



Relazione annuale sullo stato
della qualità dell'aria nella regione
Toscana anno 2016

Centro Regionale Tutela Qualità
dell'Aria

marzo 2017

REPORT

ARIA 

Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana anno 2016

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

ARPAT – Settore Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

Autori :

Fiammetta Dini, Elisa Bini, Tiziana Cecconi, Claudia Cavazza, Chiara Collaveri, Dennis Dalle Mura, Stefano Fortunato, Roberto Fruzzetti, David Magliacani, Marco Stefanelli, Guglielmo Tanganelli, Marco Bazzani*

ARPAT- Settore Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

**ARPAT- Settore Sistema informativo regionale ambientale della Toscana*

Hanno collaborato:

I settori Laboratorio delle Area Vaste Centro, Costa e Sud per la determinazione di metalli e IPA.

Sintesi

Il panorama dello stato della qualità dell'aria ambiente della regione toscana emerso dall'analisi dei dati forniti dalle rete regionale di monitoraggio di qualità dell'aria, dei dati forniti dalle stazioni locali, dei risultati delle campagne indicative effettuate sul territorio regionale, dall'analisi delle serie storiche ha confermato una situazione nel complesso positiva nel 2016.

Le uniche criticità emerse relativamente al rispetto dei limiti o dei valori obiettivo indicati dalla normativa sono relative ai seguenti tre inquinanti: Particolato PM10, Biossido di azoto ed Ozono.

PM10: *diversamente dal limite di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale, che è stato rispettato in tutte le stazioni, il limite di 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ non è stato rispettato in 2 stazioni di fondo, rispettivamente nella "Zona Valdarno pisano e Piana lucchese" e nella "Zona Prato Pistoia", confermando per queste due zone la criticità nei confronti dei valori di particolato PM10 che sono i più alti di tutta la regione. L'analisi statistica dei dati di PM10 del periodo 2003 – 2016 mostra per la maggior parte delle stazioni un trend in diminuzione.*

PM2,5: *il limite normativo di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale non è stato superato in nessuna delle stazioni della Rete Regionale. I valori più alti di PM2,5 sono stati registrati presso le due stazioni di fondo nella "Zona Valdarno pisano e Piana lucchese" e "Zona Prato Pistoia" che hanno registrato anche i valori più elevati di PM10 di tutta la regione. L'analisi statistica dei dati di PM 2,5 mostra un trend decrescente significativo per 4 stazioni su 7 stazioni analizzate mentre per le altre 3 non è possibile individuare un trend significativo.*

NO₂: *il valore limite di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale non è stato rispettato presso le due stazioni di traffico dell'Agglomerato di Firenze confermando la criticità dell'inquinante rilevato presso le stazioni di tipo traffico. Nel 2016 il valore medio annuale regionale registrato presso le stazioni di traffico è stato di 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pari al doppio del valore medio delle stazioni di fondo. Il limite di 18 superamenti della media oraria di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete Regionale, come avviene già da diversi anni. L'analisi statistica dei dati del periodo 2003–2016 mostra un trend decrescente per il 70% delle stazioni di fondo, per il restante 30% non è stato possibile individuare un trend significativo. Per le 8 stazioni di tipo traffico per le quali è stato possibile applicare un approccio di tipo statistico due non presentano un trend significativo mentre le altre 6 presentano un trend decrescente.*

Ozono: *è stata confermata la criticità di questo parametro nei confronti di entrambi i valori obiettivo previsti dalla normativa infatti il limite per la protezione della popolazione non è stato rispettato nel 50% dei siti ed il limite per la protezione della vegetazione non è stato rispettato per l' 80% dei siti.*

Per quando riguarda i superamenti delle soglie di informazione e di allarme per l'Ozono, si sono verificati 6 superamenti del valore soglia di informazione di 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ presso la stazione di FI-Settignano.

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003–2016 mostra un trend crescente significativo per 2 delle 9 stazioni di monitoraggio della rete regionale per le quali è stato possibile applicare un approccio di tipo statistico mentre per le altre stazioni non è possibile individuare un trend statisticamente significativo.

CO, SO₂ e benzene :*Il monitoraggio relativo al 2016 ha confermato l'assenza di criticità alcuna ed il pieno rispetto dei valori limite.*

H₂S : *I valori registrati presso le stazioni della rete regionale sono ampiamente inferiori al riferimento dell' OMS-WHO, per entrambi i siti di monitoraggio. Per quanto riguarda il disagio olfattivo invece presso PI-Montecerboli i valori sono stati superiori alla soglia di disagio per il 13,4% del tempo di monitoraggio.*

Benzo(a)pirene: *il valore obiettivo di 1,0 ng/m^3 come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete regionale. I risultati del rilevamento mostrano però una situazione eterogenea per quanto riguarda le concentrazioni di fondo di Benzo(a)Pyrene che nella zona costiera sono molto bassi mentre in alcune zone interne sono risultati più elevati con massimo pari a 0,72 ng/m^3 presso la stazione di fondo nel comune di Lucca.*

Metalli pesanti: *il monitoraggio relativo al 2016 ha confermato l'assenza di criticità alcuna ed il pieno rispetto dei valori limite per il piombo e dei valori obiettivo per arsenico, nichel e cadmio.*

Indice:

SINTESI	3
SEZIONE 1 - RETE REGIONALE	7
1. STRUTTURA DELLA RETE DI RILEVAMENTO	7
2. EFFICIENZA DELLA RETE DI RILEVAMENTO	12
3. MATERIALI e METODI	16
3.1. Monitoraggio tramite Rete Regionale di qualità dell'aria	16
4 Dati rilevati nell'anno 2016. Valori degli indicatori per gli inquinanti rilevati dalle stazioni di rete regionale e confronto con i valori limite.	17
4.1. Particolato PM10	17
4.2. Particolato PM 2,5.	37
4.3. NO ₂ e NO _x	48
4.4. Ozono.....	62
4.5. CO.....	70
4.6. SO ₂	73
4.7. H ₂ S.....	75
4.8. Benzene.....	80
5. Dati rilevati nell'anno 2016. Valori degli indicatori per gli inquinanti rilevati con CAMPAGNE DI MONITORAGGIO DISCONTINUE e confronto con il valore limite o obiettivo.	85
5.1. Benzo(a)pirene nel PM10	86
5.2. Metalli pesanti (As, Cd, Ni e Pb) nel PM10.....	92
6. Conclusioni del monitoraggio delle stazioni di Rete Regionale	97
SEZIONE 2 -STAZIONI DI INTERESSE LOCALE	99
SEZIONE 3 VERIFICHE DI QA/QC EFFETTUATE SULLA STRUMENTAZIONE DELLA RETE REGIONALE	106
3.1. Verifica, allineamento e taratura degli analizzatori di ozono	107
3.2. Verifiche effettuate sulla strumentazione di PM 10 e di PM2,5 appartenente alla Rete Regionale.....	109
ALLEGATO 1	111
Valori delle statistiche di base calcolate sui valori medi giornalieri	111
ALLEGATO 2	115
Limiti normativi.....	115
ALLEGATO 3	118
Analisi avvezioni sahariane- anno 2016.	118
ALLEGATO 4	127
Analisi del trend degli inquinanti (PM10, PM2,5, NO ₂ , Ozono) (2003-2016)	127

Sezione 1 - Rete regionale

1. STRUTTURA DELLA RETE DI RILEVAMENTO

La struttura delle Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria della Toscana è stata modificata negli anni a partire da quella descritta dall'allegato III della DGRT 1025/2010, fino alla struttura attualmente ufficiale che è quella dell'allegato C della Delibera n. 964 del 12 ottobre 2015.

Nei primi mesi del 2016 sono state attivate le ultime due stazioni mancanti per completare la rosa delle 37 stazioni previste dalla DGRT n. 964/2015, rispettivamente GR-Sonnino, stazione urbana di tipo traffico situata nel comune di Grosseto e FI-Figline, stazione urbana di tipo fondo situata nel comune di Figline ed Incisa Val d'Arno.

Si riportano di seguito le tabelle della delibera Delibera n. 964 del 12 ottobre 2015, relative all'attuale configurazione della Rete Regionale.

Figura 1.1 Rete regionale inquinanti all. V D.Lgs 155/2010

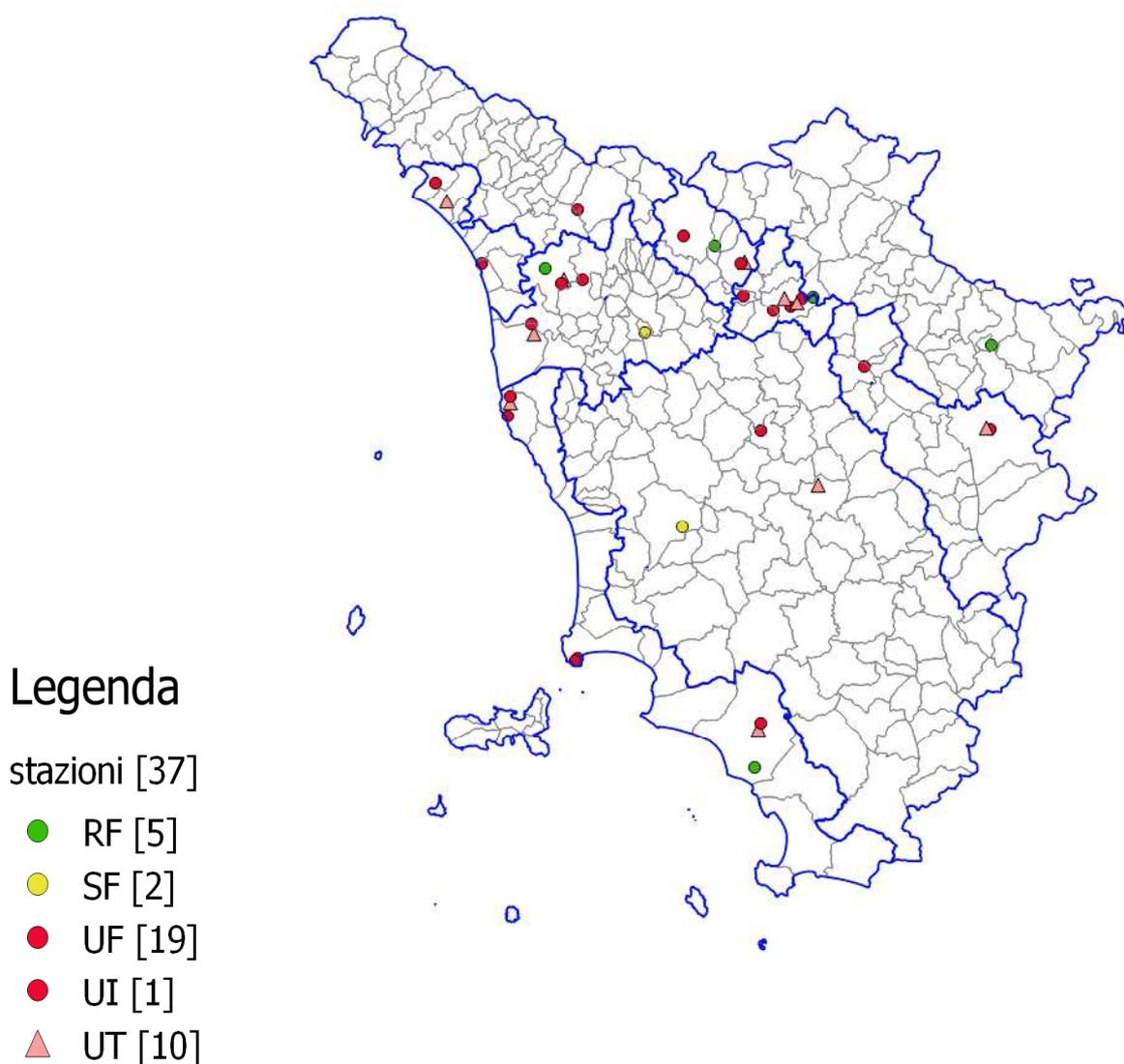


Figura 1.2 Rete regionale ozono



Rete ozono

- R
- S
- U

Zonizzazione ex D.Lgs 155/2010

- Zona collinare montana
- Zona del valdarno pisano e piana lucchese; Zona costiera
- Zona Prato-Pistoia; Zona del valdarno aretino e Val di Chiana
- Agglomerato

Tabella 1.1. Rete regionale delle stazioni di misura degli inquinanti indicata nell'allegato C della Delibera n.964 del 12 ottobre 2015.

Zonizzazione territorio Regione Toscana rel.inq. All V	Class.		Provincia	Comune	Nome stazione	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	SO ₂ o H ₂ S	CO	Benzene	IPA	As	Ni	Cd	Pb	O ₃	Class.	Zonizzazione territorio Regione Toscana O ₃
	Zona	Stazione																	
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-Boboli	X													
	U	F	FI	Firenze	FI-Bassi	X	X	X	X		X	X							
	U	T	FI	Firenze	FI-Gramsci	X	X	X		X	X	X	X	X	X				
	U	T	FI	Firenze	FI-Mosse	X		X											
	U	F	FI	Scandicci	FI-Scandicci	X		X											
	U	F	FI	Signa	FI-Signa	X		X										X	U
	S	F	FI	Firenze	FI-Settignano			X										X	S
Zona Prato Pistoia	U	F	PO	Prato	PO-Roma	X	X	X			X	X							
	U	T	PO	Prato	PO-Ferrucci	X	X	X		X									
	U	F	PT	Pistoia	PT-Signorelli	X		X											
	S	F	PT	Montale	PT-Montale	X	X	X										X	S
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropoli	X	X	X										X	S
	U	F	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	X		X											

	Class.																						
	U	T																					
	U	T	AR	Arezzo	AR- Repubblica	X		X		X													
Zona costiera	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	X	X	X															
	U	T	GR	Grosseto	GR-Sonnino	X		X															
	R	F	GR	Grosseto	GR- Maremma			X											X	R	Zona delle Pianure costiere		
	U	F	LI	Livorno	LI-Cappiello	X	X	X															
	U	F	LI	Livorno	LI-Via La Pira	X		X	X		X	X	X	X									
	U	T	LI	Livorno	LI-Carducci	X	X	X		X													
	U	F	LI	Piombino	LI-Parco 8 Marzo	X		X			X	X	X	X	X								
	S	I	LI	Piombino	LI-Cotone	X		X		X	X	X											
	U	F	MS	Carrara	MS- Colombarotto	X		X															
	U	T	MS	Massa	MS-Marina vecchia	X	X	X															
	U	F	LU	Viareggio	LU-Viareggio	X	X	X															
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	U	F	LU	Capannori	LU- Capannori	X	X	X	X														
	U	F	LU	Lucca	LU-San Concordio	X		X			X	X											
	U	T	LU	Lucca	LU- Micheletto	X		X															

	Class.																			
	R	F	LU	Lucca	LU-Carignano			X									X		S	
	U	F	PI	Pisa	PI-Passi	X	X	X									X		S	
	U	T	PI	Pisa	PI-Borghetto	X	X	X		X										
	S	F	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce(1)	X		X	X								X		S	
Zona Collinare Montana	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	X	X	X												
	U	T	SI	Siena	SI-Bracci	X		X		X										
	S	F	PI	Pomarance	PI-Montecerboli (1)	X		X	X				X				X		S	
	U	F	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	X		X												
	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	X		X										X		R
																				Zona Collinare Montana

Legenda: F - Fondo, T - Traffico, I - Industriale, U - Urbana, S - Suburbana, R - Rurale, R reg – Rurale fondo regionale.

(1) stazione con misura di H₂S e non SO₂

X = parametro attivo per tutto il 2016

X = parametro attivato nel corso del 2016

2. EFFICIENZA DELLA RETE DI RILEVAMENTO

Nelle tabelle seguenti si riporta la percentuale di rendimento degli analizzatori relativi agli inquinanti inseriti nella rete regionale per il monitoraggio degli inquinanti dell'Allegato V del D.Lgs.155/2010 e s.m.i. e per l'ozono secondo i criteri definiti dalla normativa (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.). Ai fini della valutazione della qualità dell'aria su base annua, per ogni analizzatore in continuo l'insieme dei dati raccolti è considerato conforme ed utilizzabile per il calcolo dei parametri statistici quando il periodo minimo di copertura (rendimento strumentale) è almeno pari al 90% , eccetto che per il benzene per il quale nelle stazioni di tipo traffico e fondo è necessaria la copertura del 35%. Nelle stazioni di tipo industriale invece la copertura deve essere almeno del 90 % anche per il benzene.

Il rendimento è calcolato come percentuale di dati generati rispetto al totale teorico (al netto delle ore dedicate alla calibrazione degli analizzatori).

Tabella 2.1. Efficienza della rete regionale delle stazioni di misura degli inquinanti .

Zonizzazione territorio Regione Toscana rel.inq. All V	Class.		Provincia	Comune	Nome stazione	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	SO ₂ o H ₂ S	CO	Benzene	IPA	As	Ni	Cd	Pb	O ₃	Class.	Zonizzazione territorio Regione Toscana O ₃					
	Zona	Stazione																						
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-Boboli	100													Agglomerato Firenze					
	U	F	FI	Firenze	FI-Bassi	100	100	98	90		99	100												
	U	T	FI	Firenze	FI-Gramsci	97	95	98		94	97	92	92	92	92									
	U	T	FI	Firenze	FI-Mosse	100		100																
	U	F	FI	Scandicci	FI-Scandicci	100		100																
	U	F	FI	Signa	FI-Signa	100		100									96	U						
	S	F	FI	Firenze	FI-Settignano			99									98	S						
Zona Prato Pistoia	U	F	PO	Prato	PO-Roma	100	100	100			100	89							Zona delle Pianure interne					
	U	T	PO	Prato	PO-Ferrucci	98	98	98		95														
	U	F	PT	Pistoia	PT-Signorelli	100		100																
	S	F	PT	Montale	PT-Montale	100	100	100									98	S						
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropoli	100	100	100				39*					97	S						
	U	F	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline (1)	87		87	68								82							

	Class.																						
	U	T																					
	U	T	AR	Arezzo	AR- Repubblica	100		82		100													
Zona costiera	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	100	100	99														Zona delle Pianure costiere	
	U	T	GR	Grosseto	GR-Sonnino	97		95															
	R	F	GR	Grosseto	GR- Maremma			100												97	R		
	U	F	LI	Livorno	LI-Cappiello	100	100	99															
	U	F	LI	Livorno	LI-Via La Pira	100			97		97	99	98	98	98	98*							
	U	T	LI	Livorno	LI-Carducci	100	100	100		99													
	U	F	LI	Piombino	LI-Parco 8 Marzo	100		100			100	99	98	98	98	98*							
	S	I	LI	Piombino	LI-Cotone	100		99		98	100	99											
	U	F	MS	Carrara	MS- Colombarotto	100		100															
	U	T	MS	Massa	MS-Marina vecchia	100	100	100															
	U	F	LU	Viareggio	LU-Viareggio	100	100	98															
Zona Valdarno pisano e Piana	U	F	LU	Capannori	LU- Capannori	100	100	99	100														
	U	F	LU	Lucca	LU-San Concordio	100		99			99	65	34*	34*	34*	34*							

Piana lucchese	Class.																		
	U	T	LU	Lucca	LU- Micheletto	100		97											
	R	F	LU	Lucca	LU- Carignano			96								96		S	
	U	F	PI	Pisa	PI-Passi	100	100	97								96		S	
	U	T	PI	Pisa	PI-Borghetto	100	100	100		98									
	S	F	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce (2)	100		98	99							97		S	
Zona Collinare Montana	U	F	SI	Poggibonsi	SI- Poggibonsi	100	100	100				40*							
	U	T	SI	Siena	SI-Bracci	100		99		99									
	S	F	PI	Pomarance	PI- Montecerboli (2)	100		96	100				**			98		S	
	U	F	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	100		100											
	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	98		99									96		R
																			Zona Collinare Montana

Legenda: F - Fondo, T - Traffico, I - Industriale, U - Urbana, S - Suburbana, R - Rurale, R reg – Rurale fondo regionale.

(1) stazione attivata nel corso del 2016 (2) stazione con misura di H₂S e non SO₂ *parametro attivo ma non incluso nella delibera **parametro effettuato per mezzo di campagne indicative con MM

3. MATERIALI E METODI

3.1. Monitoraggio tramite Rete Regionale di qualità dell'aria

I metodi utilizzati per il campionamento e l'analisi di tutti i parametri rilevati tramite la strumentazione di Rete Regionale sono quelli indicati dal D.Lgs 155/2010 nell' allegato IV e s.m.i..

Tabella 3.1.1. Metodi di riferimento utilizzati

Parametro	Metodo	Riferimento
PM10, PM 2,5	UNI EN 12341: 2014 UNICEN-TS 16450 :2013	Dls.155/2010 Allegato IV
NO ₂ /NO _x	UNI EN 14211:2012	Dls.155/2010Allegato IV
CO	UNI EN 14626:2012	Dls.155/2010Allegato IV
SO ₂	UNI EN 14212:2012	Dls.155/2010Allegato IV
H ₂ S	UNI EN 14212:2012	Metodo per SO ₂ Dls.155/2010Allegato IV
Benzene	UNI EN 14662:2005, UNI EN 14662:2015, parte 3.	Dls.155/2010Allegato IV
Benzo(a)pirene	UNI EN 15549:2008	Dls.155/2010Allegato IV
As, Ni, Cd, Pb	UNI EN 14902:2005	Dls.155/2010Allegato IV
Ozono	UNI EN 14625:2012	Dls.155/2010Allegato IV

4 DATI RILEVATI NELL'ANNO 2016. VALORI DEGLI INDICATORI PER GLI INQUINANTI RILEVATI DALLE STAZIONI DI RETE REGIONALE E CONFRONTO CON I VALORI LIMITE.

Di seguito sono descritti e riportati su mappa gli indicatori relativi ai parametri rilevati durante il 2016 dalle stazioni di rete regionale.

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT ed è conforme alla UNI EN ISO 9001:2008 e certificato da RINA con registrazione n° 32671/15/5.

4.1. Particolato PM10

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2016 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per il PM10 corrispondono al numero delle medie giornaliere con concentrazione superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e alla media annuale.

Tabella 4.1.1. PM10 – Indicatori relativi alle stazioni di rete regionale -anno 2016.

Zona	Class Zona e stazione	Prov	Comune	Nome stazione	N° giornaliere > $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	V.L.	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V.L.
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	5		18	40
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	12		19	
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	24		30	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	16		22	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	15		21	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	26		24	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	31		26	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	26		25	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	10		20	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	43		28	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	8		19	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	27		25	
	UF	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	*		*	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0		17	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	10		26	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		18	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	2		24	
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0		19	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0		16	
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0		17	
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	4		21	
UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	10		22		

	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	25		26	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	44		29	
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	33		26	
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	35		28	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	14		22	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	24		27	
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce Coop	30		26	
							18	
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0		21	
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	4		22	
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	30		10	
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0		10	
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	1		25	
Media annuale complessiva Rete Regionale							22	
Media annuale stazioni di tipo fondo urbano e suburbano							21	
Media annuale stazioni di tipo traffico urbano							25	

* efficienza <90%, media 28 µg/m³, n° superamenti 24

La media complessiva delle concentrazioni di PM10 che sono state registrate dalle stazioni di rete regionale è pari a 22 µg/m³, pari al 55% del limite che il D.lgs 155/2010 indica per la media annuale di PM10.

