	17	15
08/08/2018	17	16
09/08/2018	16	15
10/08/2018	12	10
11/08/2018	9	8
05/10/2018	14	10
06/10/2018	21	12
07/10/2018	19	12
08/10/2018	17	12
09/10/2018	13	12
10/10/2018	26	15
11/10/2018	16	14
12/10/2018	17	15
13/10/2018	24	20
14/10/2018	28	20
15/10/2018	30	26
16/10/2018	35	29
17/10/2018	17	13
18/10/2018	21	14
19/10/2018	37	19

SEGUE Tabella 5.2.4.g – (di seguito: inverno, primavera)

	Pollino PM2,5	Viareggio PM2,5
DATA	ug/m3	ug/m3
19/01/2019	33	11
20/01/2019	36	20
21/01/2019	59	19
22/01/2019	39	18
23/01/2019	17	12
24/01/2019	24	13
25/01/2019	37	23
26/01/2019	51	38
27/01/2019	30	24
28/01/2019	18	14
29/01/2019	28	16
30/01/2019	19	14
31/01/2019	13	12
01/02/2019	7	4
02/02/2019	15	10
25/03/2019	18	16
26/03/2019	3	8
27/03/2019	9	7
28/03/2019	13	9
29/03/2019	19	15
30/03/2019	19	17
31/03/2019	22	18
01/04/2019	23	20
02/04/2019	18	18
03/04/2019	7	11
04/04/2019	6	10
05/04/2019	5	7
06/04/2019	8	10
07/04/2019	17	
08/04/2019	11	

5.2.5 Acido solfidrico (H₂S) - POLLINO

Tabella 5.2.5.a – Dati di H₂S – indicatori annuali sulla campagna nel sito del Pollino

H2S	Autolaboratorio
Scuola elementare “Alessio Ricci”, Via Pontenuovo, 66 – Loc. Pollino	
Media delle medie orarie (µg/m ³)	1
Massima media oraria (µg/m ³)	17 (21/08/2018 ore 24)
Mediana (µg/m ³)	< 1
Massima media giornaliera (µg/m ³)	4 (21/08/2018)
n. ore valide	3463
% ore valide	94%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m ³	10
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m ³	0,3%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m ³	0

Tabella 5.2.5.b – Dati di H₂S – indicatori annuali 2018 di PI-Santa Croce Coop

H2S – INDICATORI ANNUALI 2018	PI-SC Coop
Media annuale (µg/m ³)	2
Massima media oraria (µg/m ³)	39 (14/09/2018 ore 5)
Massima media giornaliera (µg/m ³)	6 (19/01/2018)
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m ³	133
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m ³	1,7%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m ³	0

Tabella 5.2.5.c – Dati di H₂S – indicatori stagionali per il sito del Pollino

H2S	ESTATE	AUTUNNO	INVERNO	PRIMAVERA
Scuola elementare “Alessio Ricci”, Via Pontenuovo, 66 – Loc. Pollino				
Media delle medie orarie (µg/m ³)	2	1	< 1	1
Massima media oraria (µg/m ³)	17 (21/08/2018 ore 24)	10 (05/10/2018 ore 5)	5 (11/02/2019 ore 9)	4 (24/03/2019 ore 5)
Mediana (µg/m ³)	2	< 1	< 1	1
Massima media giornaliera (µg/m ³)	4 (21/08/2018)	2 (13/11/2018)	1 (28/01/2019)	1 (04/04/2019)
n. ore valide	701	1597	569	596
% ore valide	94%	95%	91%	96%
n. giorni validi	30	69	25	26
% giorni validi	97%	99%	96%	100%
n. ore con concentrazione maggiore di 7 µg/m ³	8	2	0	0
% ore nell'anno sopra la soglia olfattiva di 7 µg/m ³	1,1%	0,1%	0%	0%
n. giorni con concentrazione maggiore di 150 µg/m ³	0	0	0	0

Nelle Tabelle 5.2.5.a e 5.2.5.c sono riportati i valori delle concentrazioni medie di H_2S sia orarie che giornaliere, il valore massimo di concentrazione sia della media oraria che giornaliera, la percentuale di superamenti della soglia olfattiva indicata dall'OMS ($7 \mu g/m^3$). Si riporta anche la mediana delle concentrazioni orarie del periodo, che però risulta addirittura inferiore a $0,5 \mu g/m^3$. La Tabella 5.2.5.a è redatta sul periodo. La Tabella 5.2.5.c riporta i valori medi per stagione per ogni singolo sito di misura. Si osserva che la stagione dove si può rinvenire qualcosa a livello di innesco di maleodoranze è l'estate, con 8 eventi di superamento della soglia olfattiva (terzultima riga della Tabella 5.2.5.c); sono stati registrati anche due eventi in autunno: questo dato può dare un'indicazione sulla possibilità di innesco di maleodoranze locali; tale possibilità è strettamente legata alla frequenza di condizioni determinanti.

L'acido solfidrico è considerato un inquinante non ubiquitario e le concentrazioni sono spesso variabili da zona a zona, anche nel raggio di qualche centinaio di metri.

Le frequenze di superamento al sito del Pollino sono trascurabili e valori orari di concentrazione raramente concorrono a definire una situazione di contaminazione locale da acido solfidrico.

Il sito presenta una percentuale di eventi di maleodoranze sul periodo inferiore allo 0,5%. In inverno e primavera si rileva assenza di superamenti della soglia olfattiva.

Il sito fisso PI-Santa Croce "Coop", preso a riferimento, nell'anno 2018, presenta una frequenza di superamento della soglia olfattiva di poco inferiore al 2% (Tab 5.2.5.c). Nell'ultimo quinquennio in questo sito il superamento della soglia olfattiva, presa a riferimento per la possibile insorgenza di maleodoranze, su scala annuale è stata verificata il 2,0-3,0% delle ore dell'anno.

5.2.5.1 ANALISI STATISTICA DELLE MISURE DI H_2S

Per la campagna di misure del Pollino vengono riportate sotto le analisi statistiche sintetiche, volte a comprendere più a fondo le concentrazioni orarie registrate per questo inquinante tipico del Comprensorio del Cuoio.