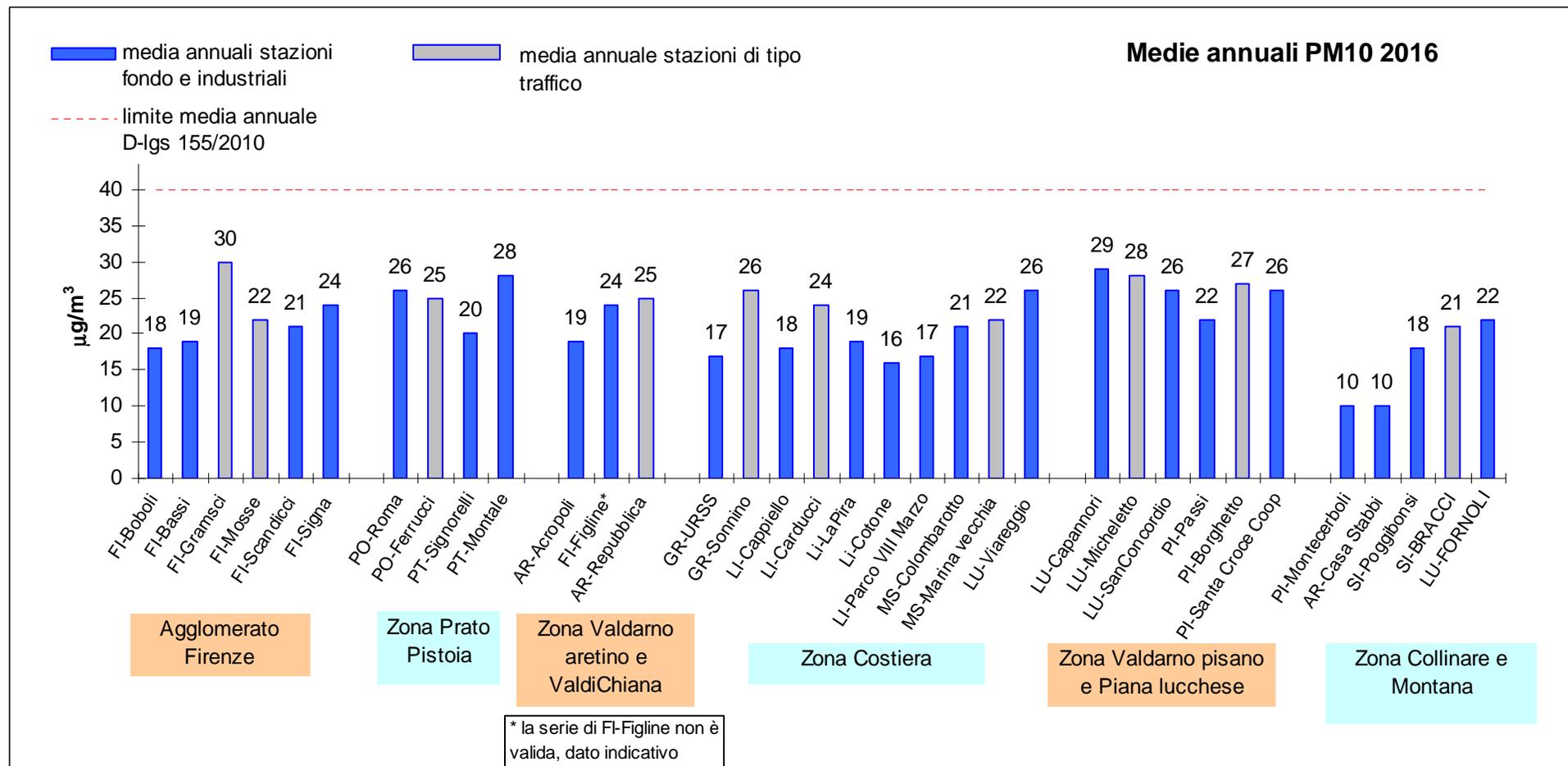
Tutte le stazioni hanno confermato il rispetto del parametro media annuale indicato dal D.lgs 155/2010.

La media delle stazioni di tipo fondo è pari a 21µg/m³, con media massima registrata presso LU-Capannori di 29µg/m³ e media minima pari a 10 µg/m³ registrata presso le due stazioni RF di AR-CasaStabbi e PF di PI-Montecerboli.

Se si calcolano separatamente le medie delle stazioni di fondo in base alla tipologia della zona, si ottiene che la media delle stazioni urbane di fondo è pari alla media delle periferiche di fondo, entrambe pari a 21µg/m³, mentre la media dell'unica stazione rurale di fondo che misura il PM10 (AR-CasaStabbi) è stata pari a 10 µg/m³.

La media delle stazioni di traffico è pari a 25 µg/m³ con media massima a FI-Gramsci 30 µg/m³ e minima a SI-Bracci 21 µg/m³.

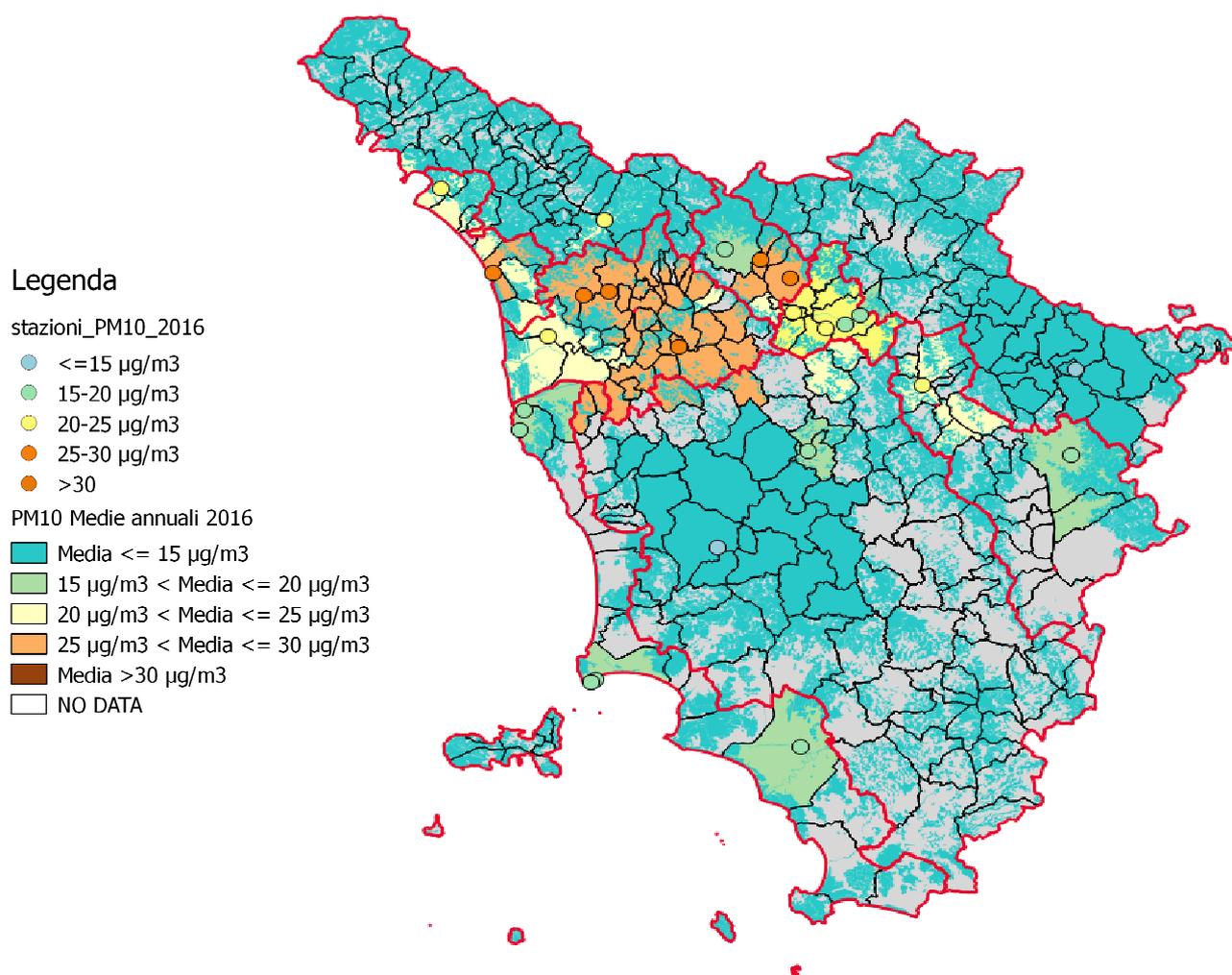
Grafico 4.1.1. PM10 – Medie annuali PM10 anno 2016.



Le medie annuali delle concentrazioni di PM10 calcolate per le stazioni di fondo zona per zona sono rispettivamente pari a:

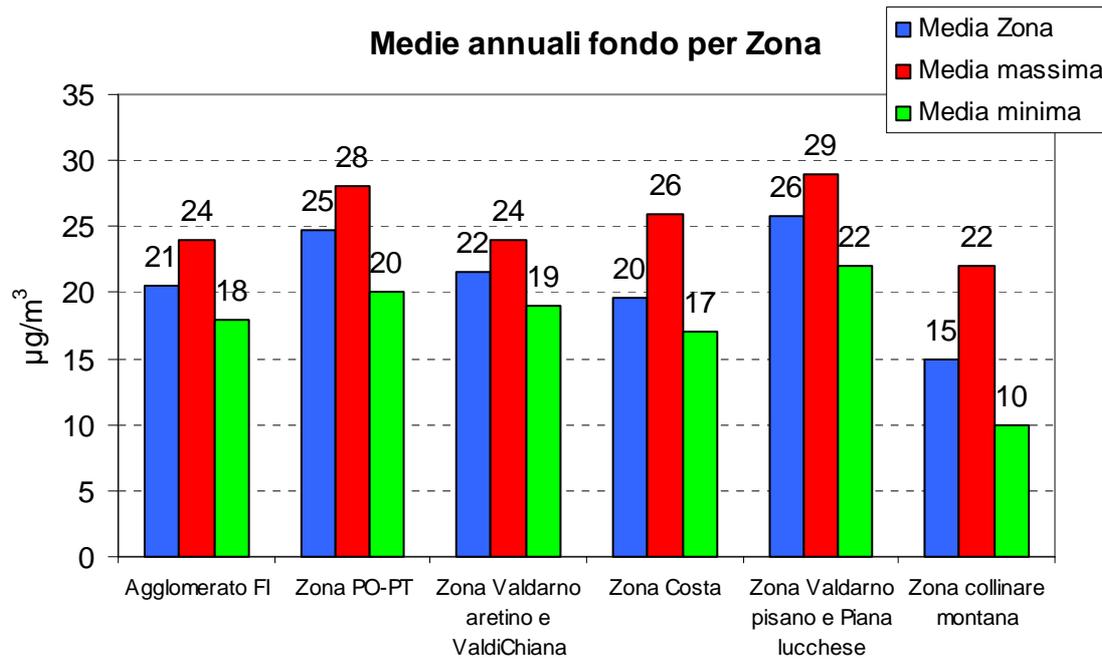
- $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come media delle 4 stazioni di fondo dell'agglomerato fiorentino;
- $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media delle 3 stazioni della Zona PO-PT;
- $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la Zona del Valdarno aretino e Valdichiana (per questa zona nel 2016 è stata attiva con efficienza della serie valida e maggiore di 90% solo la stazione di AR-Acropoli, nella media è stata inserita anche la stazione di FI-Figline la cui serie presenta un'efficienza dell'82%);
- $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come media delle 6 stazioni della Zona Costa;
- $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come media delle 4 stazioni della Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese;
- $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media delle 4 stazioni della Zona Collinare e Montana.

Figura 4.1.1. Distribuzione del PM10 sul territorio toscano, stimata secondo le aree di rappresentatività.



Come per gli anni precedenti, le zone con concentrazioni di fondo di PM10 più elevate sono le due zone interne della Zona PO-PT e Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese mentre la concentrazione di fondo dell'Agglomerato fiorentino è più contenuta e simile alla Zona Costa e del Zona del Valdarno aretino e Valdichiana.

Grafico 4.1.2. PM10 – Medie annuali PM10 anno 2016, per Zona.



L' OMS (Organizzazione Mondiale per la Sanità)¹ ha individuato i valori guida di concentrazione per i principali inquinanti atmosferici, da rispettare per salvaguardare la salute della popolazione mondiale. Per il PM10 è stata indicata una media annua di concentrazione di 20 µg/m³. Se i valori medi annuali di concentrazione di PM10 registrati presso le stazioni di Rete Regionale Toscana si confrontano con questo valore guida, si nota che la situazione della qualità dell'aria in Toscana è ben lontana da rispettare le indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. Infatti tutte le 10 stazioni di traffico della RR hanno registrato una media superiore a 20 µg/m³, con la situazione più critica per FI- Gramsci con media 2016 pari al 150% del valore Guida e situazione meno critica per SI-Bracci con media annuale che eccede il valore guida solo del 5%.

Anche per le stazioni di fondo la situazione non è soddisfacente: 11 stazioni su 22 hanno registrato media annuale superiore a 20 µg/m³. Le situazioni più critiche sono quelle di LU-Capannori con media 2016 pari al 145% del VL e di PT-Montale con media 2016 pari al 140% del VL, ma altre 4 stazioni (PO-Roma, LU-Viareggio, LU-San Concordio e PI-SantaCroce) hanno registrato medie annuali nettamente superiori al valore guida (pari al 130%) indicando che in Toscana i valori di qualità dell'aria rispettano le indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità solo nella zona Costiera e nella zona collinare - Montana.

E' possibile rappresentare su mappa la distribuzione delle concentrazioni medie di fondo di PM 10 per tutta la Toscana. Infatti sulla base dello studio svolto da ARPAT e Consorzio LaMMA per la Regione Toscana, finalizzato alla stima della rappresentatività spaziale delle stazioni di monitoraggio della rete regionale è possibile rappresentare in prima approssimazione la distribuzione delle concentrazioni medie annuali nel territorio regionale.²

La stima della rappresentatività si applica alle sole stazioni di fondo perciò la mappa si riferisce alle stazioni di fondo della rete regionale con misura di PM10.

Ad ogni stazione sono associati i comuni che risultano rappresentati dal dato, per parte del proprio territorio, secondo soglie stabilite.

Il fondo regionale, pari a circa 10 µg/m³ come media annuale è attribuito alle classi di uso del suolo di tipo naturale (CLC 311-521) e sovrapposto ai comuni, in modo che all'interno di ciascun comune si distinguano le aree naturali rappresentate, in maniera più verosimile, dal dato di fondo regionale. L'agglomerato è trattato come unicum, con il criterio di attribuire cautelativamente a tutti i comuni che ne fanno parte, la media annuale più alta tra tutte le stazioni che lo rappresentano. Per rendere comunque evidente il quadro dei diversi livelli di concentrazione misurati all'interno dell'agglomerato il dato puntuale di ogni singola stazione è mantenuto con propria legenda.

¹ WHO-World Health Organisation, 2006. Air Quality Guidelines. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global Update 2005, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe Regional Publications.

² Rappresentatività spaziale delle stazioni della rete di monitoraggio di qualità dell'aria Toscana, ARPAT, LAMMA – Marzo 2015 http://servizi2.regione.toscana.it/aria/img/getfile_img1.php?id=24329.

Per quanto riguarda il numero di superamenti della media giornaliera di $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10, che sono stati registrati nel 2016, il limite 35 superamenti annuali indicato dal D.lgs155/2010 è stato rispettato nella maggior parte delle stazioni della Rete Regionale con eccezione di due stazioni di fondo, rispettivamente la PF di PT-Montale che ha registrato 43 superamenti, superando il limite del 23% e la stazione UF di LU-Capannori che ha registrato 44 superamenti , superando il limite del 26%.

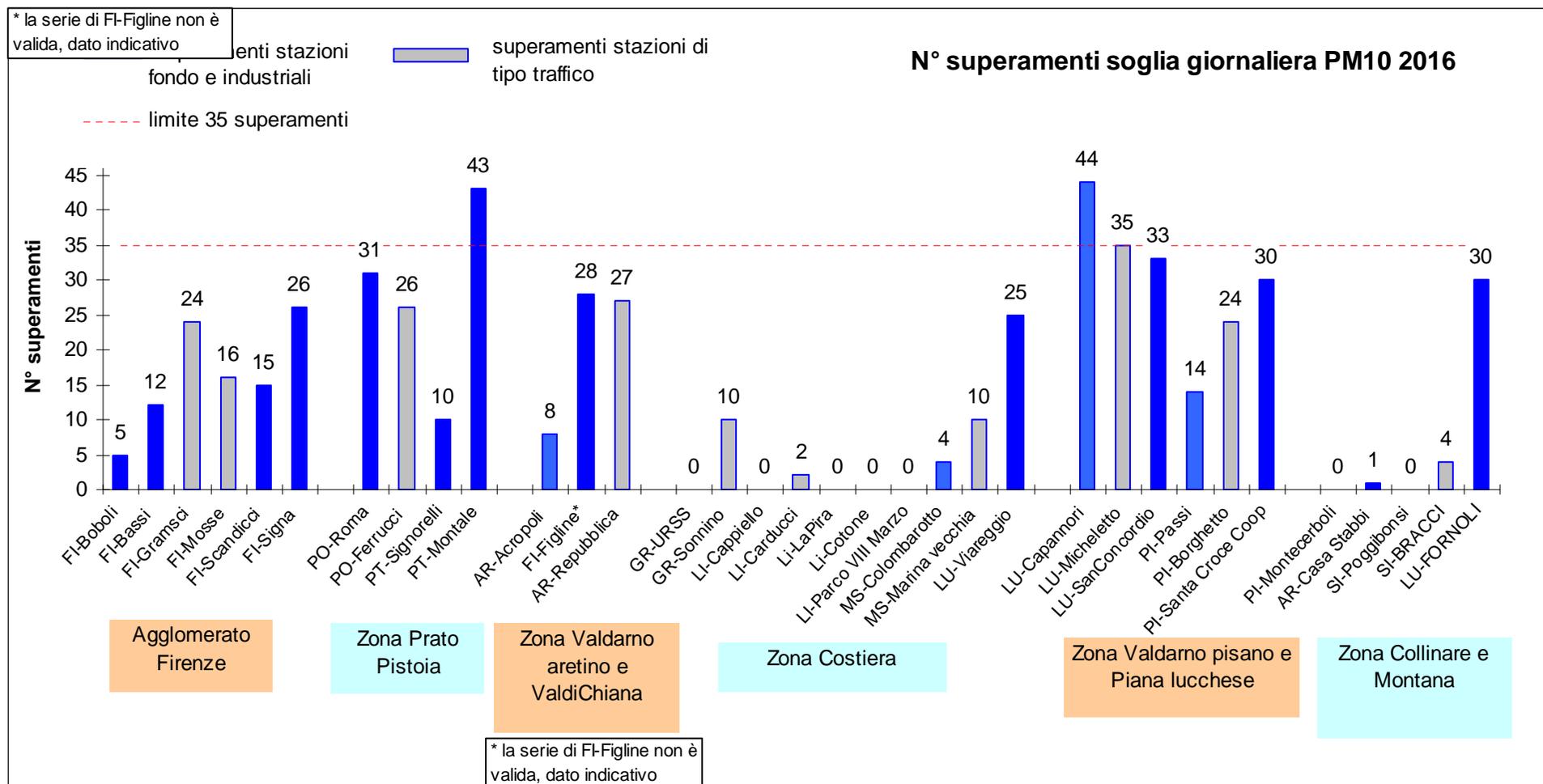
Presso nessuna delle 10 stazioni di traffico è stato superato il numero di 35 superamenti annuale, il numero massimo di medie giornaliere superiori a di $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato registrato presso la stazione di LU-Micheletto che ha equiparato il VL (35 superamenti), Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese, mentre il numero minimo presso la stazione di LI-Carducci (2 superamenti) situata nella zona Costiera.

L'allegato 3 riporta la valutazione degli eventuali contributi naturali durante alcuni episodi di superamento del valore limite.

Infatti i contributi naturali, quali le avvezioni sahariane che hanno interessato il territorio regionale nell'anno 2016, sono stati valutati secondo gli indirizzi definiti dalla "Linea guida [SEC(2011) 2008 final] per la dimostrazione e la detrazione dei superamenti imputabili alle fonti naturali ai sensi della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" predisposta dalla Commissione di Lavoro il 15/2/2011.

Dal punto di vista della valutazione di conformità al limite, è da rilevare che l'operazione di sottrazione dei contributi sahariani è risultata poco significativa perché ha riguardato stazioni di misurazione caratterizzate da una situazione di conformità al limite già prima della sottrazione dei contributi (nessuna delle stazioni esaminate superava i 35 superamenti/anno).

Grafico 4.1.3. PM10 – N° superamenti soglia 50µg/m³ PM10 anno 2016.



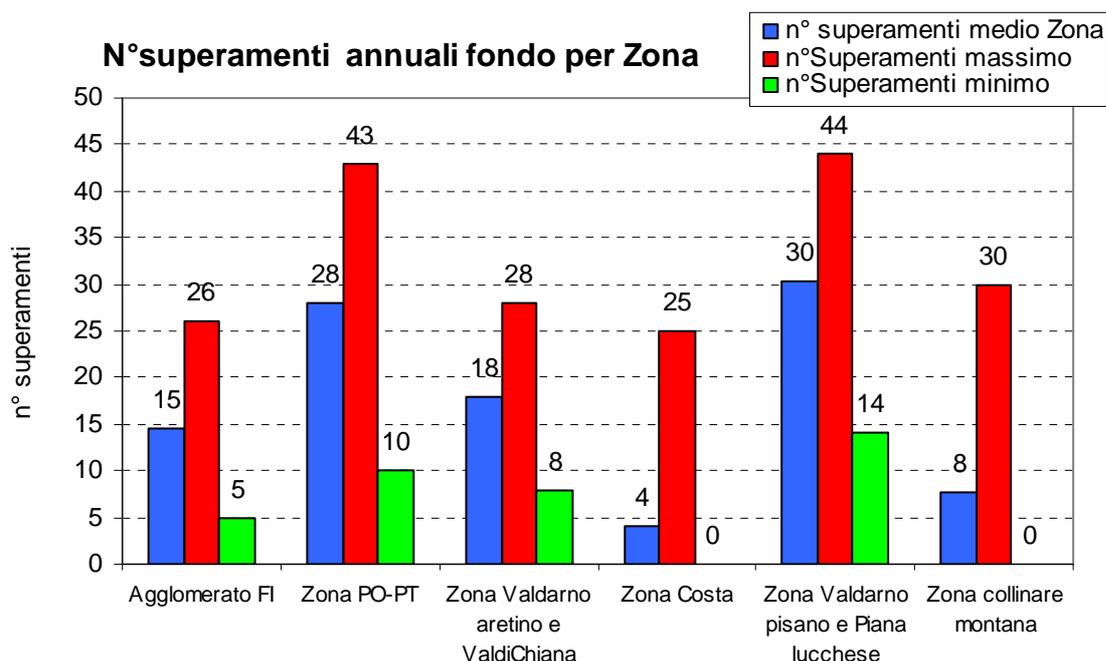
Esaminando la situazione del fondo zona per zona di nota che:

- le stazioni di fondo della Zona Costa hanno rilevato episodi di superamento delle medie giornaliere superiori a di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in numero nullo o quasi nullo (da 0 a 4), con eccezione di LU-Viareggio che ne ha registrati 25;
- lo stesso fenomeno si è verificato per le stazioni della Zona Collinare e Montana che hanno rilevato episodi di superamento delle medie giornaliere di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in numero nullo o quasi (da 0 a 1), con eccezione di LU-Fornoli che ne ha registrati 30;
- le stazioni dell'Agglomerato di Firenze hanno rilevato generalmente pochi episodi di superamento (da 5 a 15) e soltanto presso FI-Signa è stato raggiunto un numero leggermente più alto con 26 episodi;
- la stazione di fondo di AR-Acropoli della Zona del Valdarno aretino e Valdichiana ha registrato un numero molto contenuto di superamenti mentre la stazione di Figline, in meno di 11 mesi ne ha registrati 28.

le stazioni presso le quali si sono verificati il maggior numero di superamenti si trovano:

- nella Zona di Prato e Pistoia con numero di superamenti che varia da 10 a 43;
- nella Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese con numero di superamenti che varia da 14 a 44.

Grafico 4.1.4. PM10 – N° superamenti soglia $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 anno 2016, per zona.



L'OMS ha individuato come valore guida un numero massimo annuale di 3 superamenti della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare per salvaguardare la salute della popolazione mondiale. Questo valore limite, molto più restrittivo del valore indicato dal D.lgs155/2010, nel 2016 non è stato rispettato presso la maggior parte delle stazioni di rete regionale.

In particolare per le stazioni di tipo traffico:

- quasi tutte le stazioni di traffico non hanno rispettato il limite e hanno registrato fino a 11 volte il numero di superamenti indicato dal WHO;

- la stazione di traffico della Zona Collinare e Montana, pur non rispettando il parametro, si è avvicinata al valore indicato, eccedendo soltanto di un superamento ovvero del 33% del VL;
- soltanto la stazione di traffico LI-Carducci (Zona Costiera) ha rispettato il parametro con 2 superamenti annuali (-33 % VL).

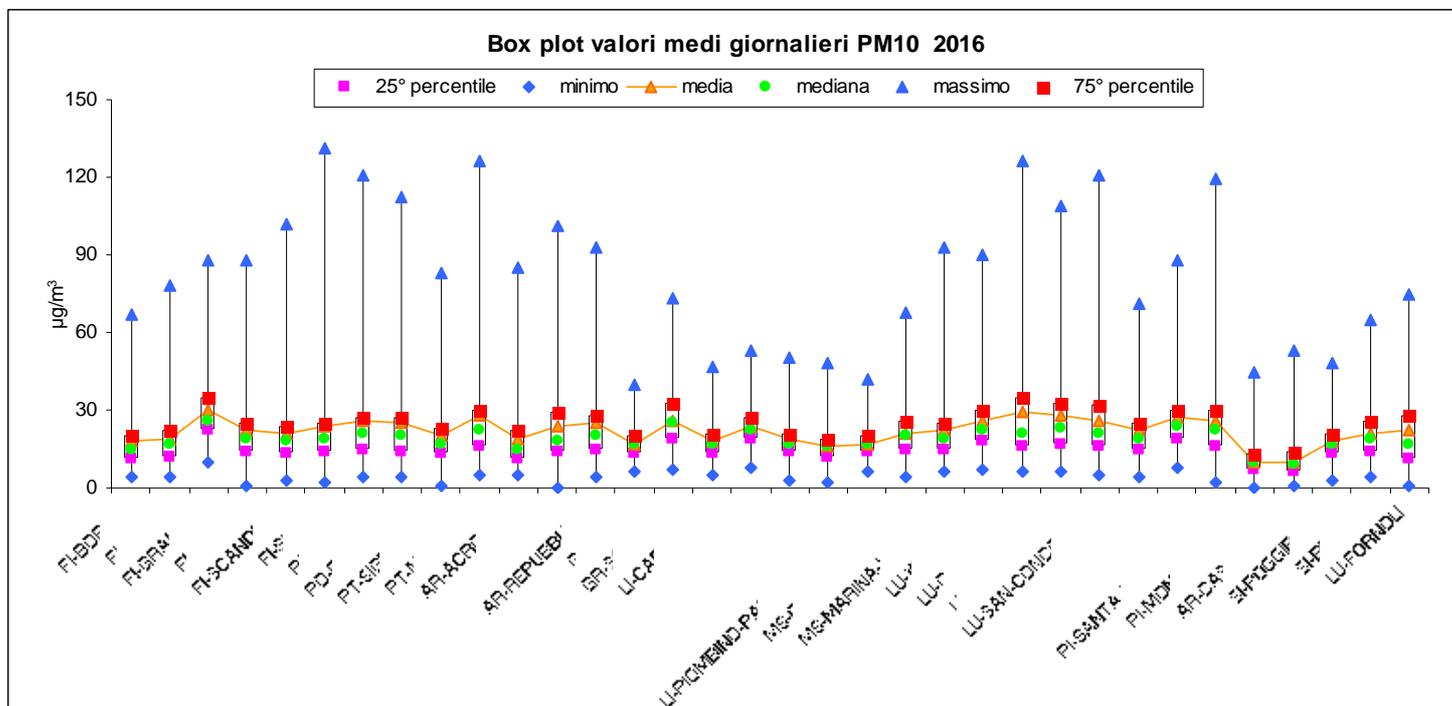
Per quanto riguarda le stazioni di fondo:

- tutte le stazioni di fondo dell'Agglomerato di Firenze, della Zona PO-PT e delle due zone del Valdarno pisano-lucchese e aretino hanno superato ampiamente il numero di tre superamenti, con massimo per le stazioni di LU-Capannori e PT-Montale che hanno registrato un numero di superamenti 14 volte più alto di quello indicato dall'OMS;
- nella Zona costiera il numero di superamenti della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ indicato è stato rispettato nella maggior parte delle stazioni di fondo, con la sola eccezione della stazione di LU-Viareggio (25 superamenti) e di MS-Colombarotto ;
- nella Zona collinare e montana le stazioni di fondo hanno rispettato il parametro con eccezione della stazione di LU-Fornoli (30 superamenti).

E' stato elaborato il grafico box plot ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) della concentrazione di PM 10 giornaliera sulle stazioni di Rete Regionale.

L'obiettivo è dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati.

Grafico 4.1.5.Box plot dei valori giornalieri 2016 di PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



La barra rettangolare rappresentata nel grafico indica il range dal 25° al 75° percentile, quindi racchiude i valori di concentrazione del 50% dei giorni dell'anno. Come si nota dal grafico per tutte le stazioni la variabilità dei valori medi giornalieri è piuttosto ridotta, infatti le barre rettangolari sono poco estese.

Per la maggioranza delle stazioni di rete regionale, il 50% dei dati varia nell'arco di 9-15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, fanno eccezione le 4 stazioni della provincia di Lucca per le quali la variabilità è leggermente più alta fino al massimo di LU-Capannori (19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

I baffi rappresentati nel box plot invece si estendono dal minimo al massimo valore medio giornaliero registrato per stazione, rappresentando quindi tutto il campo di variazione della concentrazione. Il baffo che indica il primo quartile è breve e simile per tutte le stazioni mentre relativamente al baffo che rappresenta il range dei valori del quarto quartile, troviamo una maggiore variabilità.

Le stazioni di tipo fondo con variabilità più elevata più rilevanti sono:

- per l'Agglomerato di Firenze la stazione di FI-Signa con variabilità di 129 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (differenza tra massima e minima media giornaliera).
- per la zona PO-PT le stazioni PO-Roma e PT-Montale con variabilità 117 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- per la zona del Valdarno pisano e piana lucchese le stazioni di LU-Capannori, LU-SanConcordio e PI-SantaCroce con variabilità 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 116 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 117 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le zone del Valdarno aretino e valdichiana, Zona Costa e Zona Collinare montana sono caratterizzate da una minore variabilità media delle concentrazioni giornaliere.

Per tutte le stazioni la media annuale delle concentrazioni è superiore alla mediana e la differenza tra media e mediana è più marcata per le stazioni con maggiore variabilità nella

distribuzione delle concentrazioni, per le quali nella media incidono i valori elevati di concentrazione media giornaliera.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2016)

Tabella 4.1.2. PM10 – Medie annuali - Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale.

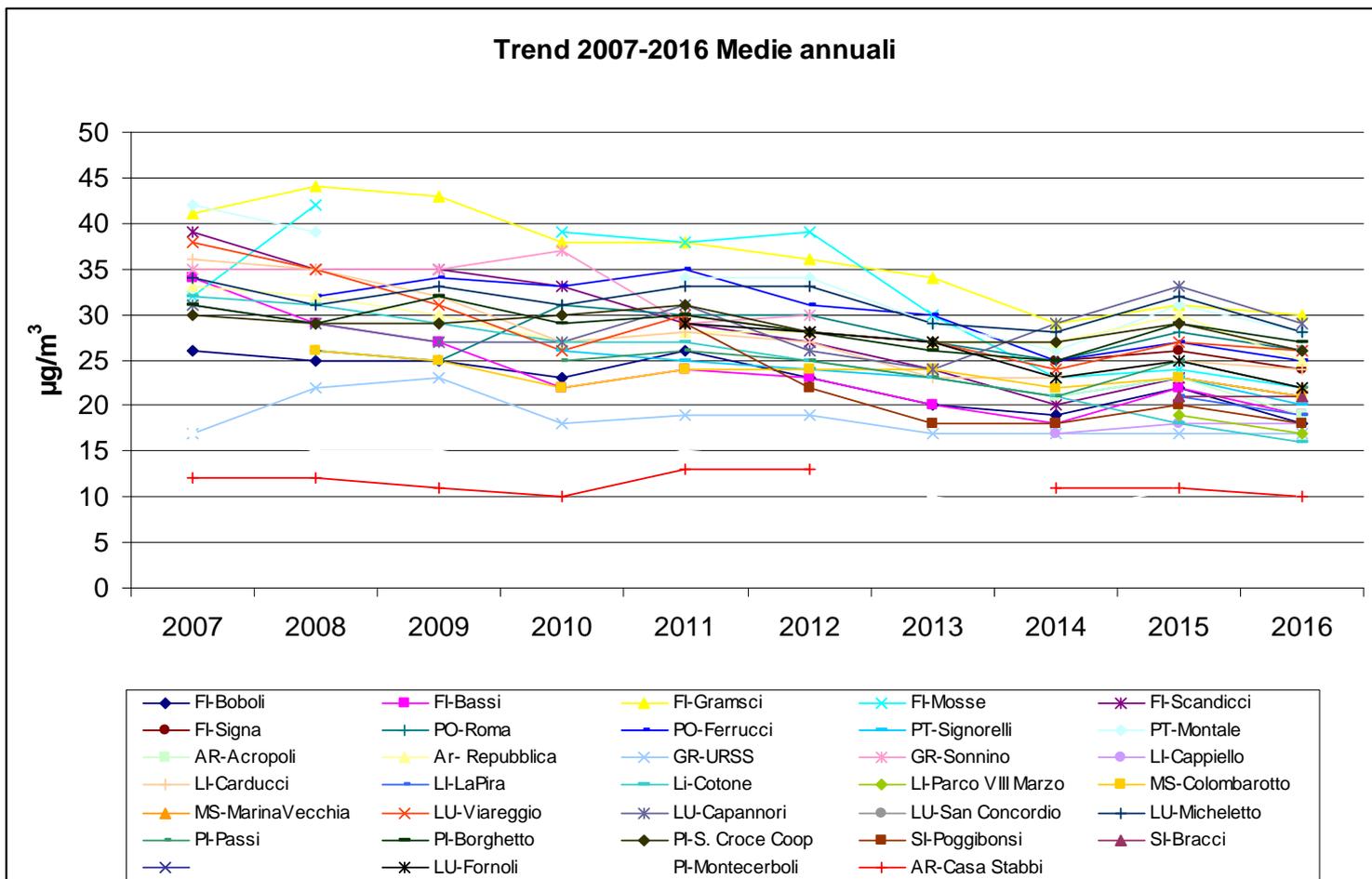
Zona	Class. stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Medie annuali in $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
					V.L. = $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$									
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	26	25	25	23	26	23	20	19	22	18
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	34	29	27	22	24	23	20	18	22	19
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	41	44	43	38	38	36	34	29	31	30
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	32	42	*	39	38	39	30	23	24	22
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	39	35	35	33	29	27	24	20	23	21
	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	-	-	25	26	24
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	-	26	25	31	30	30	27	25	28	26
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	-	32	34	33	35	31	30	25	27	25
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	-	-	-	26	25	24	23	21	23	20
	SF	PT	Montale	PT-Montale	42	39	*	*	34	34	29	26	31	28
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropolli	-	-	-	-	-	-	-	21	23	19
	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	33	32	30	27	28	28	27	27	30	25
Zona costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	17	22	23	18	19	19	17	17	17	17
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	35	35	35	37	29	30	-	-	-	26
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	-	-	-	-	17	18	18
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	36	35	32	27	28	27	23	23	25	24
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	-	-	-	*	21	19
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	32	31	29	27	27	25	23	21	18	16
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	-	-	-	*	19	17
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	-	26	25	22	24	24	24	22	23	21
	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	-	-	-	-	*	22
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	38	35	31	26	30	28	27	24	27	26
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	31	29	27	27	31	26	24	29	33	29
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	-	-	-	-	-	-	-	*	26
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	34	31	33	31	33	33	29	28	32	28
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	-	-	-	25	26	25	23	21	25	22
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	31	29	32	29	30	28	26	25	29	27
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	30	29	29	30	31	28	27	27	29	26
Zona Collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	29	22	18	18	20	18
	UI	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	-	-	-	*	21	21
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	-	-	-	*	29	28	27	23	25	22

	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	17	15	15	13	15	14	10	8	11	10
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	12	12	11	10	13	13	*	11	11	10

* efficienza minore del 90%
 • parametro non attivo

I dati in tabella mostrano come l'inversione di tendenza avvenuta nel 2015 non sia stata confermata dai valori medi del 2016, che confermano una generale diminuzione delle concentrazioni di PM10 per ogni tipologia di stazione.

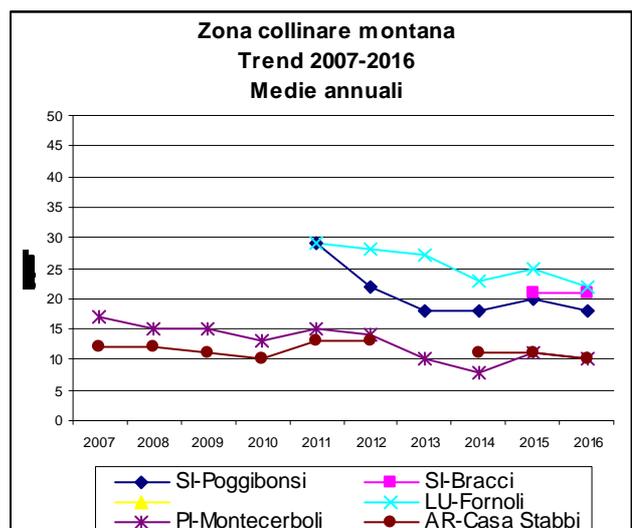
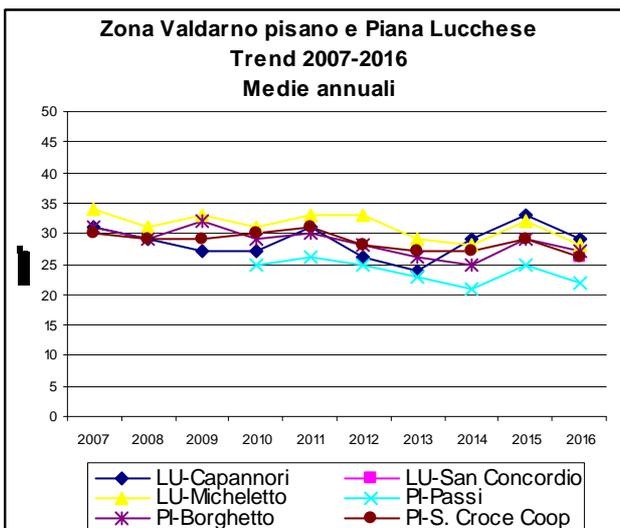
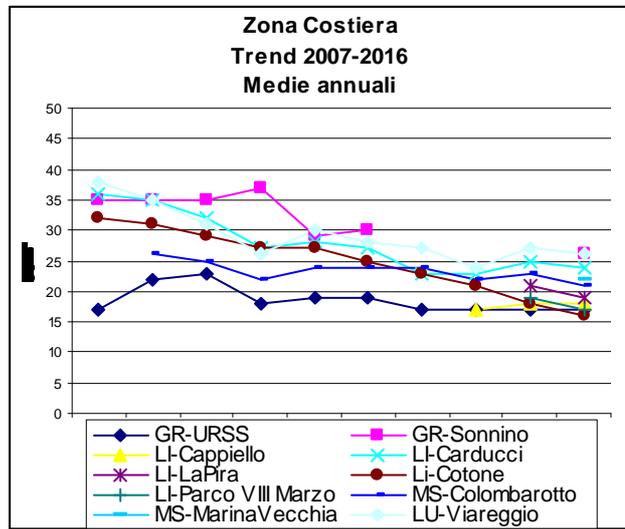
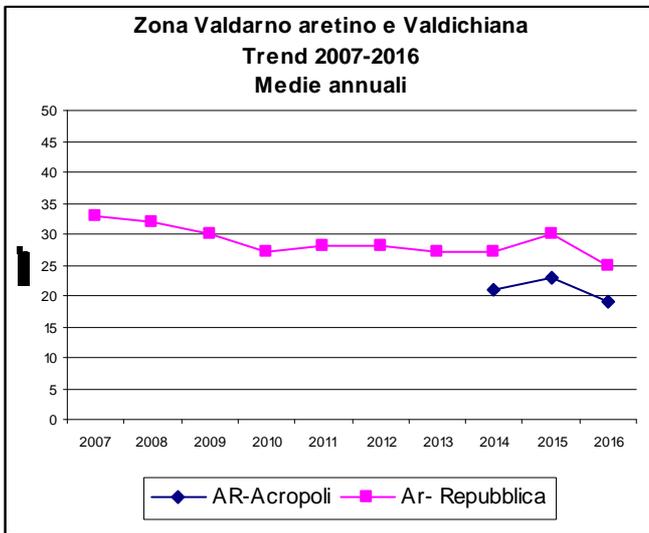
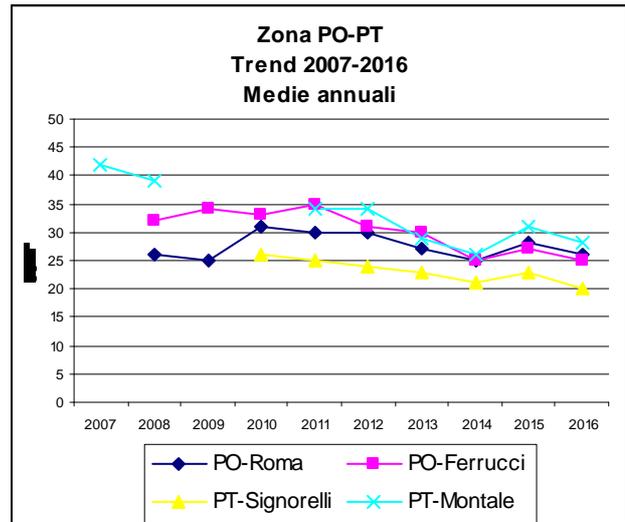
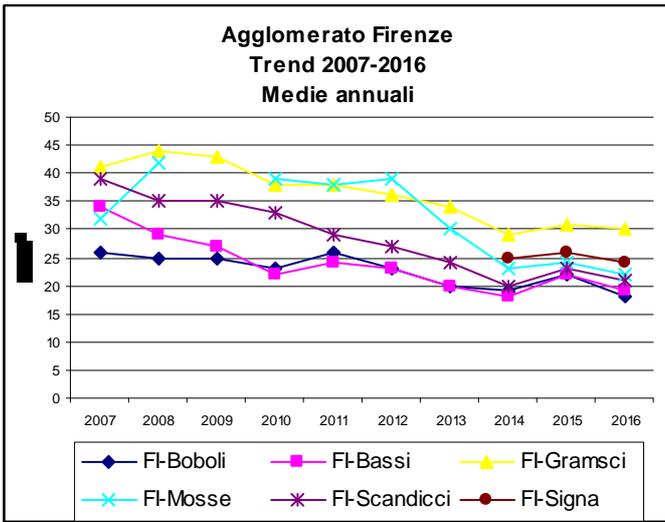
Grafico 4.1.6. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale



Analizzando la situazione per zona, ancora più chiaramente emerge come le concentrazioni medie di PM10 si siano abbassate rispetto al 2015 in tutto il territorio regionale con medie molto simili a quelle del 2014:

- media dell'Agglomerato fiorentino pari a 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in meno rispetto al 2015;
- media della zona PO-PT pari a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ meno rispetto al 2015;
- media zona Valdarno aretino e Valdichiana pari a 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ meno rispetto al 2015;
- media zona costiera pari a 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, costante rispetto al 2015;
- media zona Valdarno pisano e piana lucchese pari a 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ meno rispetto al 2015;
- media zona collinare e montana pari a 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ meno rispetto al 2015.

Grafico 4.1.7. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2007-2015 per zone.



Per osservare la regione nel suo complesso, di seguito si riporta in grafico l'andamento pluriennale delle medie annuali conteggiate su tutte le stazioni di rete regionale (linea rosa continua in figura) e l'intervallo di variazione massimo e minimo delle medie per tipologia

di stazione (traffico e fondo) (barre verticali). E' evidente il pieno rispetto del limite di normativa.

Dal trend delle medie annuali riportato dal grafico appare come la differenza tra valori medi massimi registrati presso i siti di traffico e valori medi massimi del fondo sia diminuita negli anni, nel 2015 la massima media massima delle stazioni di traffico è risultata inferiore alla massima media massima del fondo.

La differenza nel tempo tra i valori registrati presso le due diverse tipologie di sito consiste principalmente nel range di valori tra media massima e minima che per le stazioni di traffico tende alla diminuzione, mentre per le stazioni di fondo si osserva un costante ampio range di valori, con medie minime molto basse.

Grafico 4.1.8. PM10 – Andamenti del massimo e del minimo delle medie annuali dal 2007 al 2016 per tipologia di stazione.

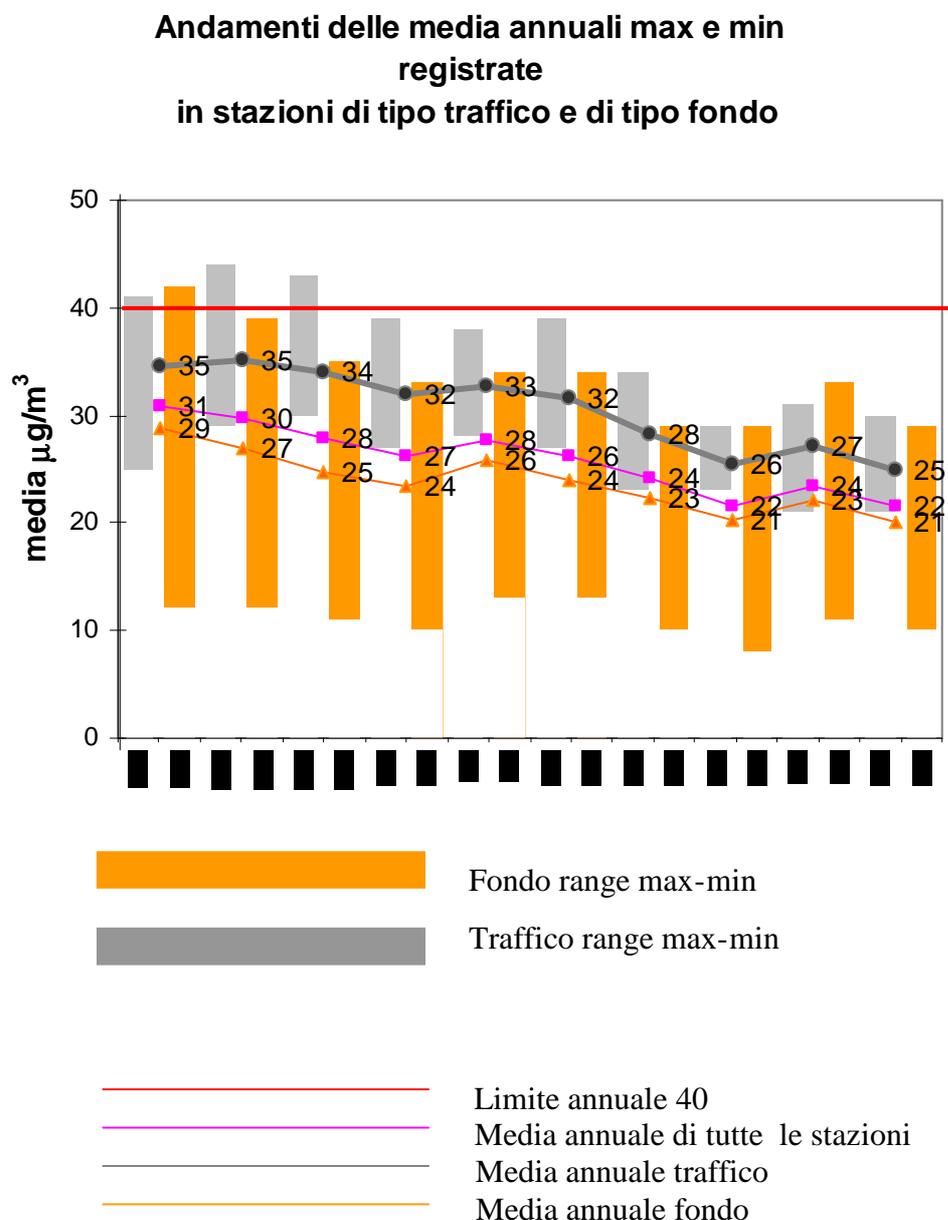


Tabella 4.1.3. PM10 – n° superamenti valore giornaliero di 50 µg/m³ – Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class.	Prov.	Comune	Nome stazione	N° superamenti media giornaliera di 50 µg/m ³									
					V.L. = 35 gg/anno									
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	25	19	13	10	17	7	18	3	5	5
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	37	33	23	13	19	11	17	4	9	12
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	76	98	88	65	55	46	38	19	26	24
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	37	88	*	66	59	69	46	11	14	16
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	76	49	48	38	37	23	22	5	10	15
	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	-	-	26	33	26
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	-	29	27	30	43	43	35	30	40	31
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	-	41	51	45	50	44	37	28	34	26
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	-	-	-	19	25	22	28	12	15	10
	SF	PT	Montale	PT-Montale	82	70	*	*	65	63	45	32	57	43
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	-	9	19	8
	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	23	17	15	20	34	29	26	31	34	27
Zona costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0	3	4	0	0	0	0	3	0	0
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	31	29	17	29	2	5	-	-	+	10
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	47	40	20	11	7	4	1	0	2	2
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	-	-	-	*	0	0
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	42	29	21	27	14	6	8	8	0	0
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	-	-	-	*	0	0
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	-	18	5	2	2	3	9	2	1	4
	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	-	-	-	-	-	-	-	-	*	10
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	63	59	27	9	37	15	21	11	26	25
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	61	40	35	38	57	36	30	60	68	44
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	-	-	-	-	-	-	-	*	33
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	50	41	50	48	65	54	41	34	52	35
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	-	-	-	13	28	17	22	10	14	14
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	45	36	31	31	44	35	31	18	34	24
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	42	35	32	33	47	33	27	22	40	30
Zona Collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	20	0	1	1	0	0
	UI	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	-	-	-	*	2	4
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	-	-	-	*	54	50	45	20	30	30
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0	1	0	0	0	1	*	4	0	1

*efficienza minore del 90%

-parametro non attivo

I valori in tabella mostrano per la nostra regione un trend positivo per gli ultimi 10 anni, con il numero di stazioni che non hanno rispettato il valore limite di 35 superamenti che è progressivamente diminuito.