Riportiamo le tabelle riepilogative degli indicatori statistici:

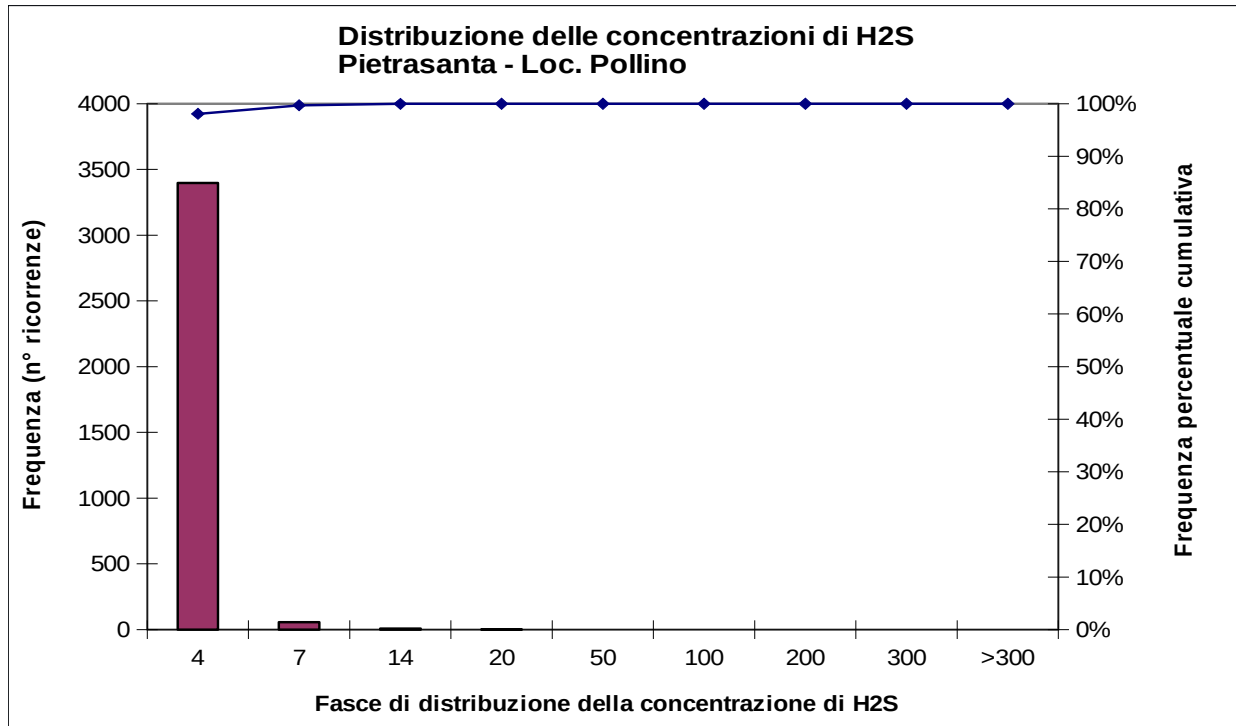
Tabella 5.2.5.1 – Indicatori della distribuzione delle concentrazioni di H₂S misurate al Pollino:

N.dati	3463
Media	0,9
Massimo	17
% dati validi	94
Errore standard	0,02
Mediana	0,4
Moda	0
Asimmetria	2,7
Varianza campionaria	1,5
Deviazione standard	1,2

Vengono 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 dal Grafico 5.2.5.1, le concentrazioni al di sotto dei 7,0 µg/m³ sono pari al 99,7% dei valori medi orari raccolti nel sito del Pollino, che vede il superamento della soglia olfattiva di 7,0 µg/m³ solo per 10 valori medi orari, come già accennato.

Grafico 5.2.5.1 Distribuzione delle concentrazioni di H₂S e percentuale cumulativa al sito del Pollino:



Nel sito del Pollino quindi non si rilevano episodi acuti, relativamente all'acido solfidrico. Per episodio acuto è stato arbitrariamente considerato ciascun valore medio orario di concentrazione di H_2S superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.2.6 Benzene, toluene, etilbenzene e xileni (BTEX) - PRUNICCIA

BENZENE

Nel sito del Campo sportivo "La PrunICCIA", per mezzo dell'autolaboratorio SI408060, è stata misurata la serie di parametri relativi ai seguenti idrocarburi aromatici: benzene, toluene, etilbenzene e xileni. Il benzene è l'unico normato nel D.Lgs 155/10. Gli isomeri dello xilene sono rilevati distintamente come orto-xilene (o-xilene) e meta-para-xilene (mp-xilene).

Le misure di benzene in particolare sono state eseguite mediante il metodo UNI EN 14662-3:2015 "Qualità dell'aria ambiente – Metodo normalizzato per la misura di benzene – Parte 3: campionamento per pompaggio automatizzato mediante gascromatografia *in situ*".

I dati rilevati per il benzene sono i seguenti:

Tabella 5.2.6.a – dati di benzene – indicatori per il sito di Strettoia - "La PrunICCIA"; confronto con LU-San Concordio sugli stessi periodi della campagna indicativa

Benzene	Autolaboratorio	LU-San Concordio
Via Montiscendi, Centro Sportivo "La PrunICCIA" - fraz. Strettoia		
Media delle medie orarie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,9	1,4
Massima media oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18,2 (01/12/2018 ore 1)	9,4 (06/01/2019 ore 1)
n. ore valide	4742	5153
% ore valide	86%	94%

Tabella 5.2.6.b – dati di benzene – indicatori annuali riferiti all'anno 2018 a LU-San Concordio

BENZENE – INDICATORI ANNUALI 2018	LU-San Concordio
Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,3
Massima media oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8,3 (31/12/2018 ore 23)

Tabella 5.2.6.b – dati di benzene – indicatori stagionali per il sito di Strettoia – "La PrunICCIA"

BENZENE	ESTATE	AUTUNNO	INVERNO	PRIMAVERA
Via Montiscendi, Centro Sportivo "La PrunICCIA" - fraz. Strettoia				
Media delle medie orarie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,3	1,1	1,7	0,6
Massima media oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,3 (16/06/2018 ore 8)	16,9 (30/11/2018 ore 24)	18,2 (01/12/2018 ore 1)	16,5 (03/03/2019 ore 8)
n. ore valide	387	1069	1974	1312
% ore valide	81%	78%	91%	88%

I valori rilevati sia come media di periodo che stagionale rispettano ampiamente i limiti normativi. Nel sito della PrunICCIA si è registrato un valore massimo orario pari al doppio di quello registrato a LU-San Concordio nello stesso periodo.