Grafico 4.1.9. PM10 - n° superamenti valore giornaliero 50 µg/m³ - Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale.

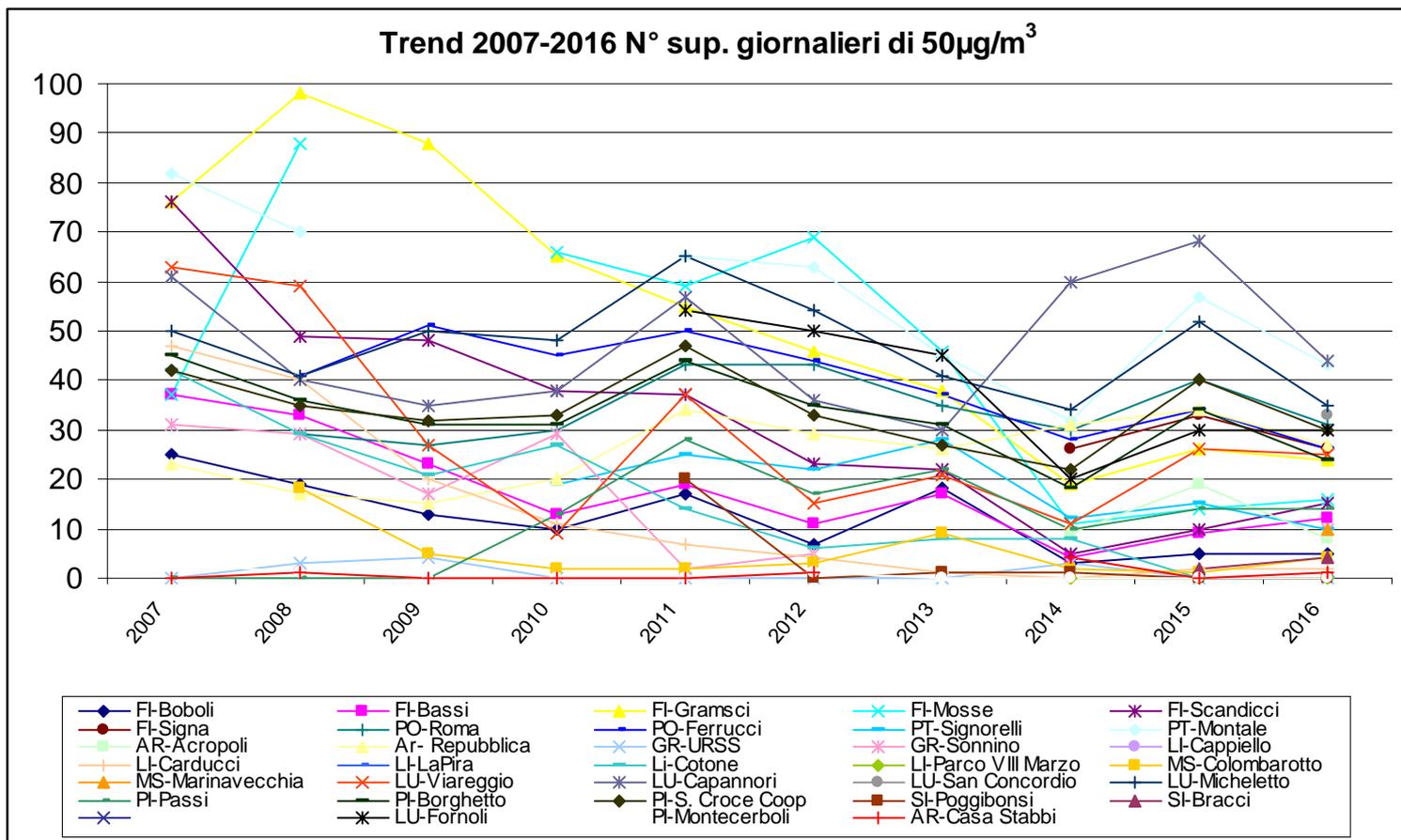
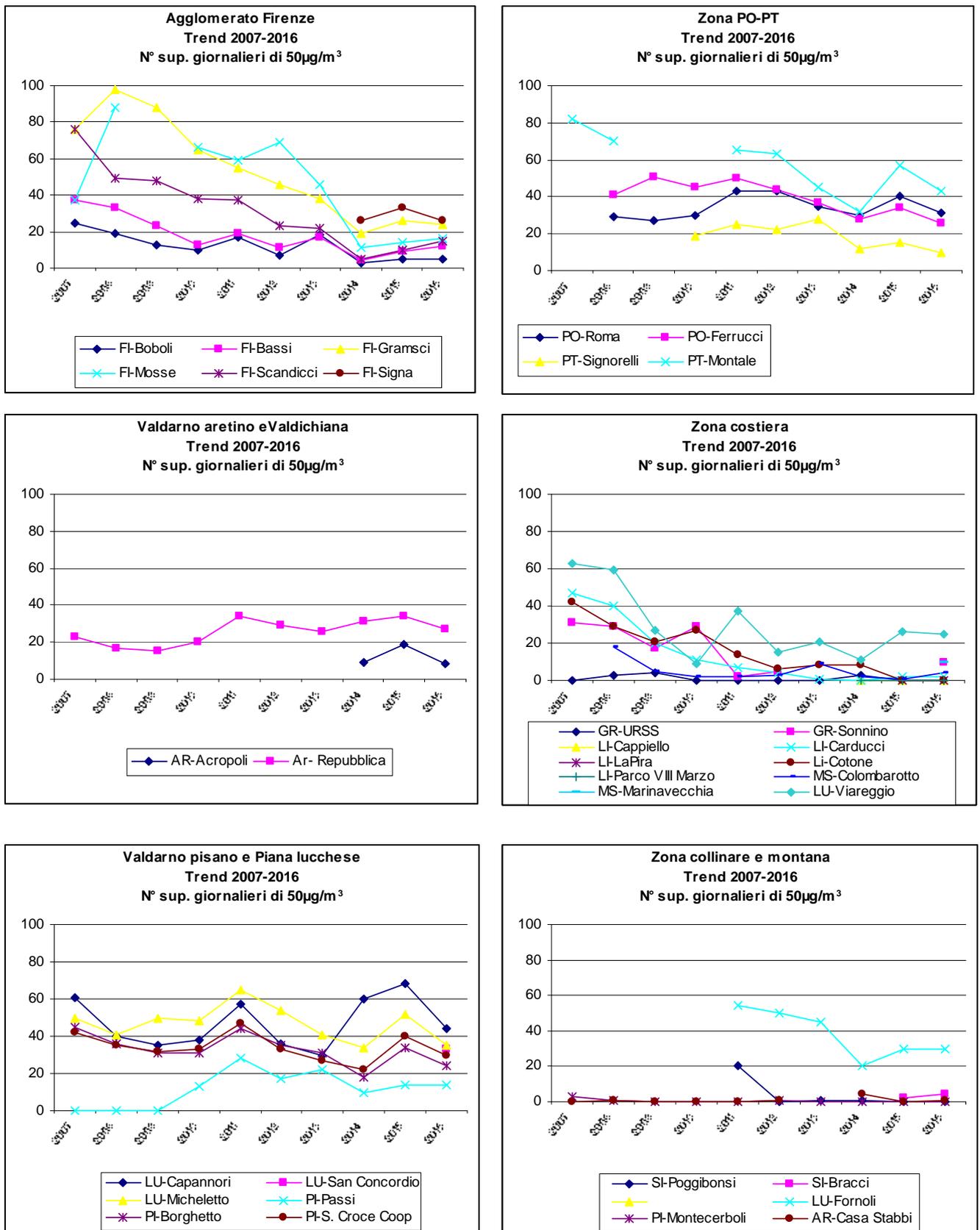


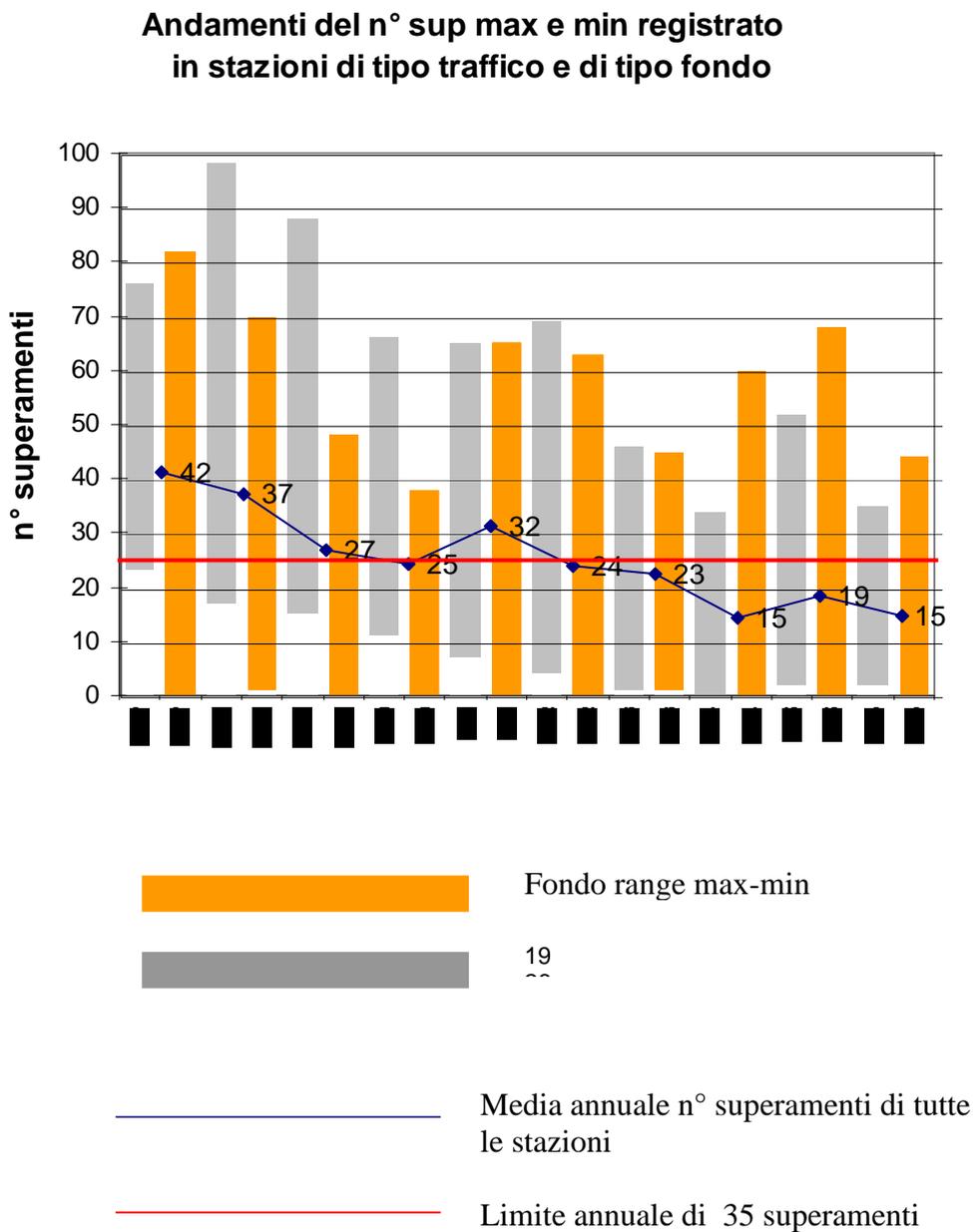
Grafico 4.1.10. PM10 - n° superamenti valore giornaliero 50 µg/m³ - Andamenti 2007-2016 per zone.



Per osservare la regione nel suo complesso, di seguito si riporta in grafico l'andamento pluriennale del numero di superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ calcolato come numero medio dei superamenti conteggiati su tutte le stazioni di rete regionale (linea

blu continua in figura) e l'intervallo di variazione massimo e minimo del numero di superamenti del valore limite giornaliero per tipologia di stazione (traffico e fondo) (barre verticali). E' interessante osservare che l'andamento positivo dei trend di PM10 che si era arrestato nel 2015, è di nuovo presente nel 2016.

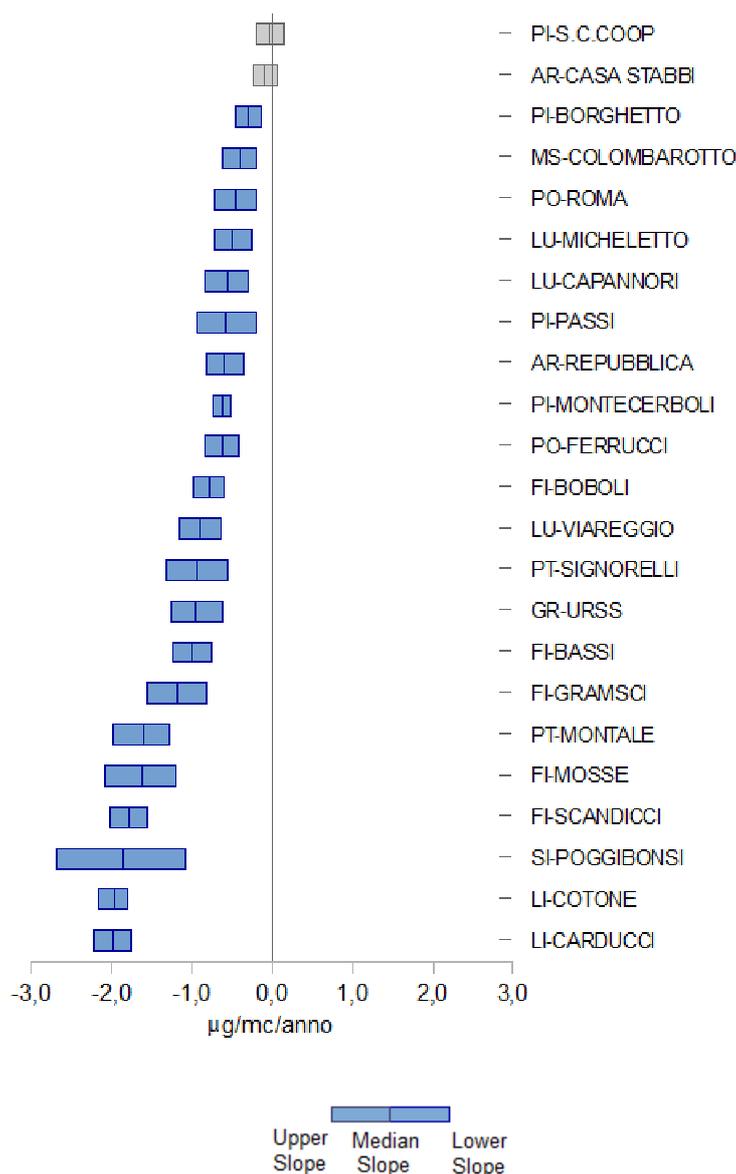
Grafico 4.1.11 PM10 – Andamenti del numero massimo e minimo di superamenti dal 2007 al 2016 per tipologia di stazione.



STUDIO DEL TREND DEI LIVELLI DI CONCENTRAZIONE DEL MATERIALE PARTICOLATO PM10

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003 – 2016 mostra per la maggior parte delle stazioni un trend in diminuzione. Per il 90% delle stazioni analizzate la diminuzione è statisticamente significativa (in blu nel grafico). Solo per due stazioni non è possibile individuare un trend statisticamente significativo (PI-S.C.Coop e AR-Casa Stabbi). Il valore mediano dei trend decrescenti statisticamente significativi è di $-0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno¹ ($-0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e massimo $-2.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) con variazioni anche rilevanti tra le varie zone. (Figura 1).

Grafico 4.1.12. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 (2003-2016)



¹Viene riportata la mediana dei valori di slope per completezza di informazione ma tale valore non può essere considerato rappresentativo del trend regionale dell'inquinante.

4.2. Particolato PM 2,5.

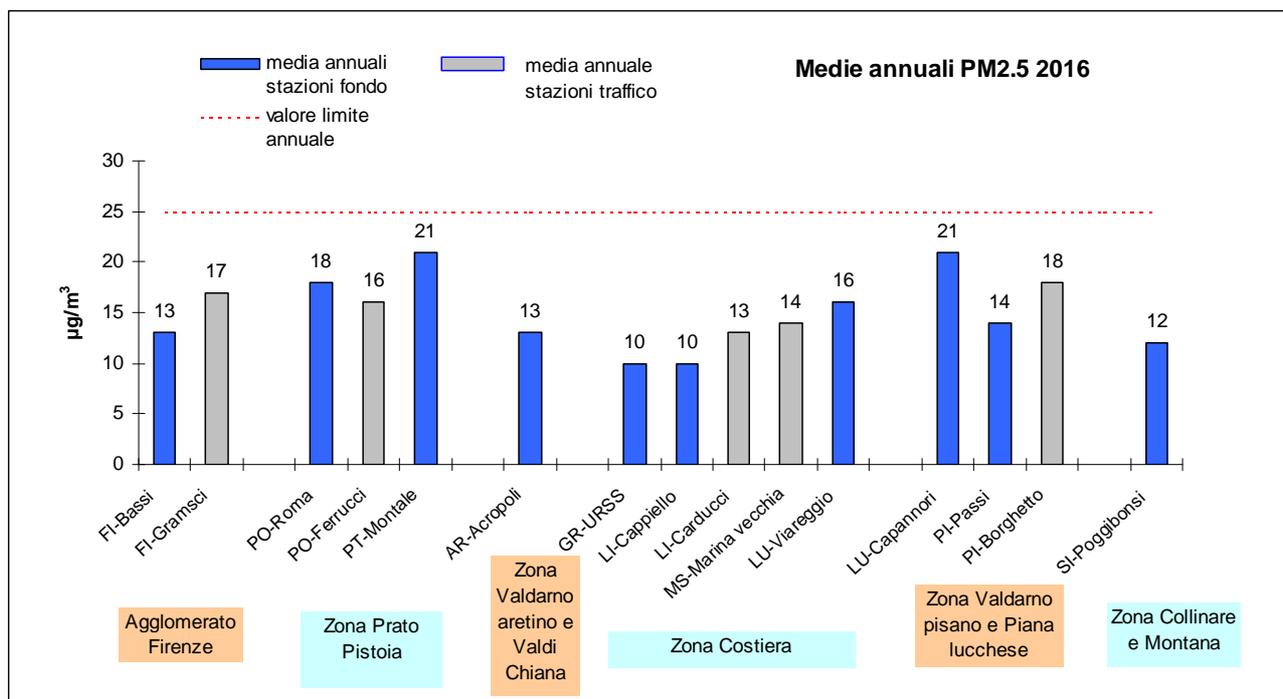
Per il PM2,5 gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2016 sono stati confrontati con il valore limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per il PM2.5 corrisponde alla media annuale di 25 µg/m³ .

Tabella 4.2.1. PM2.5 - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2016.

Zona	Class Zona e stazione	Prov	Comune	Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	V.L.
Aglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	13	25
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	17	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	18	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	16	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	21	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	13	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	10	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	10	
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	13	
	UI	MS	Massa	MS- MarinaVecchia	14	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	16	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	21	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	14	
		PI	Pisa	PI-Borghetto	18	
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	12	
Media regionale PM2,5 (µg/m ³)					15	
Media regionale stazioni di tipo fondo					15	
Media regionale stazioni di tipo traffico					16	

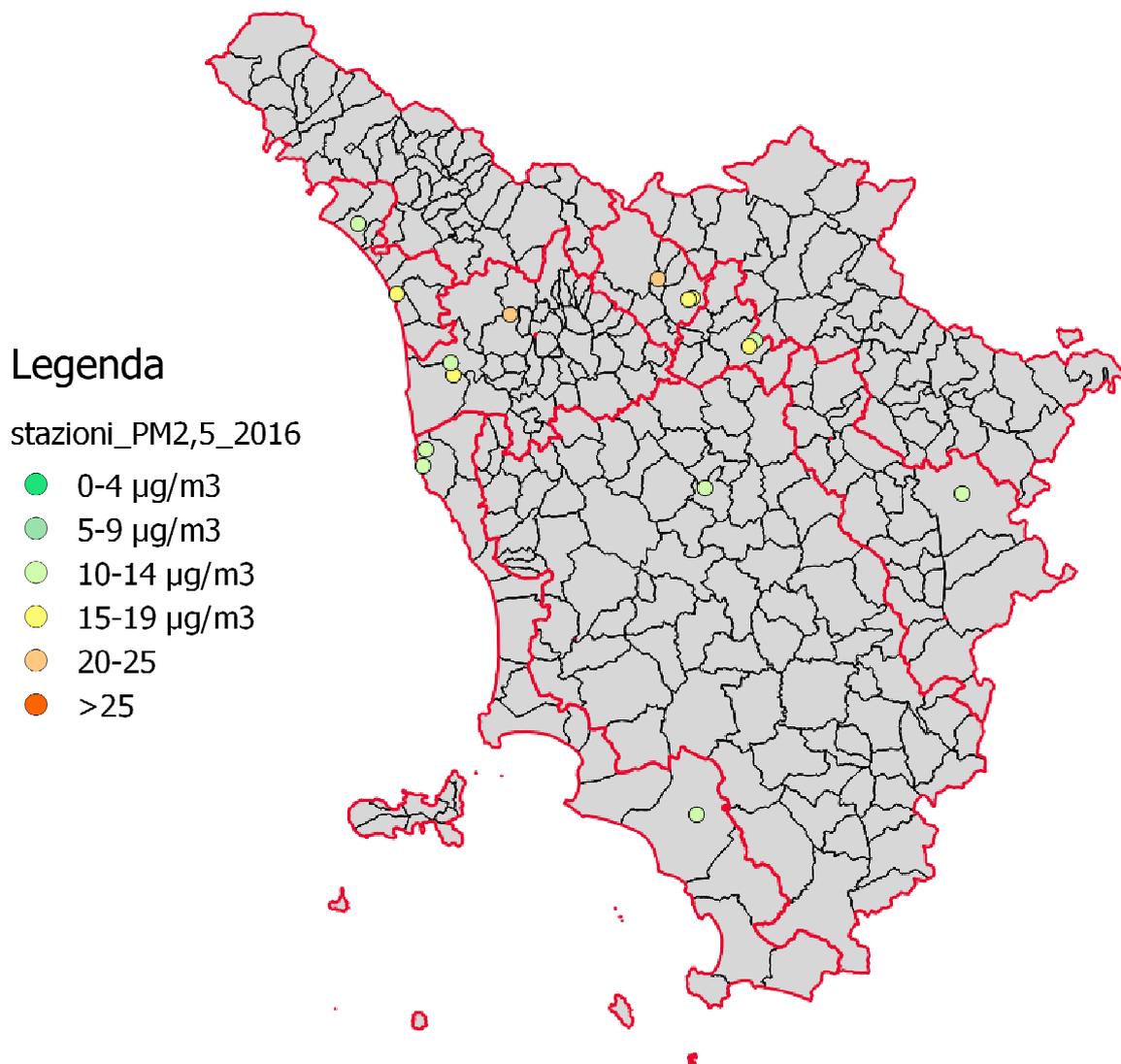
Il limite normativo di 25 µg/m³ riferito all'indicatore della media annuale, nel 2016 è stato ampiamente rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale. I valori più alti di PM2,5 sono stati pari a 21 µg/m³ e sono stati registrati dalle due stazioni di tipo fondo di LU-Capannori (UF) e di PT-Montale (SF), appartenenti rispettivamente alla zona del Valdarno pisano e Piana lucchese ed alla zona di Prato e Pistoia. Le stesse stazioni hanno registrato per il 2016 i valori medi di PM10 più elevati tra tutte le stazioni di fondo della Rete Regionale (29 e 28 µg/m³).

Grafico 4.2.1. PM2,5- Medie annuali 2016



Il valore medio regionale complessivo di PM2,5 è stato nell'anno 2016 pari a 15 µg/m³, circa 2 µg/m³ inferiore al valore medio del 2015 (17 µg/m³); il valore medio delle stazioni di fondo è stato di 15 µg/m³, quello relativo alle stazioni di traffico è stato invece di 16 µg/m³. Si osserva tuttavia che il valore massimo della media annuale tra le stazioni di traffico è pari a 18 µg/m³ (registrata presso la stazione di PI-Borghetto), inferiore di 3 µg/m³ rispetto ai valori massimi della media annuale registrata in due stazioni di fondo (PT-Montale e LU-Capannori).

Figura 4.2.1. Medie annuali di PM2,5 per stazione.



L'OMS¹ per il PM_{2,5} ha indicato come valore guida una media annua di concentrazione pari a 10 µg/m³, valore ben più restrittivo rispetto al valore indicato dal D.lgs.155/2010. Se i valori medi annuali di concentrazione di PM_{2,5} registrati presso le stazioni di Rete Regionale Toscana vengono confrontati con questo valore, si osserva che i valori medi di PM_{2,5} registrati nel 2016 non rispettano per la maggior parte delle stazioni il valore guida dell'OMS.

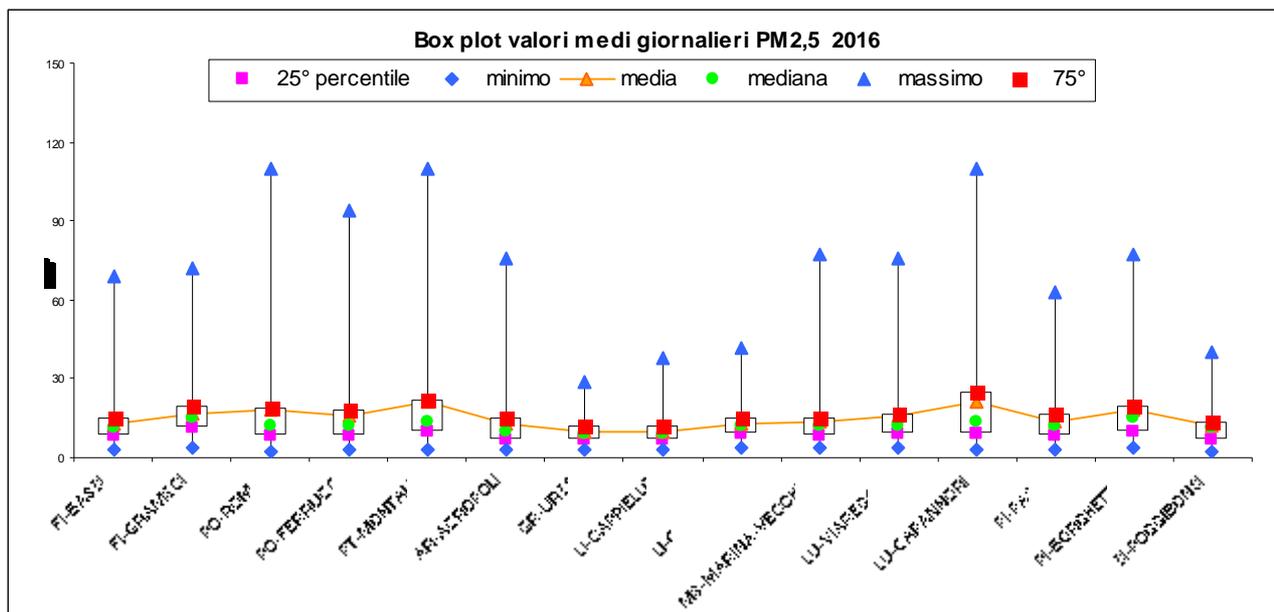
Dal confronto con il valore medio annuale indicato dall'OMS per la protezione della salute, si nota che:

- tutte e 5 le stazioni di traffico della RR hanno registrato nel 2016 una media annuale nettamente superiore al VL, con medie annuali comprese tra il 180 % ed il 130 del valore guida;
- nell'80 % dei casi le stazioni di fondo della RR hanno registrato nel 2016 medie annuali superiori al valore guida, con eccedenza massima per PT-Montale e LU-Capannori che hanno registrato media annuali pari al 210 % del valore guida ;
- soltanto nel 20 % delle stazioni di fondo, precisamente nelle 2 stazioni UF della Zona Costiera, il valore guida non è stato superato ma la media annuale 2016 è stata pari al valore indicato.

Anche per il PM2,5 è stato elaborato il grafico box plot ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) delle concentrazioni medie giornaliere per le stazioni di rete regionale.

L'obiettivo è dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati.

Grafico 4.2.2. PM2,5 – Box plot valori medi giornalieri - Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale



Come si nota dal grafico per tutte le stazioni la variabilità dei valori medi giornalieri è piuttosto ridotta, infatti le barre rettangolari (valori tra il 25° e il 75° percentile) sono poco estese. Questa variabilità è compresa tra 5 –10 µg/m³ per tutte le stazioni eccetto che per tre stazioni di fondo che hanno un variabilità più elevata:

PO-Roma, PT-Montale e LU-Capannori per le quali il range dal 25° al 75° percentile è pari rispettivamente a 11 µg/m³, 12 µg/m³ e 16 µg/m³.

L'intervallo tra il 75° percentile e il massimo varia molto per estensione da un minimo 17 µg/m³ di GR-URSS, per la quale si ha anche la minima variabilità complessiva delle concentrazioni giornaliere (26 µg/m³) ad una massimo di 91 µg/m³ per PO-Roma che è anche la stazione con massima variabilità di concentrazione con un range totale di 108 µg/m³ (differenza tra massima e minima concentrazione giornaliera).

Le tre stazioni che si distinguono per variabilità molto più elevata delle altre sono PO-Roma, PT-Montale e LU-Capannori per le quali il range complessivo delle concentrazioni medie giornaliere registrate nel 2016 è stato 107/108 µg/m³.

Come per il PM10, in tutte le stazioni la media annuale delle concentrazioni è leggermente superiore alla mediana e la differenza tra media e mediana è più marcata per le stazioni con maggiore variabilità nella distribuzione delle concentrazioni, per le quali nella media incidono i valori elevati di concentrazione media giornaliera. Si riportano in tabella i rapporti percentuali tra le medie annuali di PM2,5 e di PM10 registrate presso le stazioni di tipo fondo e quelle di tipo traffico.

Tabella 4.2.2. Rapporto % tra PM2,5 e PM10 nella stazioni di tipo fondo ed in quelle di tipo traffico

Zona	Tipo zona e stazione	Nome stazione	Media 2016 (µg/m3)		% PM2,5/PM10
			PM2,5	PM10	
Aggl. Firenze	UF	FI-Bassi	13	19	68%
	UT	FI-Gramsci	17	30	57%
Zona PO PT	UF	PO-Roma	18	26	69%
	UT	PO-Ferrucci	16	25	64%
	SF	PT-Montale	21	28	75%
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	13	19	68%
Zona costiera	UF	GR-URSS	10	17	59%
	UF	LI-Cappiello	10	18	56%
	UT	LI-Carducci	13	24	54%
	UT	MS-Marina Vecchia	14	22	64%
	UF	LU-Viareggio	16	26	62%
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Capannori	21	29	72%
	UF	PI-Passi	14	22	64%
	UT	PI-Borghetto	18	27	67%
Zona collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	12	18	67%
Media fondo					66%
Media traffico					61%

Le percentuali medie di frazione di PM2,5 nel PM10 sono state per le stazioni di fondo comprese tra il massimo di 75% a PT-Montale ed un minimo di 56% a LI-Cappiello, con media regionale pari al 66%; per le stazioni di traffico sono state comprese tra il massimo di 67% presso PI-Borghetto e 54% di LI-Carducci con media 61%. Si conferma una preponderanza della frazione di PM2,5 nel PM10 delle stazioni di fondo. Sia per le stazioni di traffico che per quelle di fondo le percentuali più elevate di PM2,5 si trovano nelle concentrazioni di polveri più elevate.

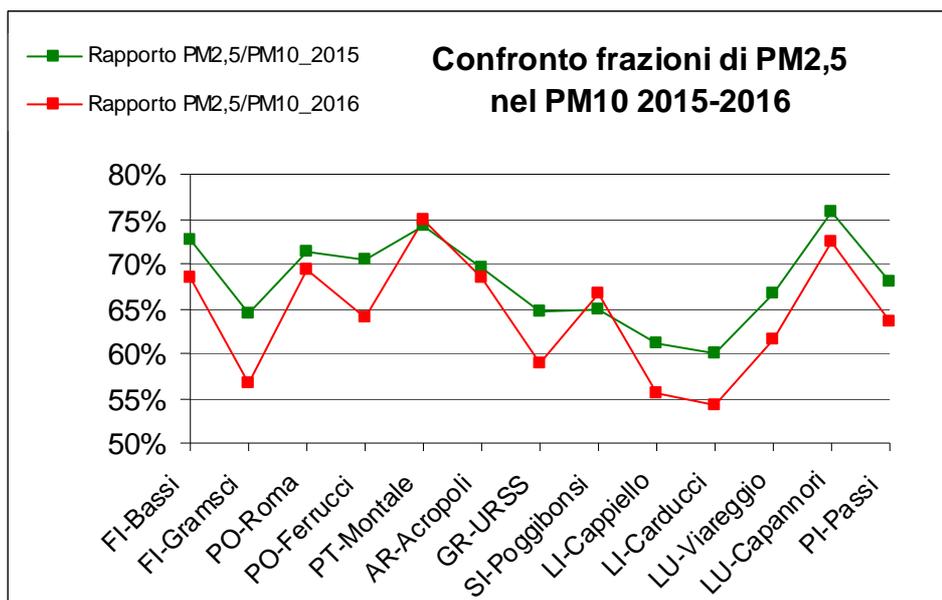
Tabella 4.2.3. Confronto percentuale di PM2,5 nel PM10 tra anno 2015 e 2016.

Zona	Tipo zona e stazione	Nome stazione	% PM2,5/PM10	
			2015	2016
Aggl. Firenze	UF	FI-Bassi	73%	68%
	UT	FI-Gramsci	65%	57%
Zona PO PT	UF	PO-Roma	71%	69%
	UT	PO-Ferrucci	70%	64%
	SF	PT-Montale	74%	75%
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	70%	68%
Zona costiera	UF	GR-URSS	65%	59%
	UF	LI-Cappiello	61%	56%

	UT	LI-Carducci	60%	54%
	UF	LU-Viareggio	67%	62%
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Capannori	76%	72%
	UF	PI-Passi	68%	64%
Zona collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	65%	67%

Dal confronto con il 2015 si nota che parallelamente alla diminuzione delle concentrazioni medie di PM_{2,5} del 2016 rispetto all'anno precedente, la frazione di PM_{2,5} nel PM₁₀ si è ridotta dal 68 % al 64 %.

Grafico 4.2.3. PM_{2,5}- Confronto frazioni PM_{2,5} nel PM₁₀ anno 2015-2016



ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2016)

Si riportano di seguito le tabelle ed i grafici relativi agli andamenti delle medie annuali di PM 2.5 dal 2007 al 2015 per ogni stazione di rete regionale.

Tabella 4.2.4. PM_{2,5} Medie annuali - Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class. Zona stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Medie annuali in $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
					V.L. = $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$									
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	-	-	-	*	16	16	14	12	16	13
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	-	-	-	*	21	20	19	16	20	17
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	21	20	18	22	22	22	20	17	20	18
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	-	-	-	-	-	-	-	*	19	16
	SF	PT	Montale	PT-Montale	-	-	-	-	-	-	19	19	23	21
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	*	14	16	13
Zona costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	-	-	-	11	12	11	11	10	11	10
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	-	-	-	-	9	11	10
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	16	16	14	14	16	14	13	13	15	13
	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	-	-	-	-	-	-	-	-	*	14
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	-	-	-	-	-	-	-	14	18	16
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	-	-	-	-	-	-	-	21	25	21
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	-	-	-	-	-	-	-	-	*	18
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	-	-	-	16	18	16	16	14	17	14
Zona Collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	11	12	11	13	12

Gli andamenti delle medie annuali di PM_{2,5} registrate dalle stazioni di Rete Regionale nell'ultimo decennio mostrano un trend altalenante intorno a valori medi abbondantemente inferiori al limite del D.lgs 155/2010 per quasi tutte le stazioni di tipo traffico e fondo. L'unico sito presso il quale per un anno è avvenuto il raggiungimento del valore limite è quello di LU-Capannori (nel 2015 media annuale pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) che nel 2016 ha registrato una media annuale inferiore, pari al 84 % del VL.

Grafico 4.2.4. PM2.5 - Medie annuali - Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale.

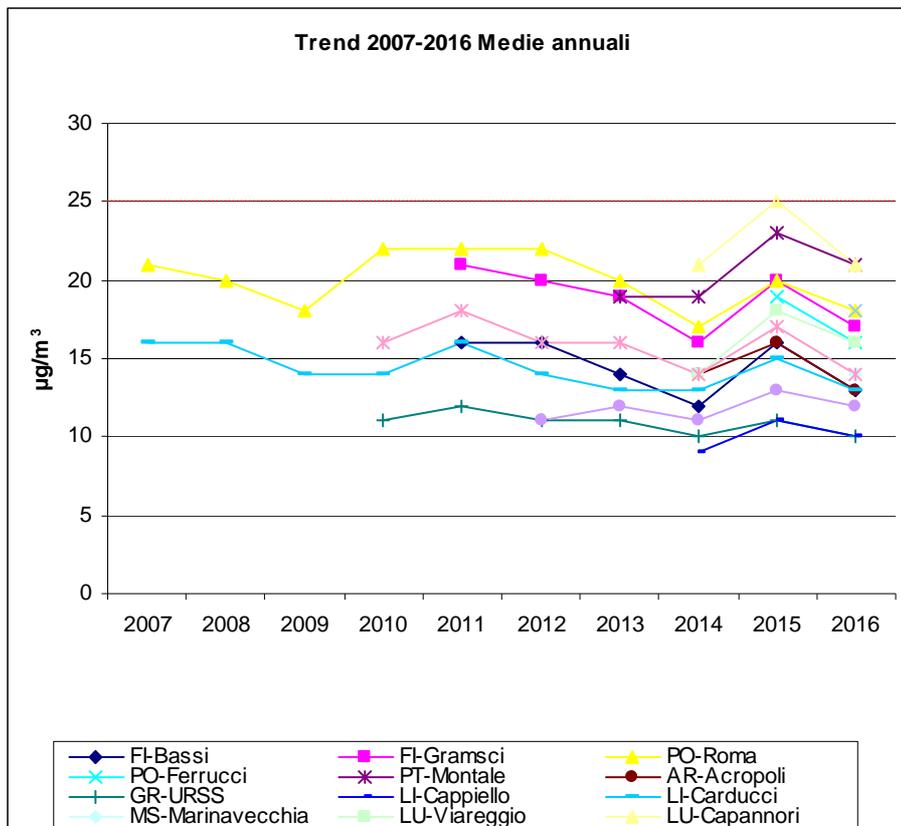
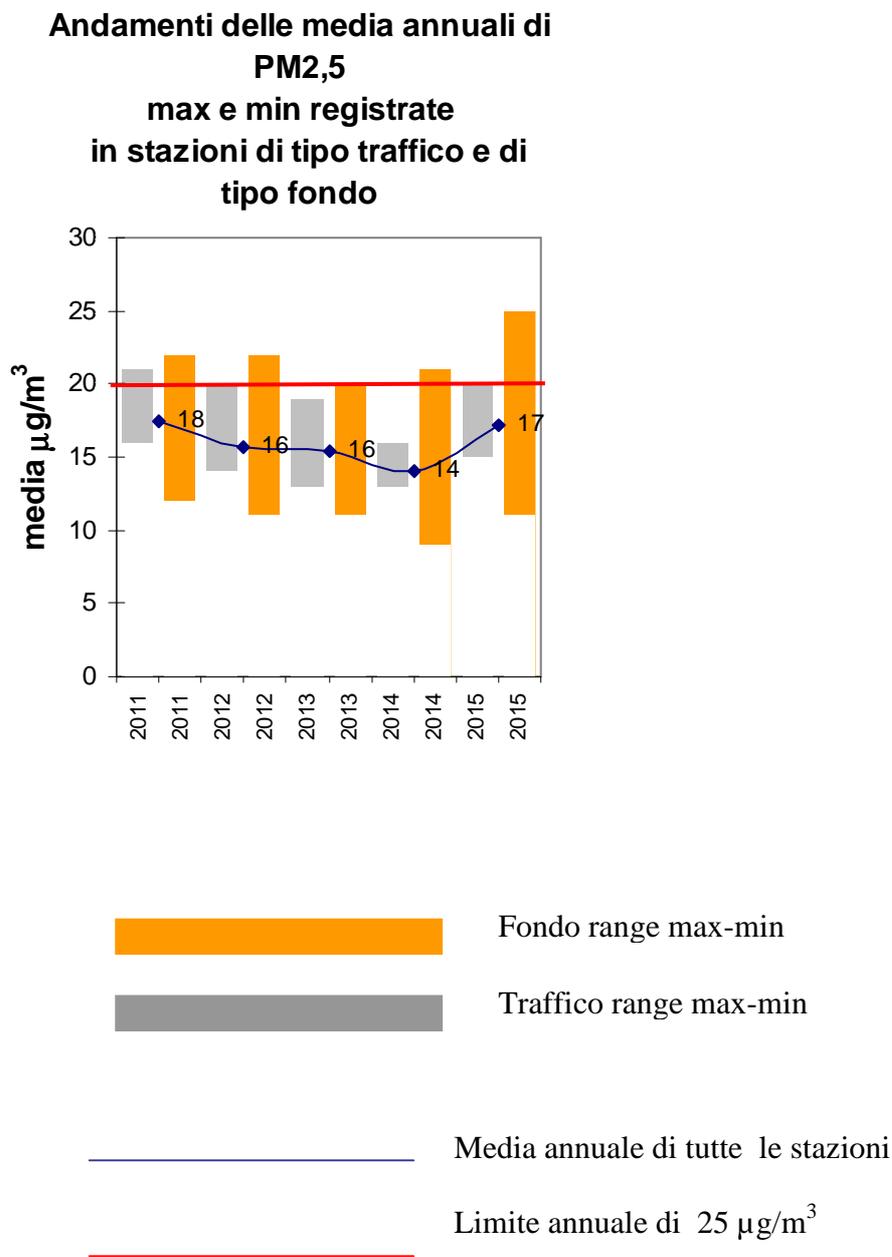


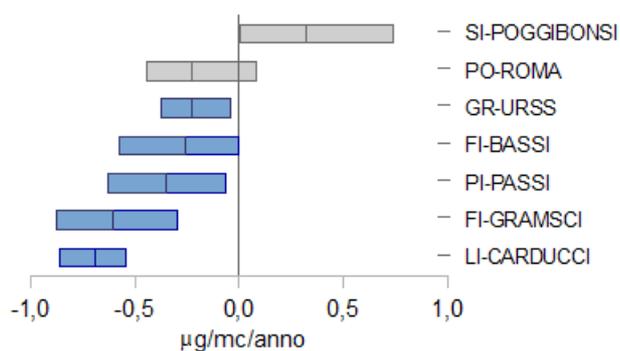
Grafico 4.2.5. PM2,5 – Andamenti del massimo e del minimo delle medie annuali dal 2007 al 2016 per tipologia di stazione.



STUDIO DEL TREND DEI LIVELLI DI CONCENTRAZIONE DEL MATERIALE PARTICOLATO PM2,5

Per quanto riguarda i livelli di concentrazione di PM 2,5 si osserva, per 4 su 7 stazioni analizzate, un trend decrescente statisticamente significativo (Figura 1); mentre per le altre tre stazioni (PO-Roma, FI-Bassi, SI-Poggibonsi) non è possibile individuare un trend statisticamente significativo. Il valore mediano dei trend decrescenti statisticamente significativi di PM2,5 è di $-0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno¹.

Grafico 4.2.6. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM2,5 (2003-2016)



Upper Slope Median Slope Lower Slope

La barra grigia/blu identifica l'intervallo di confidenza del 95%

¹ Viene riportata la mediana dei valori di slope per completezza di informazione ma tale valore non può essere considerato rappresentativo del trend regionale dell'inquinante.

4.3. NO₂ e NO_x

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2016 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per il biossido di azoto corrispondono al numero delle medie orarie con concentrazione superiore a 200 µg/m³ e alla media annuale, mentre per l'NO_x corrisponde alla media annuale.