Grafico 5.2.6.1 – andamento dei valori medi orari di benzene misurato alla Prunaccia nelle varie stagioni

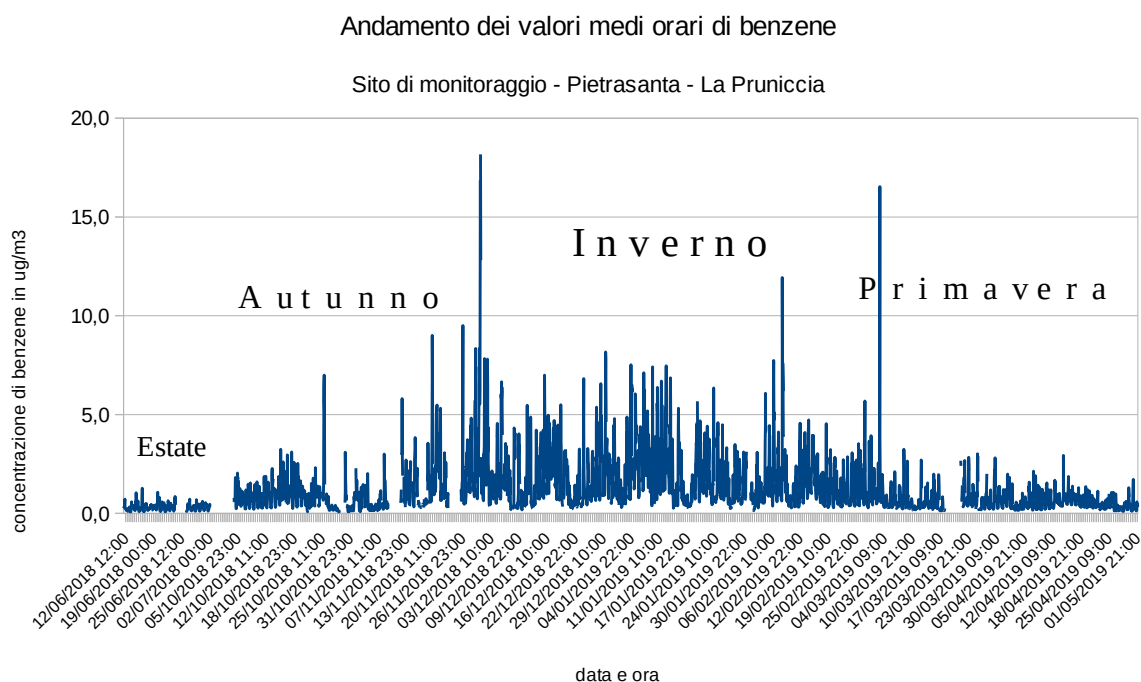


Tabella 5.2.6.1 – Indicatori della distribuzione delle concentrazioni di benzene:

N.dati	4742
Media (senza ponderazione stagionale)	1,2
Valore massimo orario	18,2
% dati validi	86
Errore standard	0,02
Mediana	0,7
Moda	0,2
Asimmetria	3,5
Varianza campionaria	1,7
Deviazione standard	1,3
Valori medi orari di concentrazione sopra la media	
% dei dati orari sopra la media	31%
Valori medi orari di concentrazione sotto la media	
% dei dati orari sotto la media	69%

Sia dalle tabelle che dal grafico si nota immediatamente la stagionalità di questo inquinante, tipico di fonti di emissione lineari da traffico veicolari e talvolta, anche nei siti di fondo urbano e suburbano, di fonti puntuali industriali. Il valore media annuale è ampiamente al di sotto del VL annuale, come da normativa nazionale. La distribuzione dei valori medi orari è bilanciata (asimmetria e varianza campionaria molto contenute) e 7 dati su 10 risiedono al di sotto del valore medio preso a livello statistico su tutta la popolazione di dati, senza ponderazione stagionale.

TOLUENE

Nella tabella seguente vengono riportati i dati sintetizzati per il parametro toluene:

Tabella 5.2.6.d – dati di toluene - indicatori; confronto con LU-San Concordio sugli stessi periodi della campagna indicativa

Toluene	Autolaboratorio	LU-San Concordio
Via Montiscendi, Centro Sportivo "La Prunicia" - fraz. Strettoia		
Media delle medie orarie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3	3
Massima media oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	69 (19/12/2018 ore 14)	60 (22/10/2018 ore 9)
n. ore valide	4666	5153
% ore valide	85%	94%
Valore massimo giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10 (19/12/2018)	11 (12/12/2018)
Valore massimo settimanale trascinato ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7 (26/11 – 02/12/2018)	8 (30/11 – 06/12/2018)

Per il toluene non esistono valori limite per la qualità dell'aria ambiente, ma l'OMS ha introdotto due valori guida (*WHO Air Quality Guidelines for Europe*, 2^a edizione, anno 2000) che si riferiscono alla concentrazione al di sopra della quale si possono riscontrare effetti per la salute della popolazione non esposta professionalmente:

- 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media settimanale;
- 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media su 30 minuti;

Per la postazione della Prunicia i due valori guida sono ampiamente rispettati, come si evince dai risultati riportati in tabella 5.2.6.d.

Riguardo all'etilbenzene e agli xileni, sono stati ottenuti valori ampiamente al di sotto dei valori guida previsti dall'OMS.

ETILBENZENE

Per quanto riguarda l'etilbenzene, l'OMS prevede un valore guida per la popolazione non esposta professionalmente pari a **22000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** come media annuale. Il valore ottenuto nel corso della campagna indicativa annuale alla Prunicia è stato di **1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , più di quattro ordini di grandezza inferiore. Il valore medio annuale per l'etilbenzene sugli stessi periodi della campagna della Prunicia a LU-San Concordio è stato addirittura inferiore a **0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

XILENI

Per quanto riguarda gli xileni, facendo una somma delle concentrazioni medie orarie dei traccianti meta-para-xilene (m-p-xilene) e orto-xilene (o-xilene), si ottengono valori **molto inferiori** ai valori guida previsti dall'OMS. Sono previste:

- una soglia per la popolazione non esposta professionalmente pari a **4800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** come media giornaliera: nella campagna annuale di misure alla Prunicia è stato registrato un valore massimo

di **17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** come media trascinata su 24h dei valori medi orari; quindi si ottiene un valore di più di due ordini inferiore; sugli stessi periodi per lo stesso indicatore LU-San Concordio ha restituito un valore pari a **12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

- una soglia per la popolazione non esposta professionalmente pari a **870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** come media annuale: il valore registrato alla Prunicia risulta pari a **3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , anche in questo caso più di due ordini inferiore. Il corrispondente valore annuale, ricavato sugli stessi periodi di misura, a LU-San Concordio è uguale a **2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Il rapporto tra i valori degli indicatori registrati sia alla Prunicia che nel sito di riferimento di San Concordio rispetto al corrispondente valore soglia dell'OMS evidenzia una differenza praticamente irrilevante tra gli indicatori nei due siti .