Tabella 4.3.1. NO₂ - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2016

Zona	Class Zona stazione	Prov	Comune	Nome stazione	N° medie orarie > 200 µg/m ³	V.L.	Media annuale (µg/m ³)	V.L.
Aglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	0	18	23	40
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	0		65	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	0		41	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	0		28	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	0		21	
	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	0		9	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0		31	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	0		31	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	0		24	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	0		19	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0		18	
	UF	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	*		*	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	*		*	
Zona Costiera	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	0		3	
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0		16	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	0		37	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		16	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	0		33	
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0		21	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0		15	
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0		14	
	UF	MS	Carrara	MS- Colombarotto	0		18	
	UT	MS	Massa	MS- Marinavecchia	0		21	
Zona	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	0		28	
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	0		26	
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	0		26	
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	0		28	
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	0		10	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	0		19	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	0		36	
Zona collinare e montana	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce Coop	0		25	
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0		17	
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	0		37	

UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	0		13	
SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0		5	
R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0		2	
Media annuale complessiva Rete Regionale						23	
Media annuale stazioni di tipo fondo urbano e suburbano						18	
Media annuale stazioni di tipo traffico urbano						36	

*efficienza minore del 90 %, AR Repubblica: 0 superamenti, media – 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, FI-Figline 0 superamenti, media – 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il valore limite relativo all'indicatore della media annuale del biossido di azoto, fissato dal D.Lgs. 155/2010 pari a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, è stato superato soltanto in due delle 34 stazioni della Rete Regionale attive e la concentrazione media regionale, pari a 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, risulta inferiore alla media dell'anno precedente di 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il valore medio annuale registrato presso le stazioni di traffico è stato di 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il valore medio delle stazioni di fondo è stato di 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le concentrazioni più elevate sono state registrate, come lo scorso anno, presso le stazioni di traffico, con la sola eccezione della stazione urbana-fondo di PO-Roma (media 2016 pari a 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

I due superamenti del limite di normativa, analogamente a quanto avvenuto lo scorso anno, riguardano le stazioni di traffico del Comune di Firenze, FI-Gramsci e FI-Mosse, che hanno registrato medie pari a 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

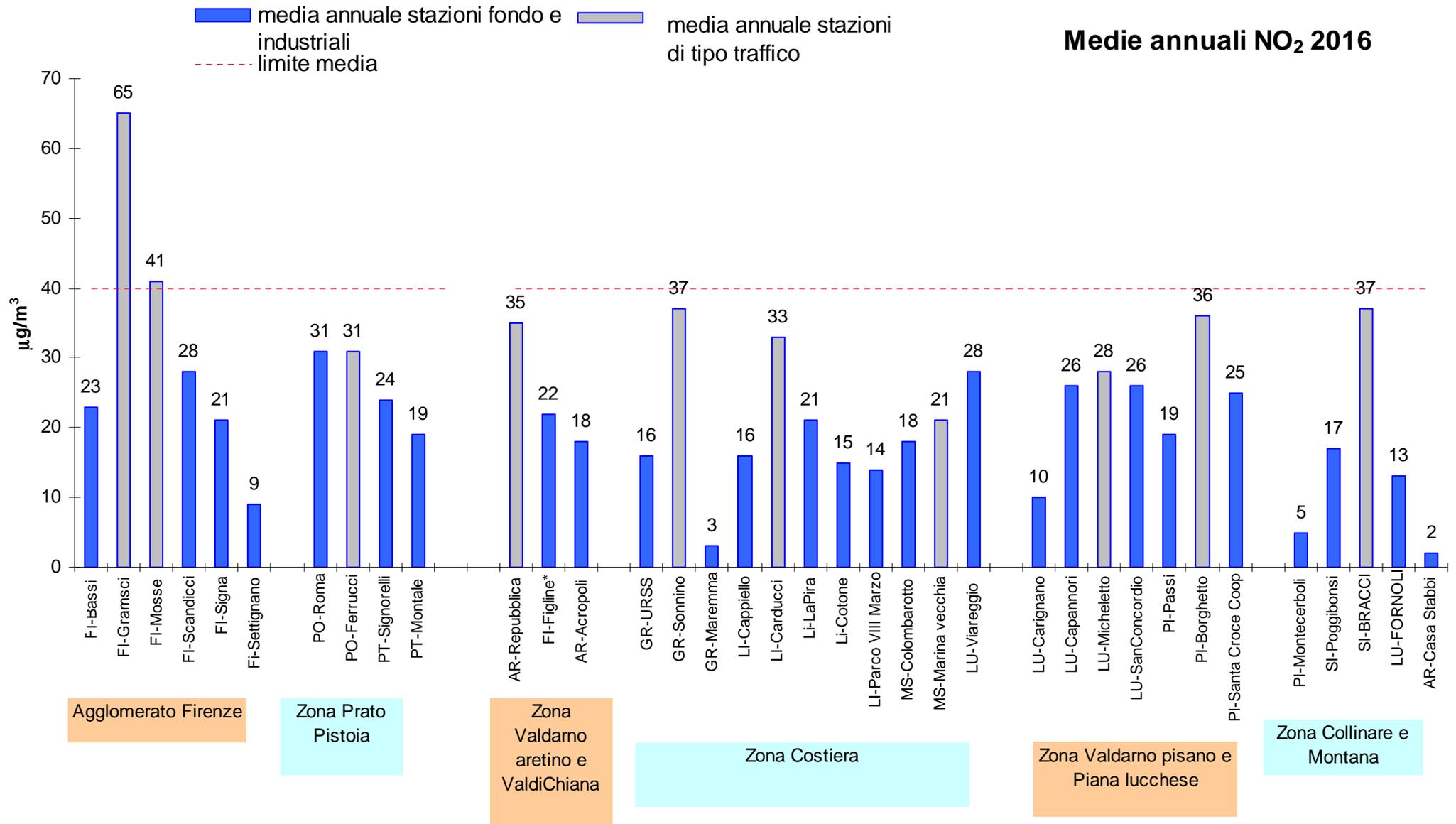
Il limite di 18 superamenti della media oraria di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è invece stato rispettato in tutte le stazioni di Rete Regionale e non si sono verificati episodi di superamento del valore limite orario.

Il valore guida definito dall'OMS¹ per NO₂ è la media annua di concentrazione pari a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e un valore orario di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il quale non sono ammessi superamenti nell'arco dell'anno.

Confrontando per questo parametro i valori registrati nel 2016 dalle stazioni si ottiene:

- circa il 95 % delle medie annuali di NO₂ hanno rispettato la soglia dell'OMS come media annuale;
- la stazione di FI-Mosse presenta una media annuale superiore di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alla soglia mentre la media di FI-Gramsci è nettamente superiore al valore dell'OMS superato di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (162 % della soglia);
- il 100 % delle stazioni non ha registrato alcun superamento superamenti del valore orario rispettando pienamente le indicazioni dell'OMS.

Grafico 4.3.1- Biossido di azoto- medie annuali 2016

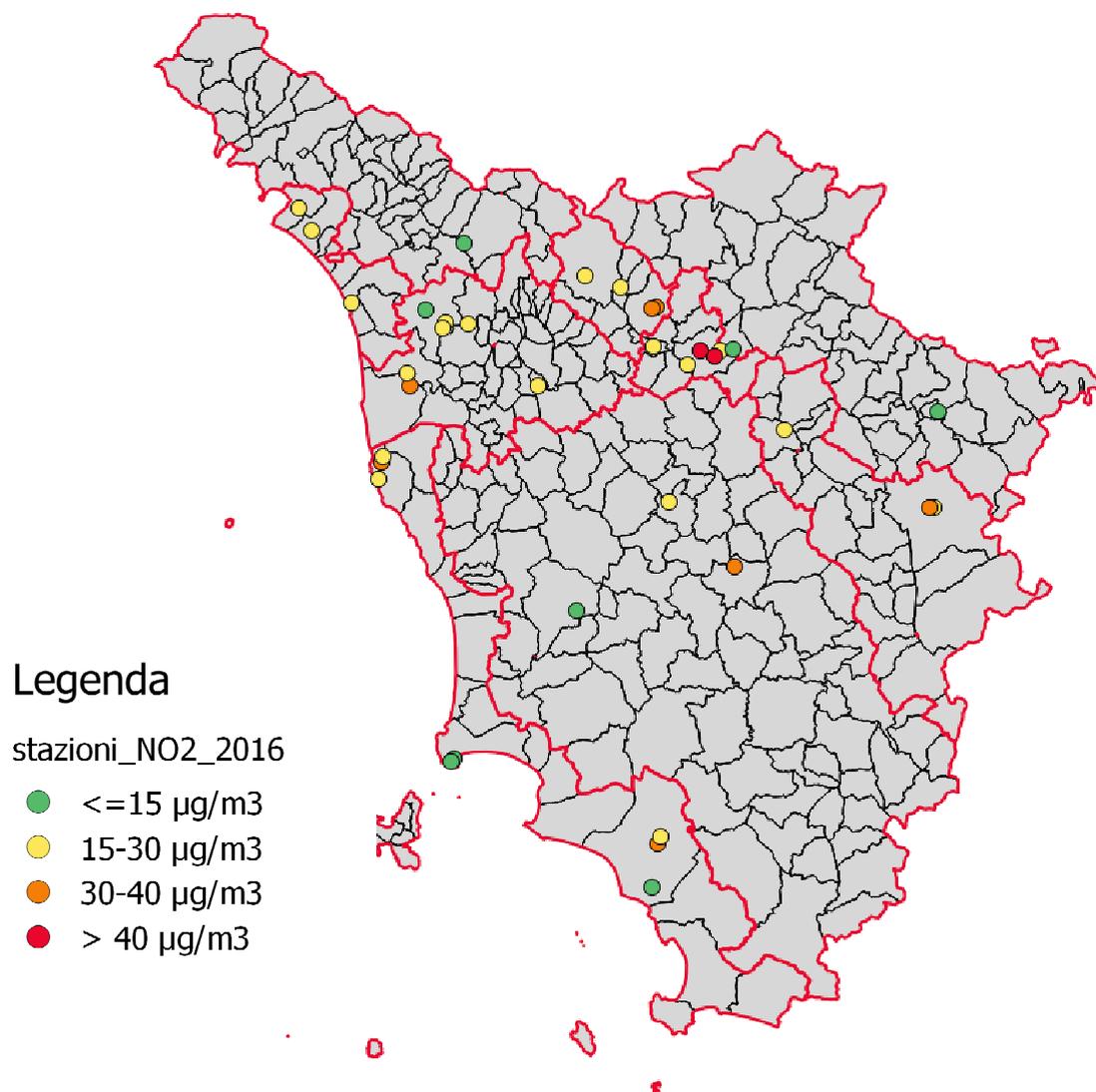


* la serie di FI-Figline non è valida, dato indicativo

Analizzando le medie annuali 2016 delle stazioni di fondo zona per zona, senza prendere in considerazione le stazioni situate in siti rurali, si ottiene che:

- il fondo medio di NO₂ più elevato si trova nei territori della Zona PO-PT (25 µg/m³) , Agglomerato di Firenze (24 µg/m³) e Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese (24 µg/m³);
- la situazione toscana intermedia di concentrazioni di fondo si trova nella Zona Costiera (19 µg/m³) e Zona del Valdarno aretino e Valdichiana (20 µg/m³);
- il territorio con valori di fondo di NO₂ mediamente più bassi è quello della Zona collinare e Montana (media zona 12 µg/m³).

Figura 4.3.1. Medie annuali di NO₂ per stazione.



Le distribuzioni statistiche dei dati orari di NO₂ delle stazioni di rete regionale presentano una variabilità maggiore rispetto a quanto osservato per le medie giornaliere di PM10 e di PM2,5.

La barra rettangolare che rappresenta il range dal 25° al 75° percentile e che quindi racchiude i valori di concentrazione media del 50 % dei valori orari dell'anno varia significativamente per ampiezza. Per le stazioni di traffico la barra è piuttosto ampia con range compreso tra 24 e 40 µg/m³. Per le stazioni di tipo fondo invece le barre sono meno estese con range minimo di estensione pari a 2 µg/m³ per le stazioni rurali di GR-Maremma e di AR-Casa Stabbi ed un massimo di 29 µg/m³ per PO-Roma.

I baffi ai due lati della barra rappresentano il campo di variazione dei valori orari nell'arco dell'anno. Entrambi i baffi sono più ampi nelle stazioni di tipo traffico con:

- il 1° quartile dei valori compresi tra 14 e 44 µg/m³ per le stazioni di tipo traffico e compreso tra 1 e 14 µg/m³ per le stazioni di fondo;
- il 4° quartile molto ampio per le traffico in particolare ma piuttosto esteso per quasi tutte le stazioni, contenuto solo nelle due stazioni rurali di GR-Maremma e di AR-Casa Stabbi.

La media annuale delle concentrazioni è superiore alla mediana per tutte le stazioni, con differenza tra media e mediana più marcata per le stazioni con maggiore variabilità nella distribuzione delle concentrazioni.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2016)

Tabella 4.3.2. Biossido di azoto – Medie annuali - Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class. Zona stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Medie annuali in $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
					V.L. = $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$									
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agglomerato Firenze	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	16	16	16	13	13	14	10	8	10	9
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	46	50	45	34	38	30	23	22	25	23
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	83	92	98	102	103	82	62	65	63	65
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	67	68	*	87	67	67	59	45	46	41
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	44	40	38	34	33	33	29	28	30	28
	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	-	-	21	24	21
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	-	36	33	30	32	36	33	27	32	31
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	*	*	45	48	*	*	27	34	32	31
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	23	27	30	26	26	25	25	23	25	24
	SF	PT	Montale	PT-Montale	24	21	24	26	20	17	18	15	20	19
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	20	24	22	22	25	24	20	17	18	18
	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	46	50	46	45	48	44	39	39	40	35*
Zona costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	*	21	22	20	19	20	20	20	16	16
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	43	43	44	54	47	40	-	-	-	37
	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	-	-	-	5	3	5	5	4	3	3
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	24	21	*	-	*	26	29	19	19	16
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	49	53	56	44	48	60	50	41	40	33
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	-	-	-	*	23	21
	SI	LI	Piombino	Li-Cotone	23	24	24	19	18	17	16	17	17	15
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	-	-	-	*	15	14
	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	-	-	-	-	-	-	-	-	*	21
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	-	21	27	34	24	*	20	18	21	18
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	60	50	37	34	32	38	26	26	31	28
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	*	41	43	32	35	38	27	26	29	26
	UF	LU	Lucca	LU-SanConcordio	-	-	-	-	-	-	-	-	*	26
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	-	-	-	35	35	37	30	30	33	28
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	-	-	-	-	*	14	13	10	12	10
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	22	21	20	19	21	21	20	16	21	19
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	40	36	39	39	43	37	36	33	37	36
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	29	25	29	29	25	28	28	23	25	25
Zona Collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	21	19	20	18	18	17
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	-	-	-	*	39	37

	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	-	-	-	*	21	17	15	12	13	13
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	-	-	-	-	-	*	5	9	9	5
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	6	7	7	6	5	5	3	2	2	2

* efficienza minore del 90%

- parametro non attivo

Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti delle medie annuali di NO₂ dal 2007 al 2016 per ogni stazione di rete regionale, suddivisi per zone.

Il trend delle medie annuali degli ultimi anni tende alla diminuzione e il numero di stazioni che supera il valore limite per la media annuale è diminuito nel corso degli anni; rimane soltanto la criticità delle due stazioni nel centro urbano di Firenze.

Grafico 4.3.4. Biossido di azoto – Medie annuali - Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale.

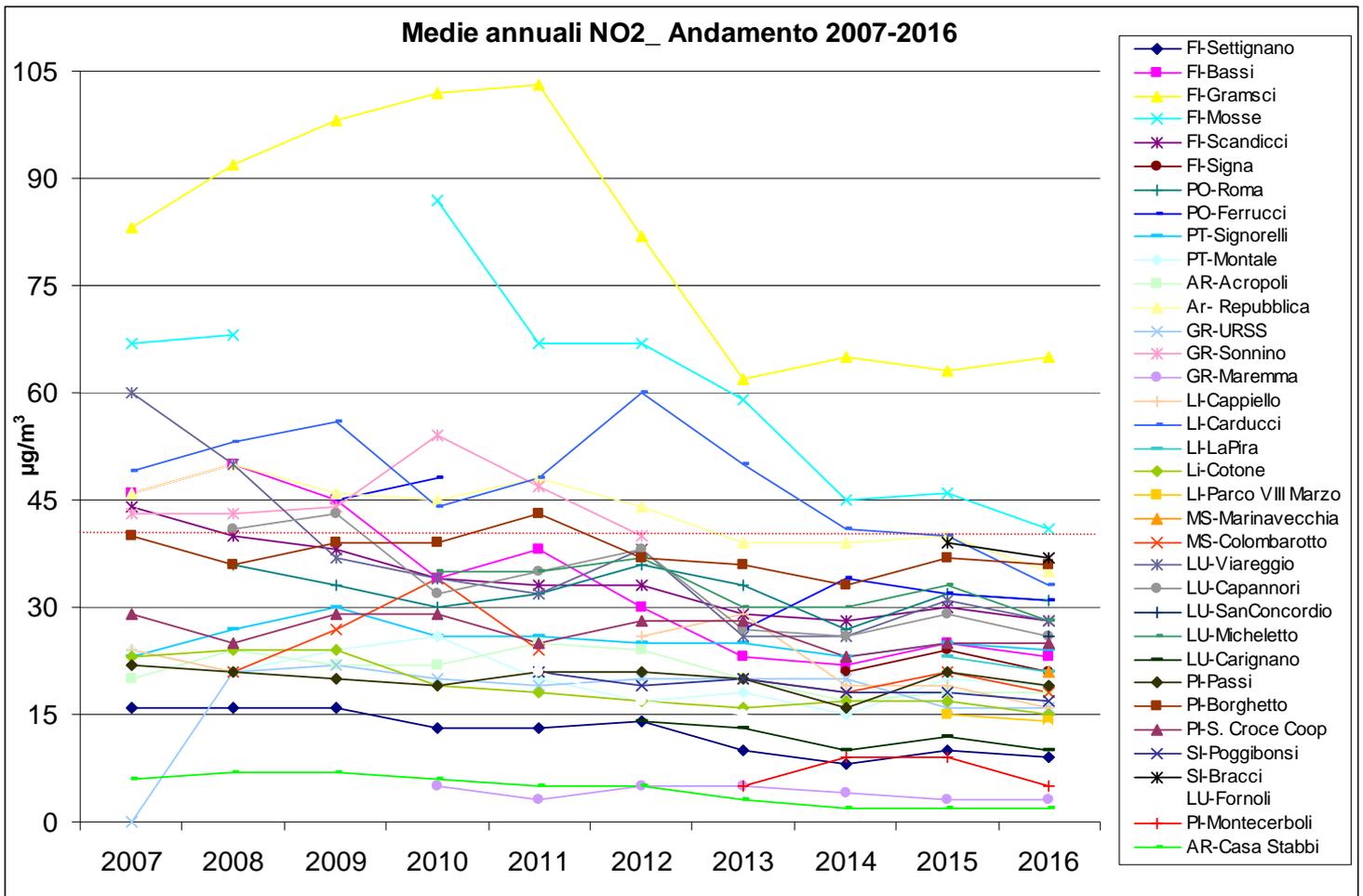


Grafico 4.3.5. Biossido di azoto – Medie annuali - Andamenti 2007-2016 zona per zona.

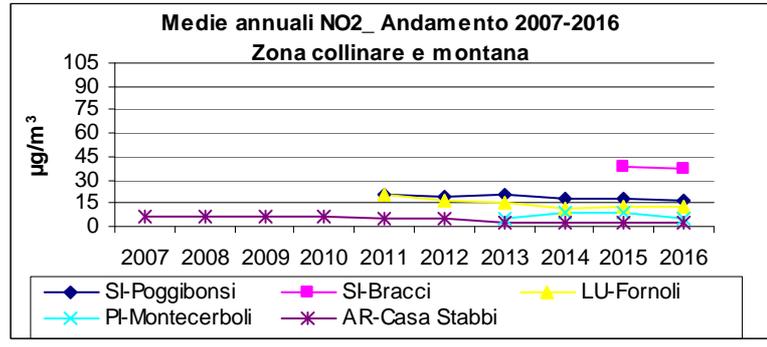
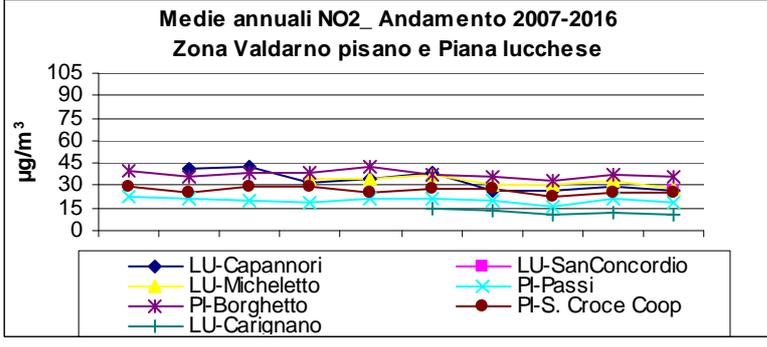
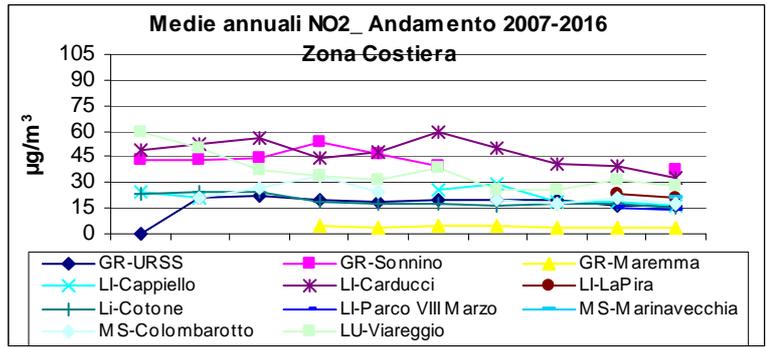
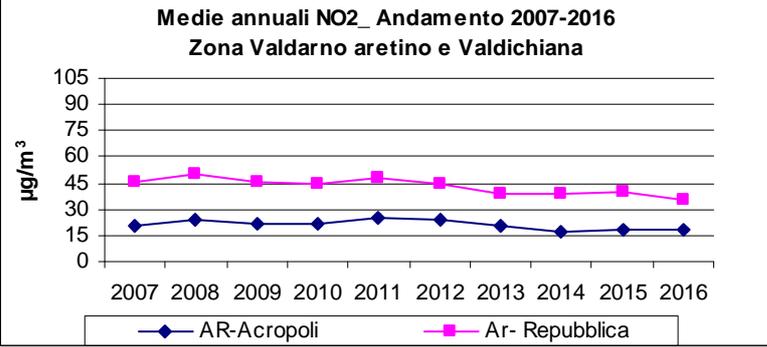
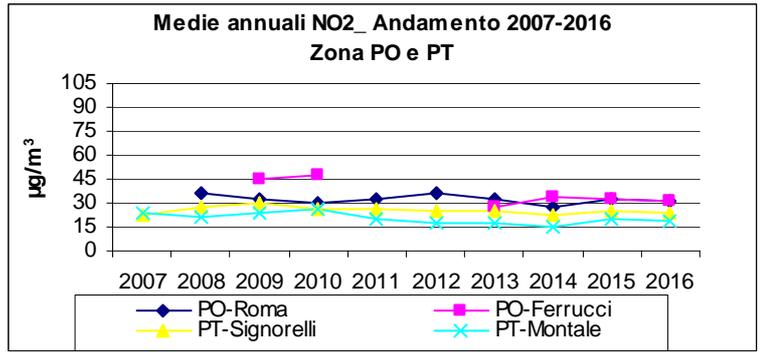
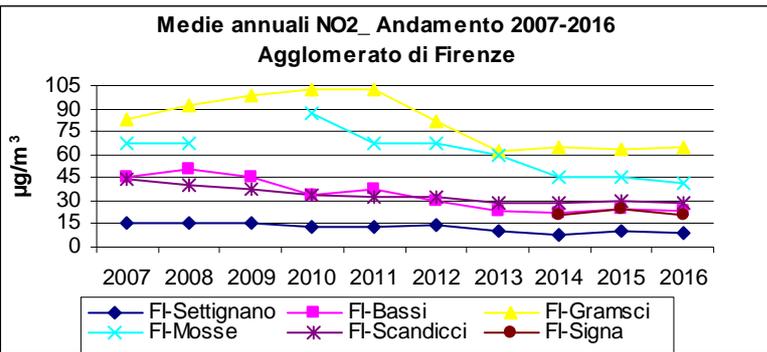
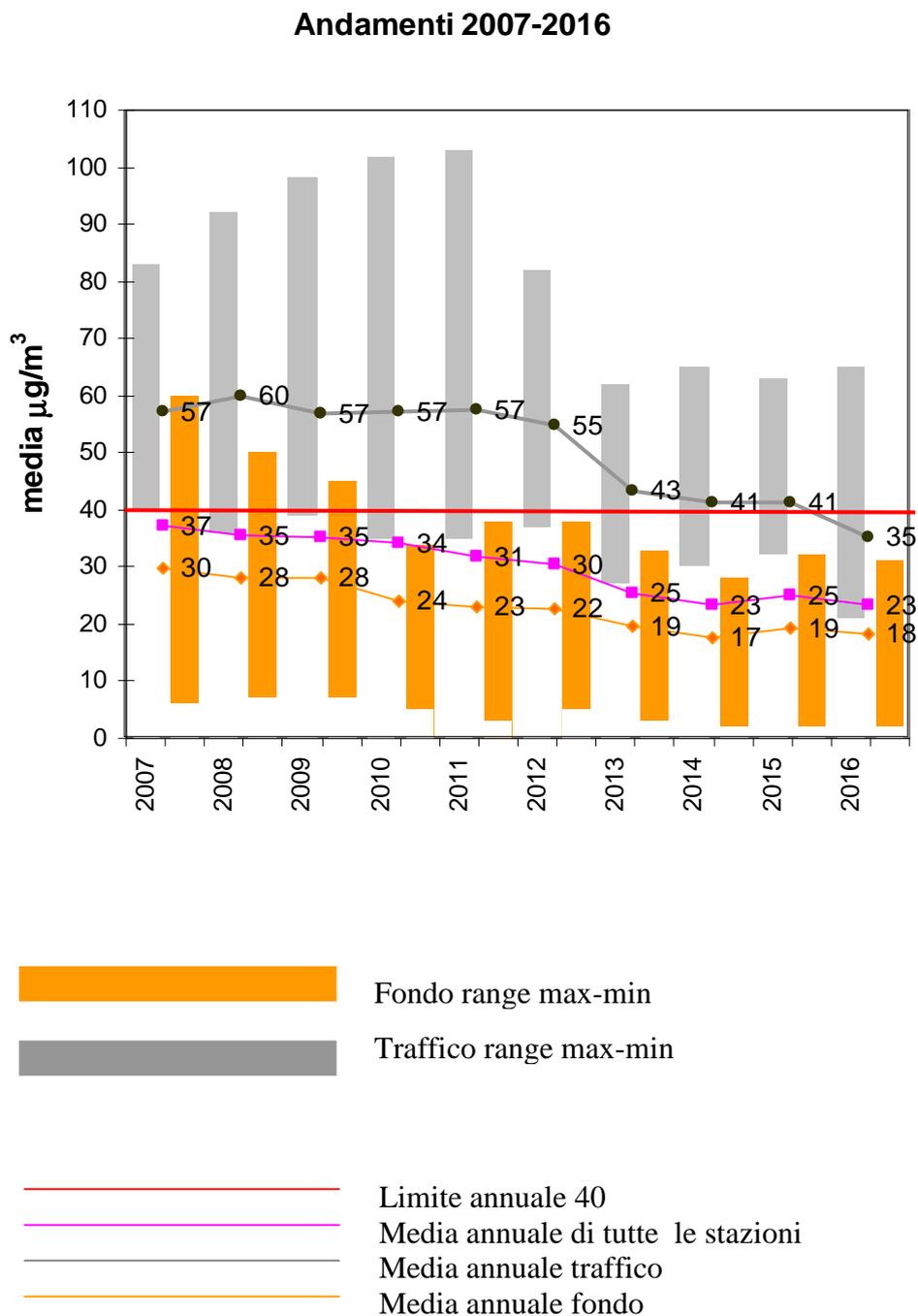


Grafico 4.3.6. NO₂ – Andamenti della concentrazione media annuale dal 2007 al 2016 per tipologia di stazione.



Questo grafico mostra la differenza netta di valori di concentrazioni di biossido di azoto misurata presso i siti di fondo e presso i siti di traffico. Presso i siti di fondo (barre arancioni) le medie annuali registrate dalle stazioni di rete regionale sono dal 2010 tutte ampiamente inferiori al limite di legge, mentre presso i siti di traffico (barre grigie) tutte le medie sono caratterizzate da valori elevati, con valori massimi ben lontani dal rispetto del valore limite.

Tabella 4.3.3. NOx - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2016.

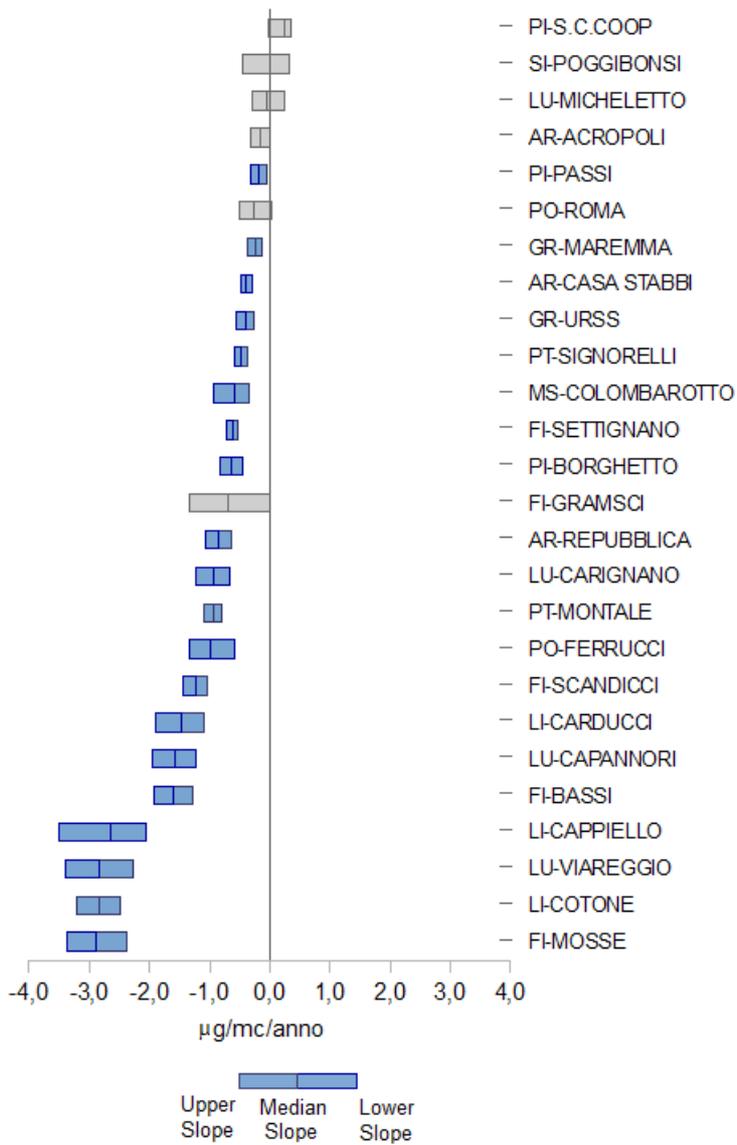
Zona	Class. Zona	Class. Stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Zona collinare e montana	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	4	30

Questo indicatore viene calcolato solo per le stazioni che rispettano i parametri di rappresentatività per la protezione della vegetazione. In Toscana l'unica stazione che rispetta il criterio è la rurale fondo di Chitignano, presso la quale i valori di NOx sono costantemente a livelli molto inferiori al valore limite.

STUDIO DEL TREND DEI LIVELLI DI CONCENTRAZIONE DI BISSIDO DI AZOTO

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003–2016 mostra un trend decrescente statisticamente significativo per circa il 70 % delle stazioni di fondo della rete regionale di monitoraggio. Anche l'andamento della serie storica dei livelli di concentrazione di biossido di azoto (NO_2) in stazioni di tipo traffico/industriale è di tipo decrescente in quasi tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio (6 stazioni su 8); solo due stazioni non presentano un trend statisticamente significativo (FI-Gramsci e LU- Micheletto). Il valore mediano dei trend decrescenti statisticamente significativi di NO_2 è di $-0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno¹ con variazioni anche significative tra le varie zone.

Grafico 4.3.7. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di NO₂(2003-2016)



¹Viene riportata la mediana dei valori di slope per completezza di informazione ma tale valore non può essere considerato rappresentativo del trend regionale dell'inquinante.

4.4. Ozono

Gli indicatori elaborati sui dati di ozono misurati sono stati confrontati con i parametri indicati dalla normativa (allegati VII e VIII del D.Lgs.155/2010 e s.m.i.):

- valore obiettivo per la protezione della salute umana -N° medie massime giornaliere di 8 ore superiori a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, l'indicatore è dato dalla media dei valori degli ultimi tre anni;
- valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 - somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tra maggio e luglio, rilevate ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00, l'indicatore è dato dalla media dei valori degli ultimi cinque anni;
- superamenti della soglia di informazione pari alla media oraria di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- superamenti della soglia di allarme pari alla media oraria di $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 4.4.1. O3 - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2016.

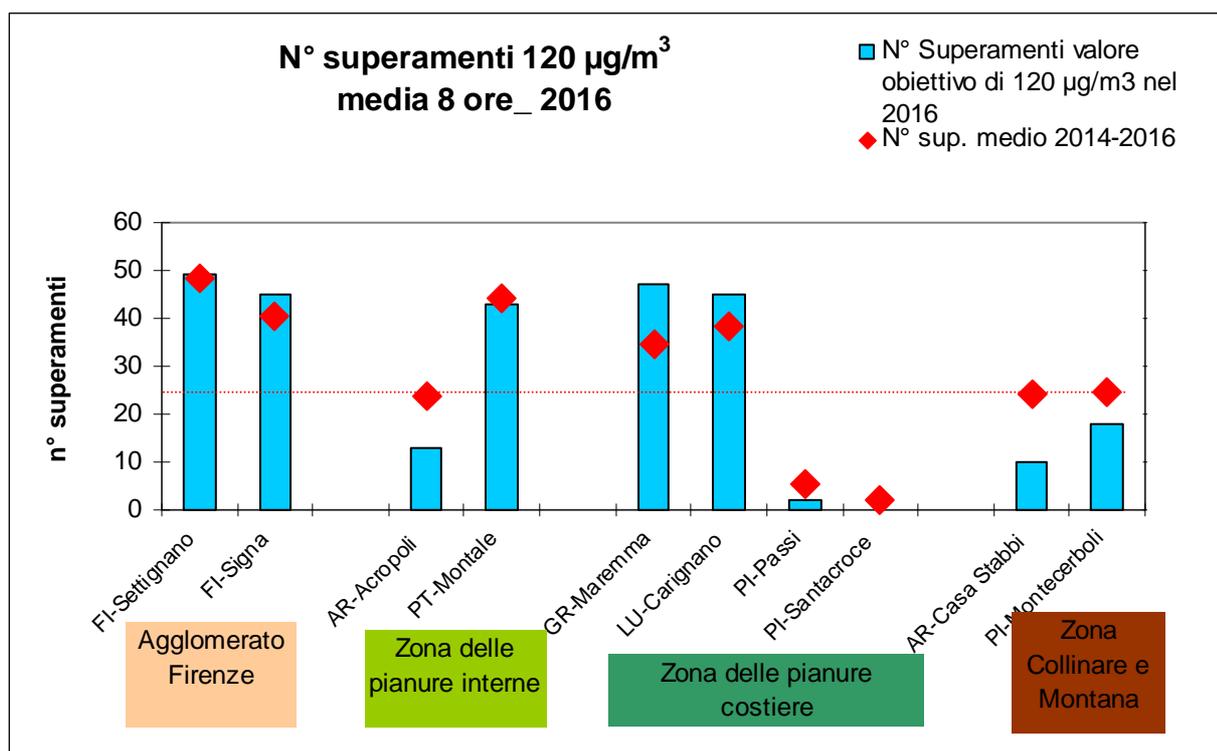
Zona	Class. stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	N° medie su 8 ore massime giornaliere $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$		AOT40 Maggio/Luglio		
					Valore obiettivo per la protezione della salute umana: max 25 superamenti media tre anni		Valore obiettivo per la protezione della vegetazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$): 18000 media cinque anni		
					2016	Media 2014-2016	2016	Media 2012-2016	2012-2016
Agg. Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	49	48	27176		27078
	U	FI	Signa	FI-Signa	45	40	26505		26930
Zona pianure interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	13	24	16070		21757
	S	PT	Montale	PT-Montale	43	44	24538		23410
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	47	36	29577		26314
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	45	38	22315		23533
	S	PI	Pisa	PI-Passi	2	5	9549		12978
	S	PI	Sanra Croce sull'Arno	PI-Santacroce	0	2	5590		8153
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	10	24	11967		20446
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	18	25	17341		27010

Per quanto riguarda l'Ozono le elaborazioni dei dati del 2016 mostrano che nei confronti del valore obiettivo per la protezione della popolazione la situazione della Regione Toscana si conferma critica. Per quanto riguarda i superamenti delle soglie di informazione e di allarme per l'Ozono, si sono verificati 6 superamenti del valore soglia di informazione di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ presso la stazione di FI-Settignano.

Nel 2016 in 5 stazioni su 10 si sono verificati più di 25 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana, indicato dal D.lgs 155/2010 come media trascinata giornaliera di 8 ore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superarsi per più di 25 volte nell'anno come media degli ultimi tre anni.

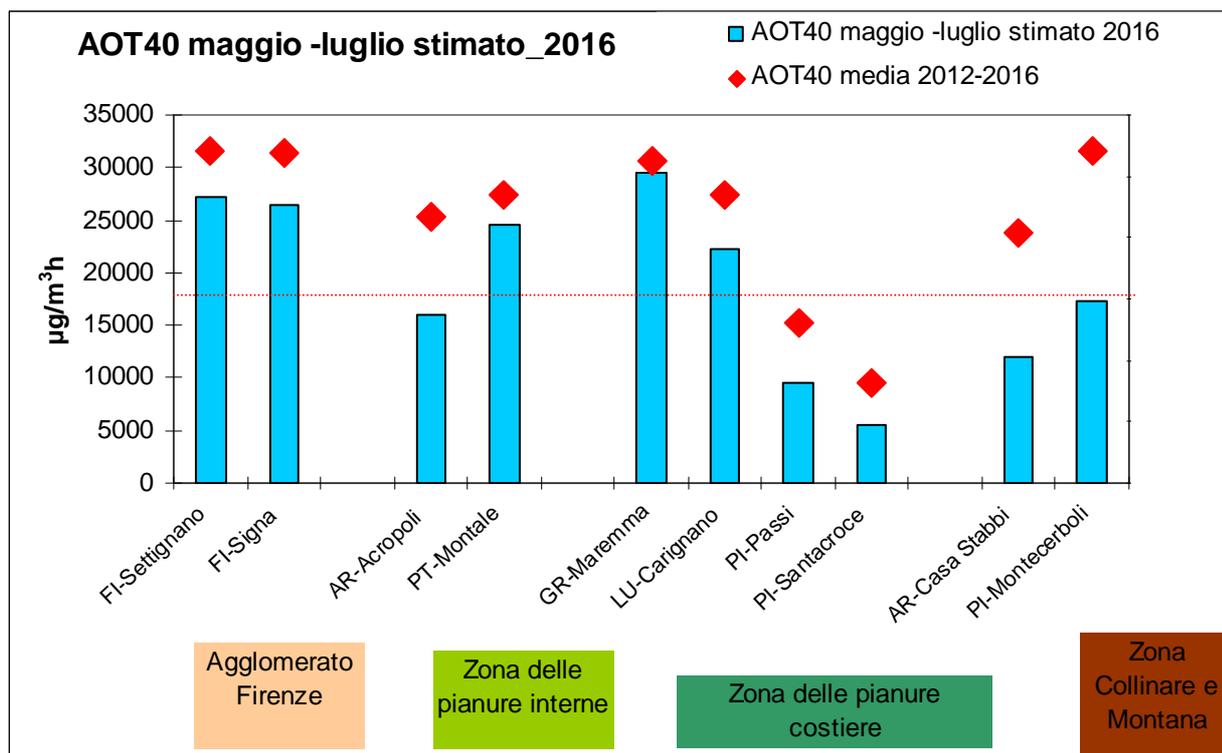
Gli indicatori calcolati come media dei superamenti avvenuti negli ultimi tre anni sono superiori nel 50 % delle stazioni. La situazione è particolarmente critica in tutte le zone toscane: Agglomerato di Firenze, Zona della Pianure Interne e Zona delle Pianure Costiere.

Grafico 4.4.1. O3_Indicatori di ozono 2016: Obiettivo per la protezione della popolazione



Per quanto riguarda il valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40, la situazione nei confronti del limite del D.Lgs155/2010 è ancora più critica con il 50 % dei siti presso i quali nel 2016 l'AOT40 è superiore a 18000 e l'80 % dei valori degli indicatori che non rispettano il limite di normativa.

Grafico 4.4.2. O3_Indicatori di ozono 2016: Obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40



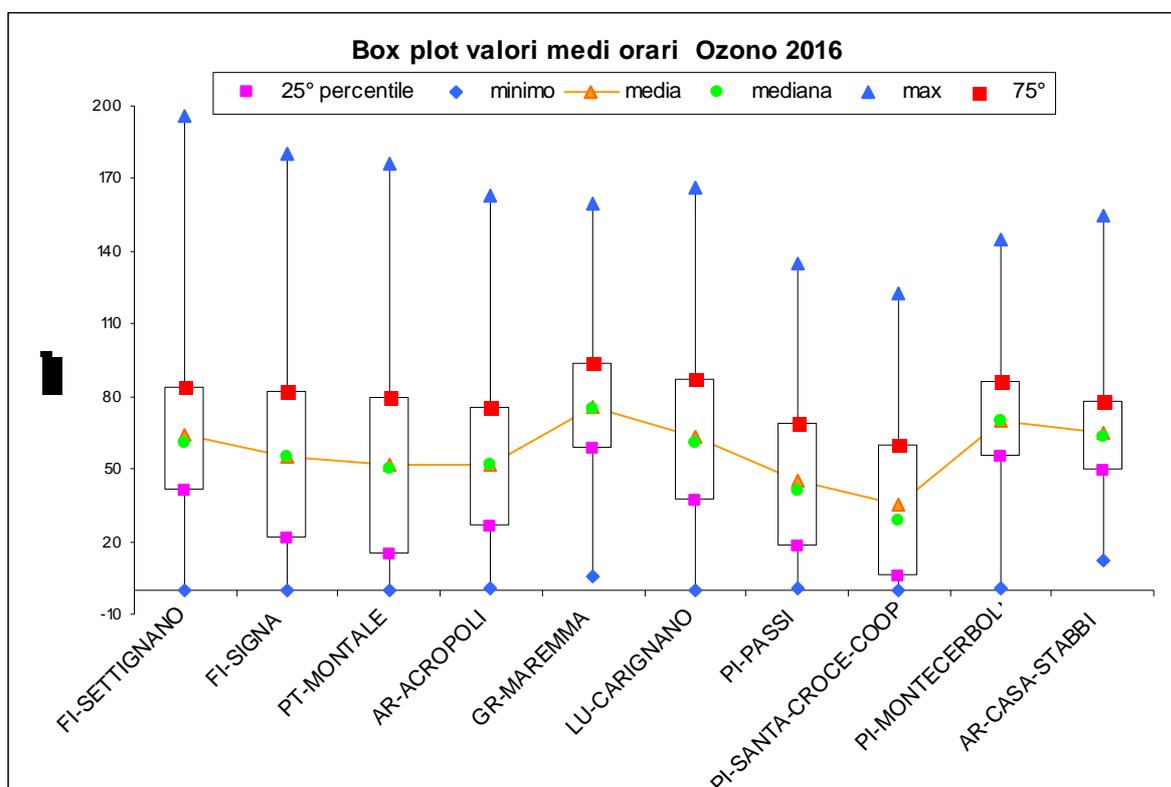
L'OMS per O₃ indica:

- massima media mobile giornaliera sulle 8 ore pari a 100 µg/m³, per la quale non sono ammessi superamenti nell'arco dell'anno.

Confrontando per questo parametro i valori registrati nel 2016 dalle stazioni di RR si ottiene che il 100 % cento delle stazioni non rispetta il valore guida.

Sono stati calcolati alcuni valori statistici di base sui valori orari di ozono registrati durante l'anno e sono stati elaborati i grafici box plot relativi.

Grafico 4.4.3. Box plot dei valori medi orari di ozono registrati nel 2016.



Il grafico mostra che i valori medi orari di ozono registrati si distribuiscono, rispetto a quanto osservato per PM e per NO₂, in maniera più uniforme in tutto il range di concentrazione. La barra rettangolare comprende i valori del secondo e terzo quartile e racchiude il range del 50% delle concentrazioni medie orarie registrate nell'arco dell'anno, essa è ampia per tutte le stazioni con estensione minima pari a 29 µg/m³ per AR-Casa Stabbi e estensione massima pari a 65 µg/m³ per PT-Montale .

I baffi ai lati della barra rettangolare racchiudono l'intero range di concentrazioni orarie registrate nell'arco dell'anno. Per tutte le stazioni questo range è molto esteso con:

- minimi inferiori o uguali ad 1 µg/m³ per tutte le stazioni (leggermente superiori solo per le due stazioni RF che hanno minimo pari a 6 µg/m³ per GR-Maremma ed a 12 µg/m³ per AR-Casa Stabbi);
- massimi medi orari piuttosto elevati per tutte le stazioni con massimo di 196 µg/m³ registrato a FI-Settignano e minimo 123 µg/m³ registrato a PI-SantaCroce.

Anche il primo quartile abbraccia un intervallo piuttosto ampio, eccetto per la stazione di PI-SantaCroce presso la quale il 25 % delle concentrazioni orarie è stato inferiore a 6 µg/m³ Il baffo del quarto quartile è esteso per tutte le stazioni, esso rappresenta il 25 % dei valori orari più elevati e copre un range da 59 µg/m³ a 112 µg/m³. La media e la mediana hanno valori molto simili per tutte le stazioni, in tre casi il valore della media coincide con il 50° percentile, negli altri la differenza è compresa tra 1 e 4 µg/m³. La differenza massima tra media e mediana è pari a 6 µg/m³ ed è relativa alla stazione di PI-SantaCroce.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2016)

Si riportano in tabella i trend degli indicatori di Ozono calcolati dal 2007 al 2015.

Tabella 4.4.2. O3 – Valore obiettivo per la protezione della salute umana_ Andamenti 2007-2016 n° superamenti per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class. stazione	Provincia	Comune	Nome stazione	N° medie su 8 ore massime giornaliere >120 µg/m ³							
					Valore obiettivo per la protezione della salute umana limite 25 superamenti come media di tre anni							
					media 2007-2009	media 2008-2010	media 2009-2011	media 2010-2012	media 2011-2013	media 2012-2014	Media 2013-2015	Media 2014-2016
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	59	42	41	43	43	36	42	48
	U	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	-	38	40
Zona pianure interne	S	PT	Montale	PT-Montale	52	60	58	47	33	22	35	44
	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	16	11	8	32	37	30	25	24
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	5	12	13	25	26	28	29	36
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	38	24	30	36	43	34	40	38
	S	PI	Pisa	PI-Passi	14	12	9	9	16	13	15	5
	S	PI	Sanra Croce sull'Arno	PI-Santacroce					5	4	4	2
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	17	11	21	40	41	32	23	24
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	28	29	35	52	54	49	36	25

Come evidente dai dati in tabella, i valori di concentrazione di ozono in Toscana si sono mantenuti elevati e critici per tutto l'ultimo decennio. Il trend degli indicatori calcolati sui dati di ozono dell'ultimo decennio ha un andamento altalenante con un lieve miglioramento per le stazioni della Zona Collinare e Montana.

Grafico 4.4.3. O3_Andamenti 2007- 2016. N° superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.