Conclusioni

Le campagne indicative di monitoraggio della qualità dell'aria, realizzate per mezzo di autolaboratori di proprietà ARPAT in due postazioni nel territorio comunale di Pietrasanta (LU) hanno fornito un quadro ambientale completo che, per quanto attiene agli inquinanti gassosi SO₂ e NO₂, misurati nel sito del Pollino, evidenziano valori degli 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, misurato in entrambi i siti della Prunicia e del Pollino, il valore limite relativo alla media annuale è rispettato in entrambi i siti; l'indicatore relativo alla media annuale rilevato a Strettoia al Campo sportivo "La Prunicia" risulta pari a 26 µg/m³, superiore del 5% rispetto al valore medio di PM₁₀, sugli stessi periodi, registrato dalla stazione di rete regionale LU-Viareggio presa a riferimento. L'indicatore relativo alla media annuale rilevato alla Scuola "Ricci" al Pollino risulta pari a 28 µg/m³, superiore del 24% rispetto al valore medio di PM₁₀, riferito sia agli stessi periodi sia su base annua, della stazione di rete regionale LU-Viareggio. La media annuale di PM₁₀ nel sito di riferimento nel 2018 è stata di 22 µg/m³.

Per quanto riguarda il n° di superamenti del VL giornaliero del PM₁₀ in un anno a LU-Viareggio, il valore limite di 35 è stato ampiamente rispettato nell'anno civile 2018 (6 superamenti).

Per quanto riguarda i siti oggetto delle campagne indicative, il valore riferito al 90,4° percentile è risultato pari a 42 µg/m³ in entrambi i siti oggetto della presente indagine, quindi mai superiore a 50 µg/m³ (15% inferiori al VL giornaliero). Negli stessi periodi delle campagne in esame la centralina di riferimento di Viareggio ha fatto registrare un valore relativo al 90,4°percentile di 43 µg/m³ per la campagna della Prunicia e 32 µg/m³ per la campagna del Pollino. In base alla numerosità dei dati analizzati non ci sono evidenze che il limite normativo dei 35 superamenti del VL giornaliero PM₁₀ per anno civile possa essere superato.

Per quanto attiene al PM_{2,5}, misurato anch'esso in entrambi i siti della Prunicia e del Pollino, valgono conclusioni analoghe a quelle tratte per il PM₁₀: nessun sito ha superato il VL annuale previsto dalla normativa. La Prunicia fa registrare un valore medio di 17 µg/m³, uguale al valore medio sugli stessi periodi registrato a Viareggio, mentre il sito del Pollino mostra un valore medio sul periodo pari a 20 µg/m³ contro i 15 µg/m³ registrati, di pari periodo, a Viareggio (+33%).

Seppur nel completo rispetto dei limiti normativi in base alla campagna indicativa i livelli di PM₁₀ e di PM_{2,5} nella postazione nella località Pollino risultano superiori a quelli della stazione di riferimento di LU-Viareggio, mentre nella località la Prunicia i livelli sono molto simili.

Per quanto concerne l'Acido solfidrico, misurato al sito del Pollino, si riscontrano un totale di 10 ore con valori di concentrazione superiori alla soglia olfattiva di $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che rappresenta lo 0,3% del tempo di misura, con un massimo di $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$; tali valori non evidenziano situazioni di criticità, anche rispetto al sito di PI-Santa Croce "Coop" che, nell'ambito del Comprensorio della lavorazione del Cuio, nel 2018 ha fatto registrare una percentuale di concentrazioni orarie superiore ai $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pari all'1,7%.

Per quanto riguarda i composti aromatici del BTEX misurati nel sito della Prunicia, in particolare per il benzene, unico parametro normato a livello legislativo nazionale, si riscontra un valore medio sulla campagna annuale inferiore al VL annuale ($0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a fronte di un VL pari a $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), così come quello registrato nel sito di riferimento di LU-San Concordio ($1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sugli stessi periodi delle misure alla Prunicia, $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sull'anno civile 2018).

Per quanto riguarda il toluene, alla Prunicia sono stati registrati valori molto simili a quelli di LU-San Concordio, sia come valore massimo orario, sia come media settimanale che come media sull'intera campagna. Per il toluene, vi sono due valori guida dell'OMS che sono ampiamente rispettati sia alla Prunicia che a LU-San Concordio.

Per quanto riguarda etilbenzene e xileni, i valori sul periodo registrati alla Prunicia risultano ampiamente inferiori ai rispettivi valori guida suggeriti dall'OMS e simili ai valori di LU-San Concordio.

ALLEGATO A: dati meteorologici

È 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.

I laboratori mobili sono attrezzati 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 ai fini di una correlazione puntuale con i dati di qualità dell'aria.

Tabella A.1 Caratteristiche tecniche dei sensori dell'autolaboratorio SI408060 (PRUNICCIA)

Parametro	Marca modello	Principio Metodo	Limite Rilevabilità	Precisione
DV	Gonioanemometro MTX FAR 200 AG	Potenziometria	0,08° (risoluzione in gradi sessagesimali)	± 2° (gradi sessagesimali)
VV	Tacoanemometro MTX FAR 200 CA	Disco rotante a lettura optoelettronica	0,2 m/s	± 1%

Tabella A.2 Caratteristiche tecniche dei sensori dell'autolaboratorio CJ845CC (POLLINO)

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, Strettoia - "La Prunicia" - estate 2018

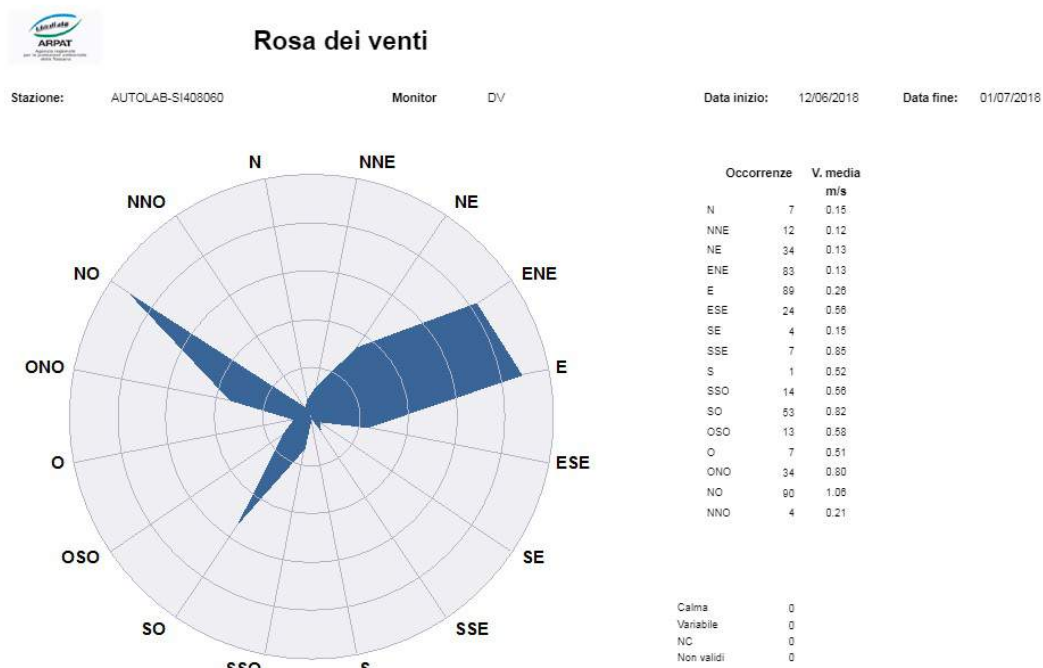


Grafico A.1.2 Rosa dei venti, Strettoia - "La Prunicia" - autunno 2018

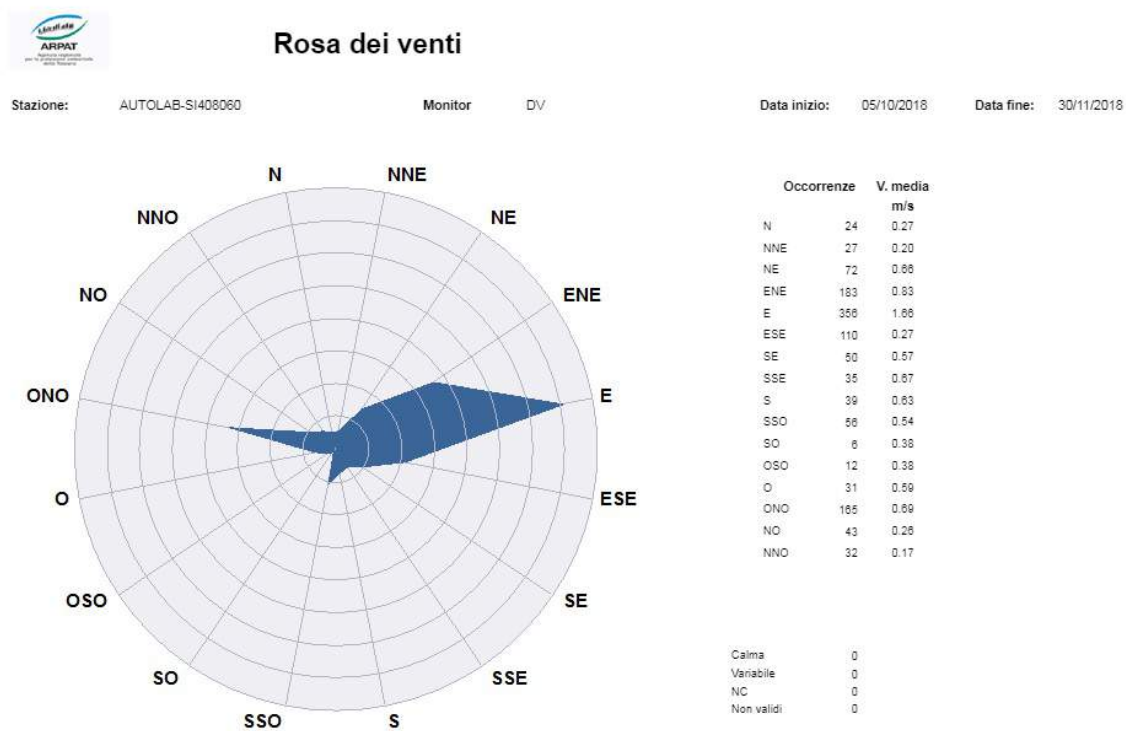


Grafico A.1.3 Rosa dei venti, Strettoia - "La Prunicia" - inverno 2018/2019

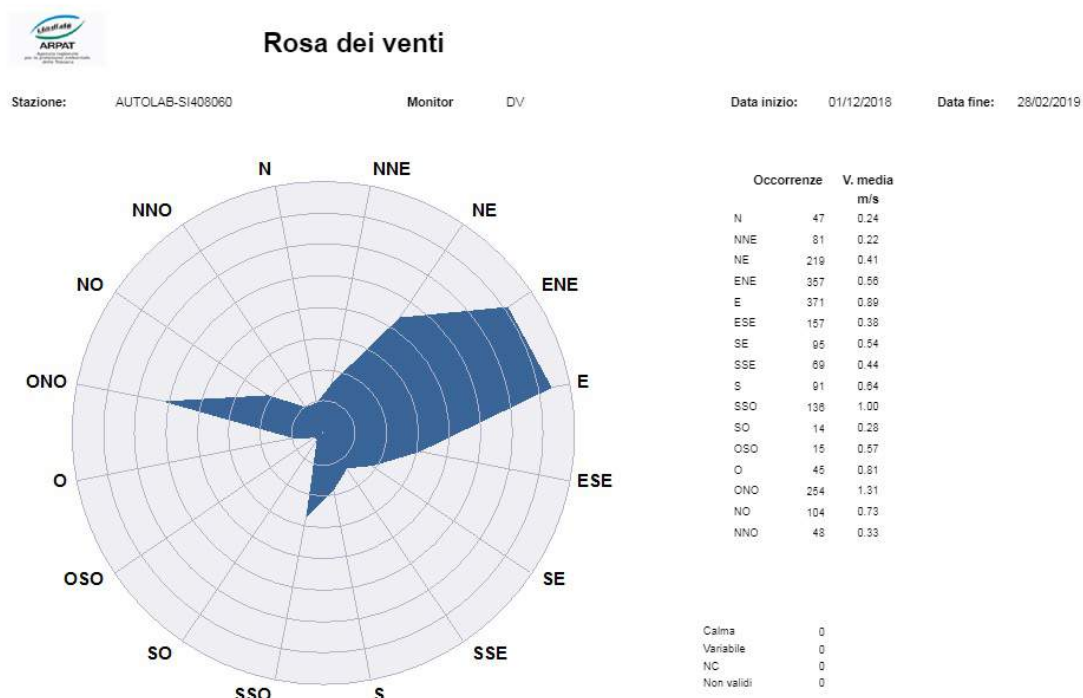


Grafico A.1.4 Rosa dei venti, Strettoia - "La Prunicia" - primavera 2019

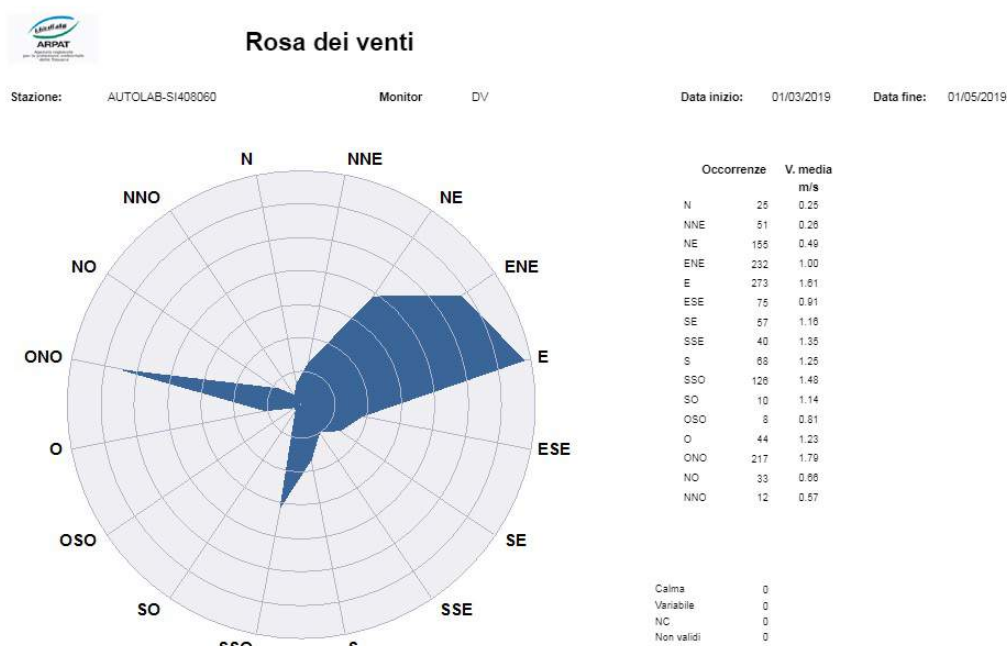


Grafico A.2.1 Rosa dei venti, Loc. Pollino – estate 2018

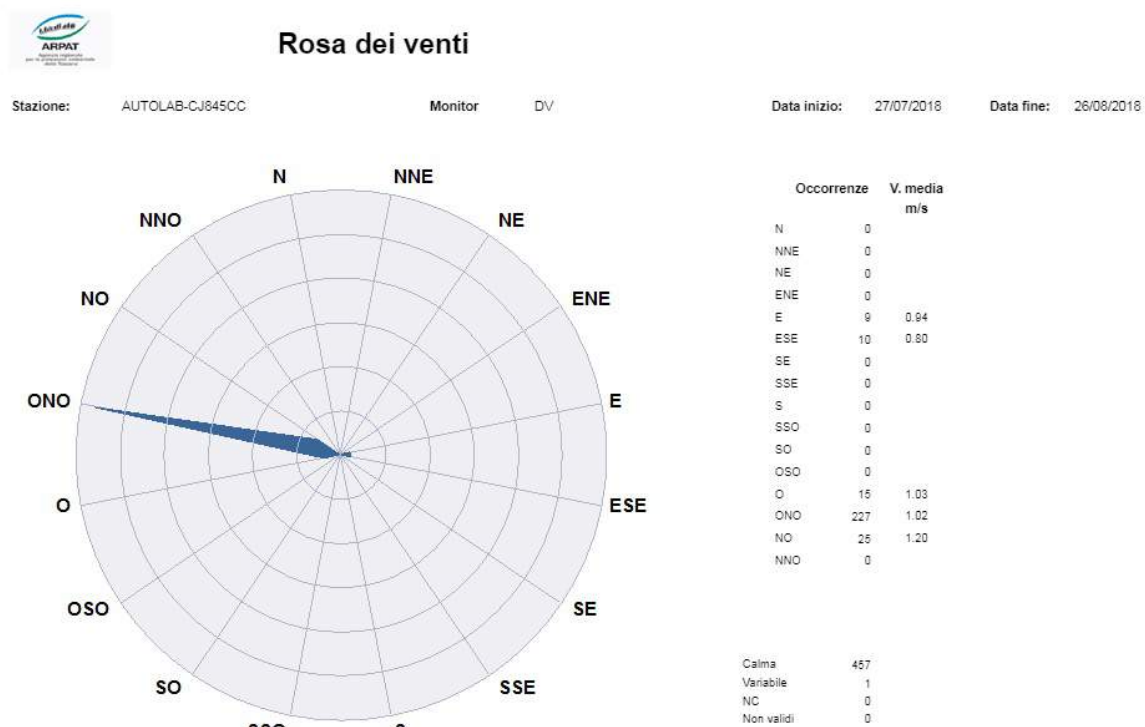


Grafico A.2.2 Rosa dei venti, Loc. Pollino – autunno 2018

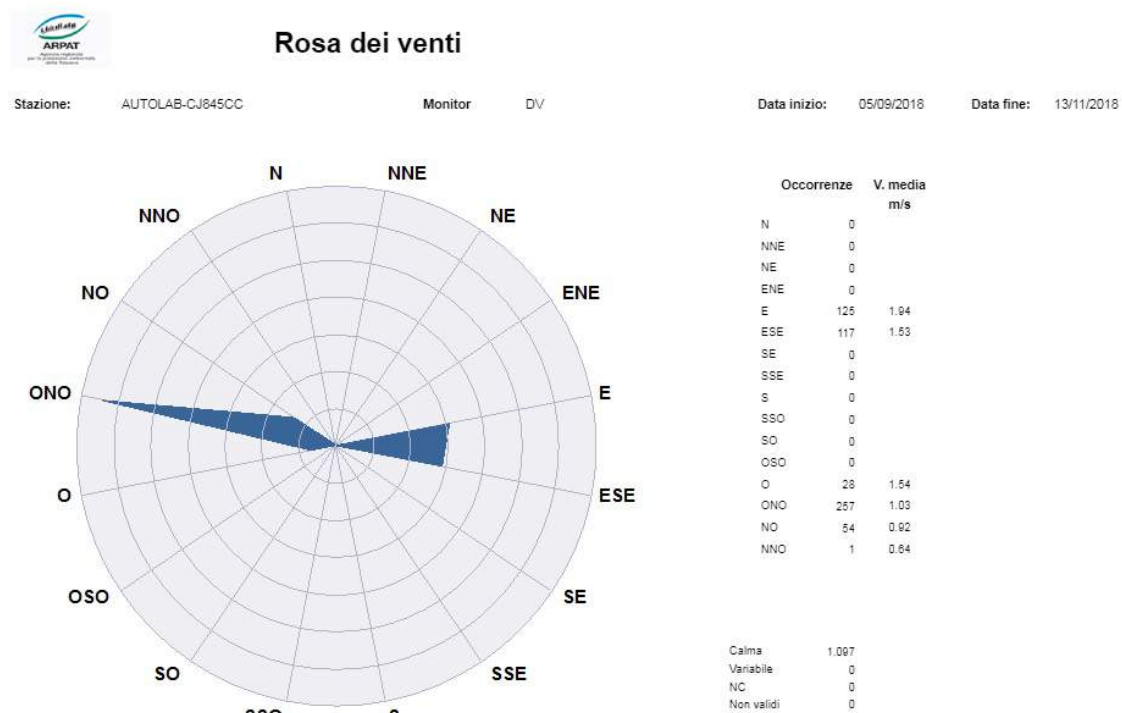


Grafico A.2.3 Rosa dei venti, Loc. Pollino – inverno 2019

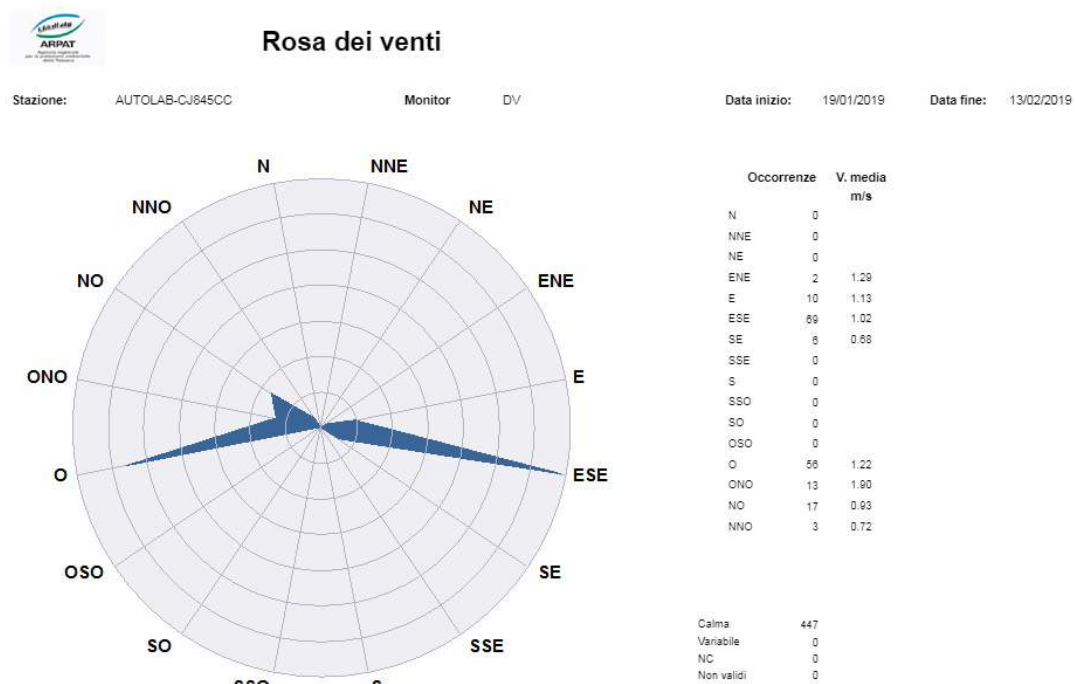
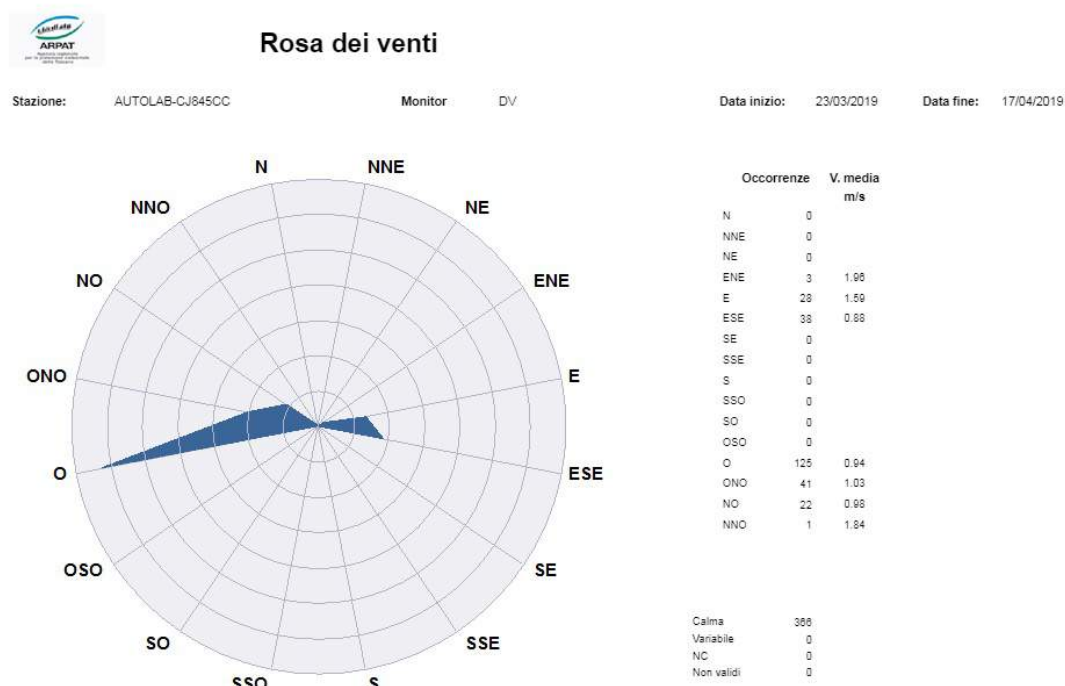


Grafico A.2.4 Rosa dei venti, Loc. Pollino – primavera 2019



Si nota in tutte le stagioni nel sito della Pruniccia una netta prevalenza dei venti da Est / Nord-Est e comunque una compresenza (meno accentuata in autunno) dei venti tipici del litorale versiliense da Sud-Ovest e Nord-Ovest. Tali venti tipici da Ovest sono maggiormente frequenti in estate e in primavera, in particolar modo i venti di maestrale.

Nel sito del Pollino sono prevalenti i fenomeni ventosi dai quadranti occidentali in tutte le stagioni (Ovest e Ovest-Nord-Ovest in particolare), con una compresenza dei fenomeni da Est e Est-Sud-Est nei periodi autunno e inverno.

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
Campo sportivo "La Pruniccia"	inverno	94,6%	0,4%
	primavera	83,0%	7,4%
	estate	85,3%	1,7%
	autunno	65,5%	4,2%
Loc. Pollino	inverno	94,5%	0,0%
	primavera	90,8%	1,1%
	estate	94,9%	0,5%
	autunno	82,4%	0,0%

Da un'analisi della Tabella sopra, si evidenzia che il sito della Pruniccia risulta mediamente più ventoso del sito del Pollino.

In entrambi i siti si nota un calo, rispetto ai rimanenti periodi, dei fenomeni rientranti nella calma o bava di vento nelle stagioni primaverile e autunnale. Per la Pruniccia la flessione viene rilevata anche in estate. In inverno i fenomeni di calma o bava di vento sono nella stessa quota percentuale sia alla Pruniccia che al Pollino.

Per le VV intermedie è l'autunno la stagione con più frequenze di eventi in quella fascia, in entrambi i siti.

Per i fenomeni con velocità maggiore di 3,5 m/s si distinguono le stagioni primaverili e autunnale nel sito della Pruniccia.

ALLEGATO B: Giorno tipo del biossido di azoto (inverno / estate)

Grafico B.1.a – Giorno tipo di NO₂ a Pietrasanta – Loc. Pollino – stagione invernale

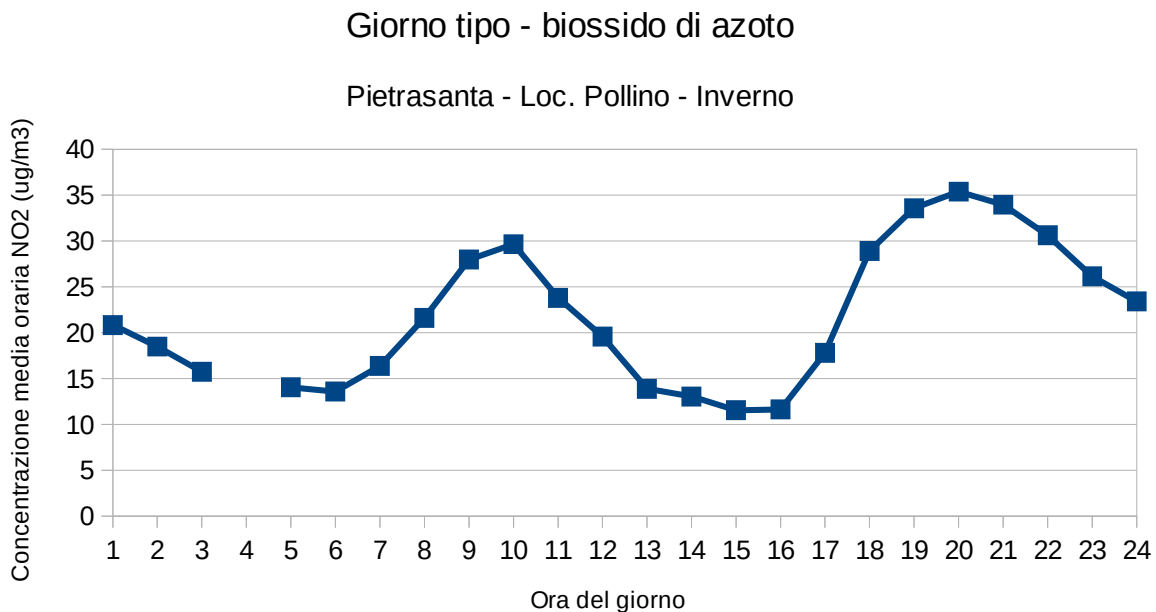
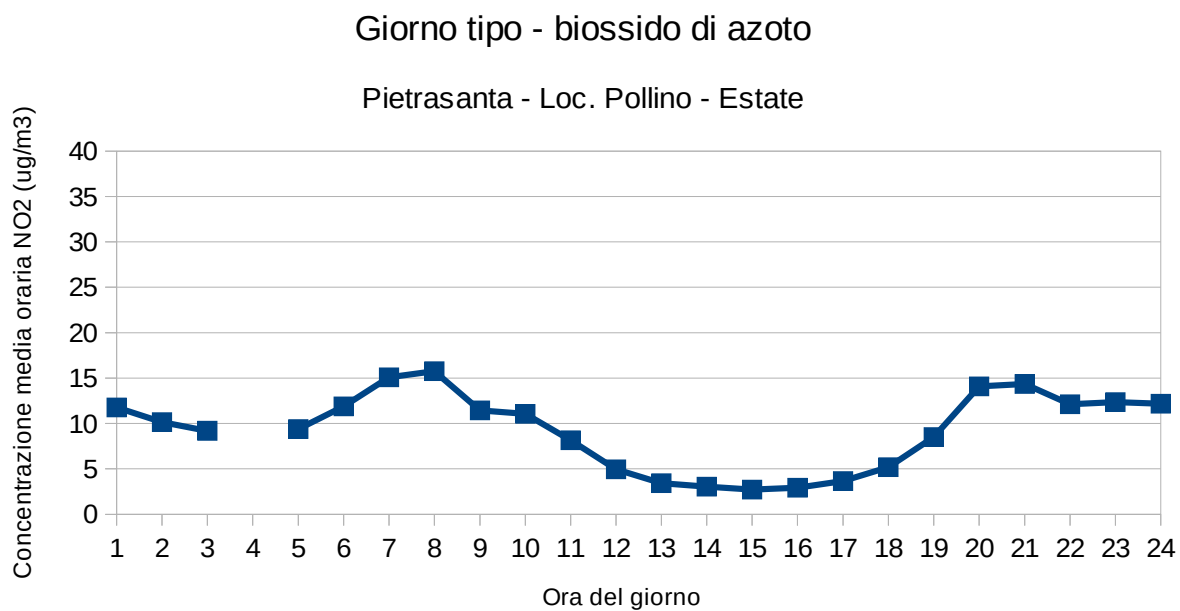


Grafico B.1.b – Giorno tipo di NO₂ a Pietrasanta – Loc. Pollino – stagione estiva



ALLEGATO C: 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 $b < 0$).