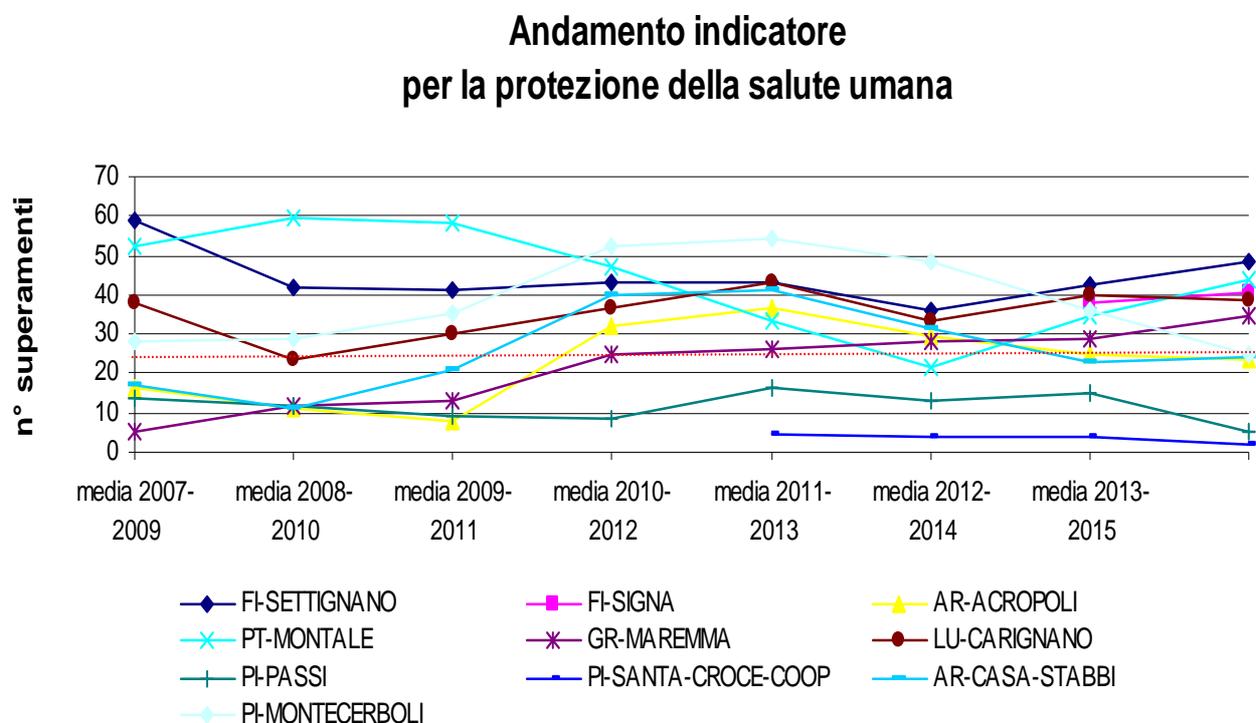
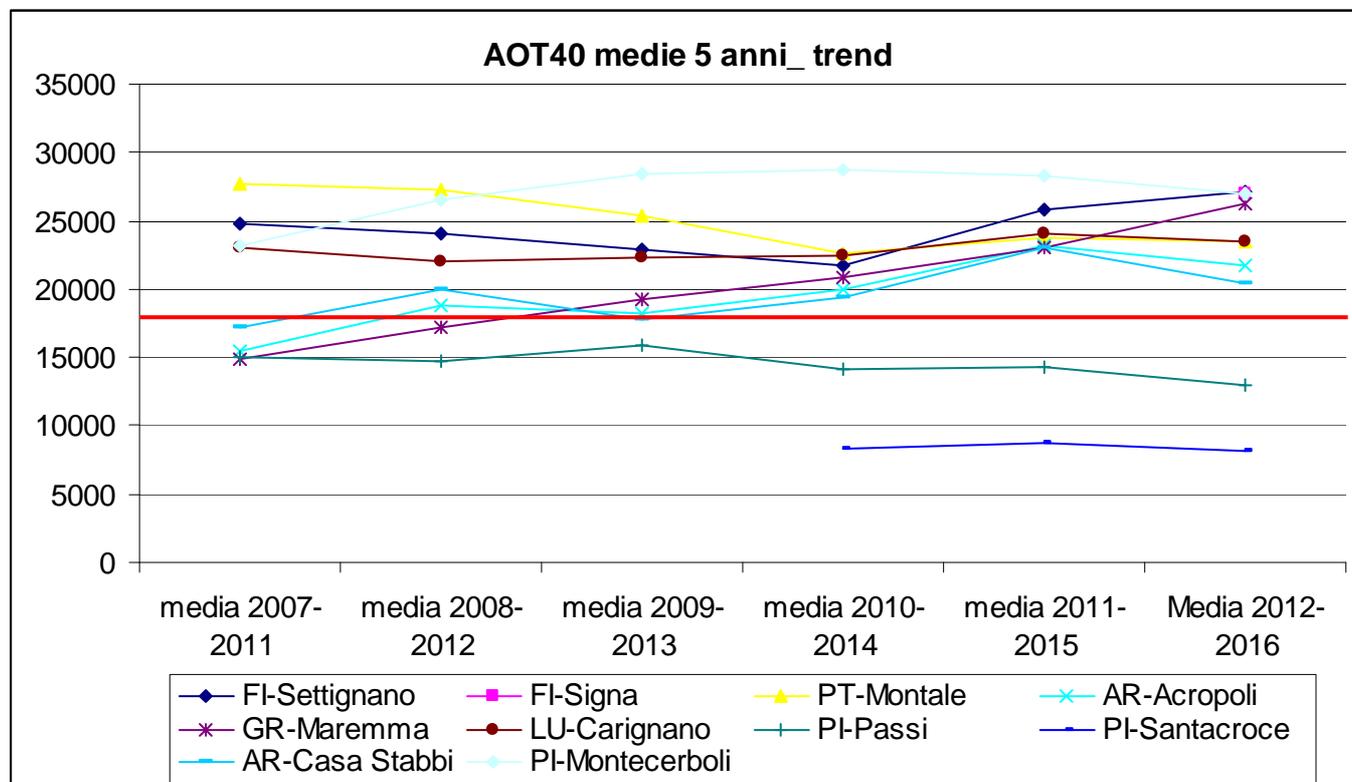


Tabella 4.4.3. O3 - Valore obiettivo per la protezione della vegetazione_ Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class. stazione	Provincia	Comune	Nome stazione	AOT40 Maggio/Luglio					
					Valore obiettivo per la protezione della vegetazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$) limite 18000 come media su 5 anni					
					media 2007-2011	media 2008-2012	media 2009-2013	media 2010-2014	media 2011-2015	Media 2012-2016
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	24736	24011	22938	21693	25748	27078
	U	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	26930
Zona pianure interne	S	PT	Montale	PT-Montale	27715	27325	25352	22585	23746	23410
	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	15458	18749	18252	19952	23179	21757
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	14857	17186	19254	20830	23053	26314
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	23044	22020	22300	22420	24075	23532
	S	PI	Pisa	PI-Passi	15084	14792	15871	14177	14229	12978
	S	PI	Sanra Croce sull'Arno	PI-Santacroce	-	-	-	8249	8793	8153
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	17271	19945	17784	19429	23101	20446
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	23214	26603	28371	28747	28344	27010

Nei confronti del limite per la protezione della vegetazioni , il trend degli indicatori calcolati sui dati di ozono mostra una situazione ancora più critica con costanti superamenti del parametro di riferimento e valori di AOT40 ben lontani dal rispetto del limite per la maggior parte del territorio.

Grafico 4.4.4. O3 _Andamenti 2007- 2016. AOT40



Dalle elaborazioni dei dati relativi alle concentrazioni di ozono registrati nel 2016 presso le dieci stazioni di rete regionale, si evince che il rispetto dei limiti normativi dell'ozono è critico in tutta l'area della Toscana.

E' quindi confermata la criticità per questo inquinante.

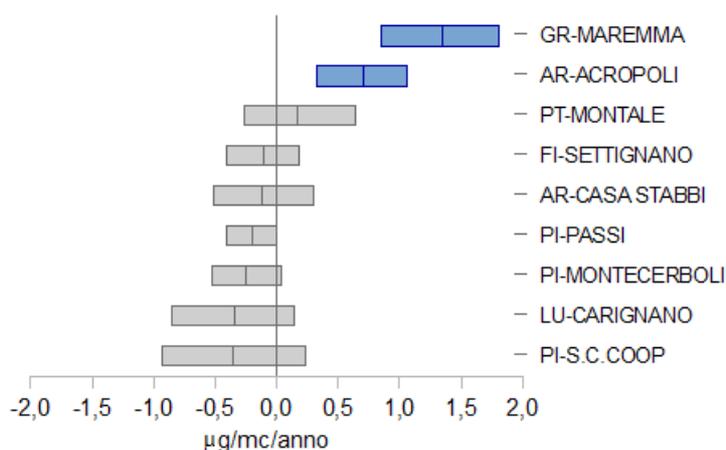
Nel periodo da maggio a settembre ARPAT, oltre alla pubblicazione quotidiana del bollettino regionale ozono, realizza con il Consorzio LAMMA giornalmente un pagina web che riporta su mappa le concentrazioni di ozono registrate in Toscana dalla Rete Regionale di rilevamento in base alla rappresentatività delle singole stazioni. La mappa riporta i livelli delle concentrazioni di ozono misurati il giorno precedente e fornisce un'indicazione sulla probabile tendenza della concentrazione di ozono, in base alle previsioni su alcuni parametri meteo che ne influenzano l'accumulo.

(http://www.arpato.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/mappa_ozono_lamma).

STUDIO DEL TREND DEI LIVELLI DI CONCENTRAZIONE DI OZONO

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003–2016 mostra un trend crescente statisticamente significativo per due delle nove stazioni di monitoraggio della rete regionale di monitoraggio per le quali è stato possibile applicare un approccio di tipo statistico; per le altre stazioni non è possibile individuare un trend statisticamente significativo (Figura 1). Il valore mediano dei trend¹ delle due stazioni con trend crescente statisticamente significativo è pari a 1 µg/m³.

Grafico 4.4.5. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di ozono (2003-2016)



Upper Slope Median Slope Lower Slope

La barra grigia/blu identifica l'intervallo di confidenza del 95%

¹Viene riportata la mediana dei valori di slope per completezza di informazione ma tale valore non può essere considerato rappresentativo del trend regionale dell'inquinante.

4.5. CO

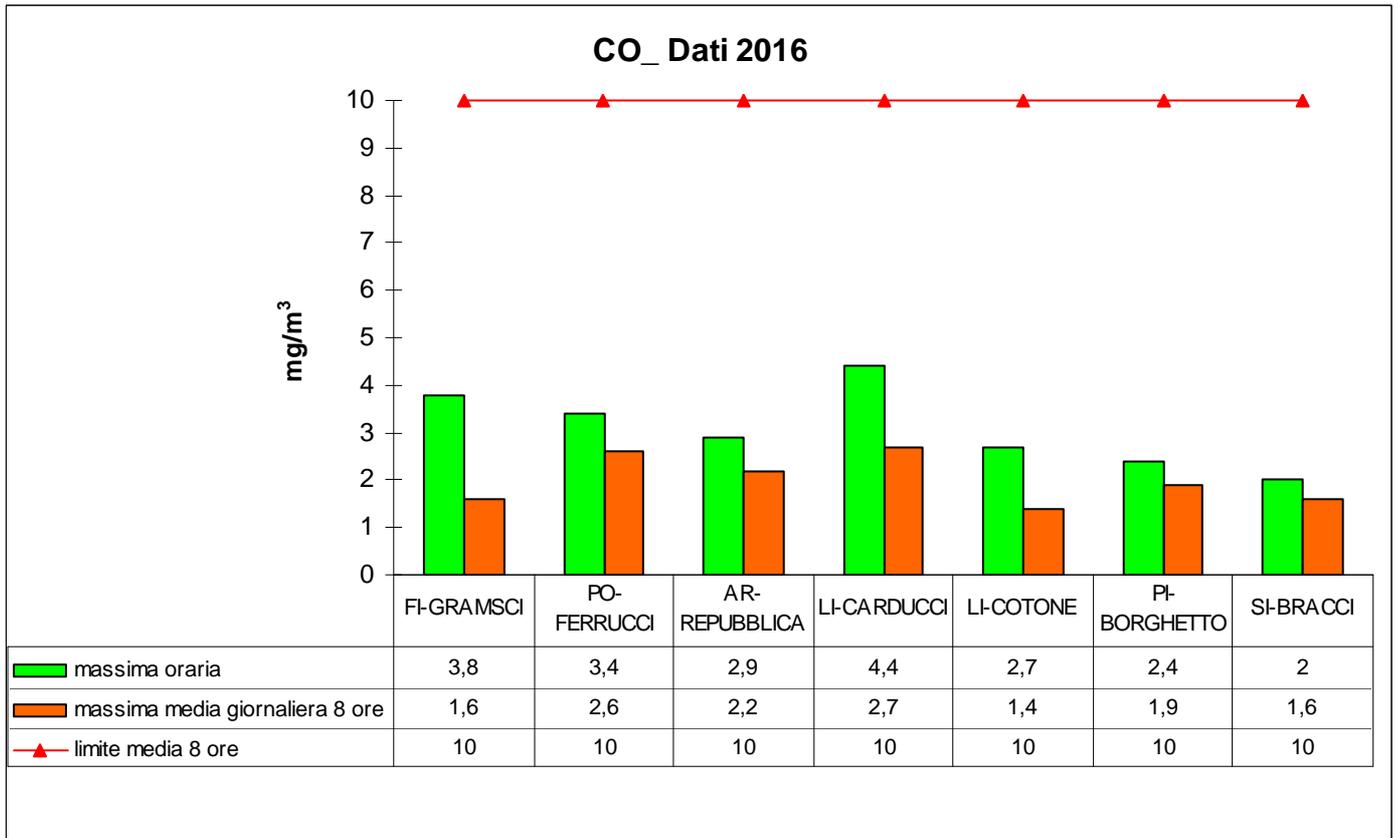
Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2016 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per il CO corrisponde alla media massima giornaliera calcolata su 8 ore che deve essere minore di 10 mg/m³.

Tabella 4.5.1. CO - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2016.

Zona	Class. Zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Anno 2016 Media massima giornaliera calcolata su 8 ore (mg/m ³)	Valore limite (mg/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	1,6	10
Zona Prato Pistoia	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	2,6	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	2,2	
Zona costiera	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	2,7	
	UI	LI	Piombino	LI-Cotone	1,4	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	1,9	
Zona Collinare e Montana	UT	SI	Siena	SI-Bracci	1.6	

Come si evince dalla tabella i valori di CO registrati da tutte le stazioni di rete regionale nel 2016 sono ampiamente sotto il limite imposto dal D.lgs.155/2010. Si riportano in grafico i valori dell'indicatore (massime medie giornaliere di 8 ore) e le massime medie orarie registrate nel 2016, a conferma del fatto non ci sono stati casi di concentrazioni di CO rilevanti durante tutto l'anno ed in tutto il territorio toscano.

Grafico 4.5.1. CO_ massime orarie e medie massime giornaliere su 8 ore, 2016.



Il valore indicato dall'OMS per questo inquinante è pari al limite indicato dal D.lgs 155/2010, media massima su 8 ore inferiore a 10 mg/m^3 . In Toscana le concentrazioni di Monossido di Carbonio sono quindi ampiamente inferiori ai valori indicati dall'OMS.

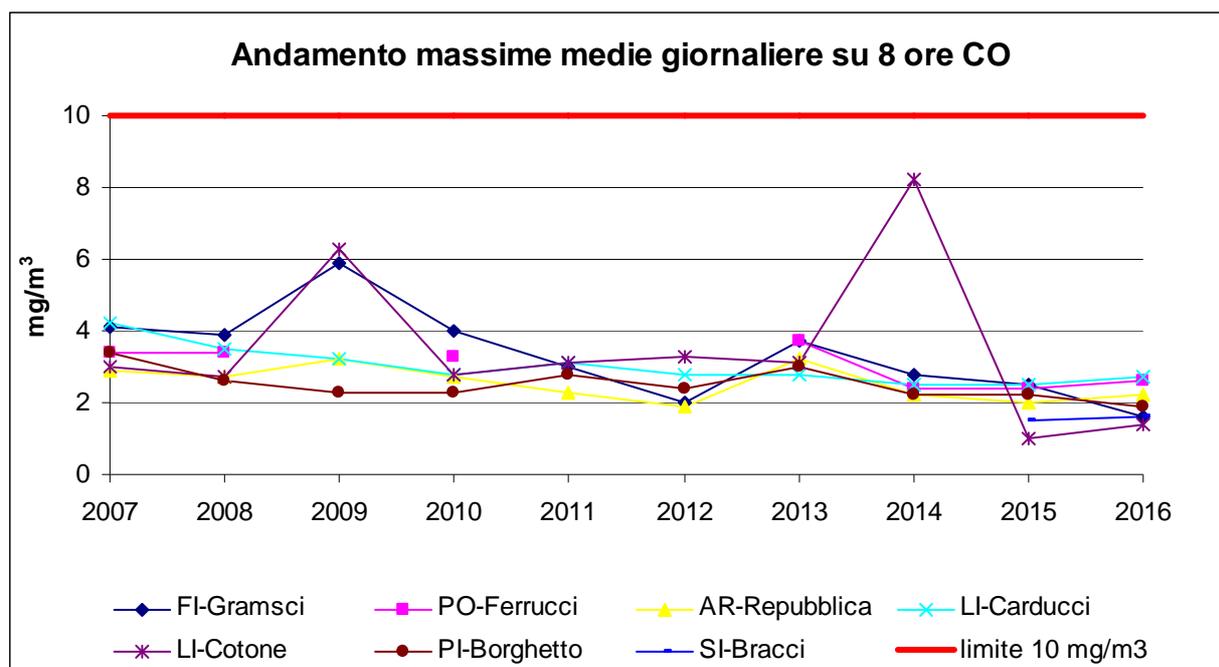
ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2016)

Tabella 4.5.2. Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 ore _ Andamenti

2007-2016 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class. stazline	Provincia	Comune	Nome stazione	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore (mg/m ³) V.L. (10 mg/m ³)										
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	4,1	3,9	5,9	4,0	3,0	3,0	3,7	2,8	2,5	1,6	
Zona Prato Pistoia	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	3,4	3,4	*	3,3	*	*	3,7	2,4	2,4	2,6	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	2,9	2,7	3,2	2,7	2,3	1,9	3,2	2,2	2	2,2	
Zona costiera	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	4,2	3,5	3,2	2,8	3,1	2,8	2,8	2,5	2,5	2,7	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	3,0	2,7	6,3	2,8	3,1	3,3	3,1	8,2	1	1,4	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	3,4	2,6	2,3	2,3	2,8	2,4	3,0	2,2	2,2	1,9	
Zona Collinare e Montana	UT	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	-	-	-	*	1,5	1,6	

Grafico 4.5.2. Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 ore _ Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale.



Come negli ultimi anni la massima media giornaliera su 8 ore si è mantenuta in tutte la stazioni di Rete Regionale ben al di sotto dei parametri di normativa.

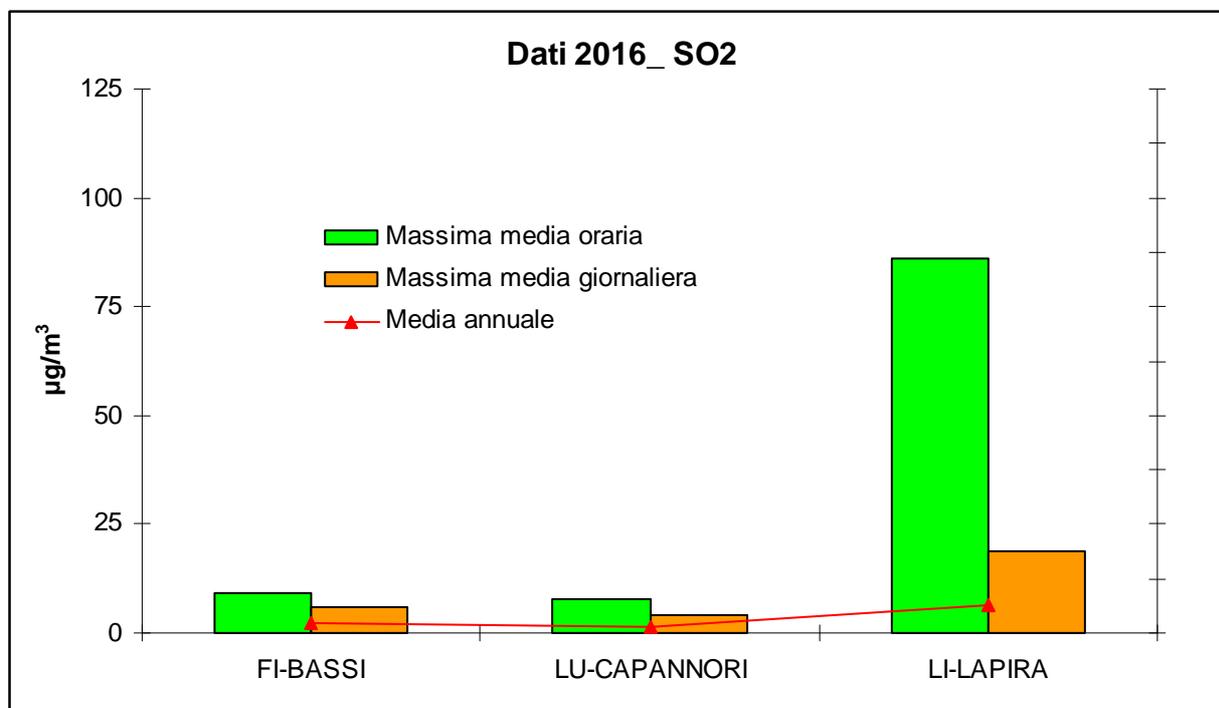
4.6. SO₂

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2016 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per l' SO₂ corrisponde al numero di superamenti della media massima giornaliera di 125 µg/m³, che deve essere minore di 3, e della massima media oraria di 350 µg/m³ che deve essere minore di 18.

Tabella 4.6.1. SO₂ - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2016.

Zona	Class.	Provincia	Comune	Nome stazione	N° medie orarie > 350 µg/m ³	V.L.	N° medie giornaliere > 125 µg/m ³	V.L.
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	0 (max =9)	24	0 (max =6)	3
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	0 (max =8)		0 (max =4)	
Zona Costiera	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0 (max =86)		0 (max =19)	

Grafico 4.6.1. SO₂ – Medie e massime orarie annuali 2016.



I valori di SO₂ registrati durante il 2016 sono stati nettamente inferiori ai parametri di normativa, non registrando alcun superamento nè della soglia prevista per la media giornaliera nè della soglia prevista per la media oraria.

Il valore indicato dall'OMS per l'SO₂ è una media giornaliera di 20 µg/m³ da non superare più di tre volte nell'anno civile.

Esso è stato rispettato presso tutte e tre le stazioni di rete regionale che non hanno mai registrato valori medi giornalieri superiori a 20µg/m³.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2016)

Tabella 4.6.2. SO₂ - Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class. stazline	Provincia	Comune	Nome stazione	Numero superamenti massima media oraria 350 µg/m ³ Valore Limite= 24 superamenti									
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	-	-	-	-	-	*	0	0	0	0
Zona Costiera	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	-	-	-	-	-	-	-	*	0	0

Zona	Class. stazline	Provincia	Comune	Nome stazione	Numero superamenti media giornaliera di 125 µg/m ³ Valore Limite= 3 superamenti									
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	-	-	-	-	-	*	0	0	0	0
Zona Costiera	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	-	-	-	-	-	-	-	*	0	0

Zona	Class. stazline	Provincia	Comune	Nome stazione	Media annuale µg/m ³									
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	2	2	2	1	1	2	*	3	2	2
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	-	-	-	-	-	*	2	2	1	1
Zona Costiera	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	-	-	-	-	-	-	-	*	4	5

I valori di SO₂ si sono mantenuti costantemente molto contenuti per tutto l'ultimo decennio.

4.7. H₂S

Nelle stazioni di tipo fondo industriale situate nei comuni di Santa Croce e Pomarance viene monitorato l'H₂S, parametro per il quale la normativa europea e quella nazionale non stabiliscono valori limite, soglie di allarme e/o valori obiettivo di qualità dell'aria.

In mancanza di riferimenti normativi per l'acido solfidrico ci si riferisce unicamente al valore guida indicato dall'OMS per la protezione della salute che è pari ad una media giornaliera pari a 150 µg/m³.

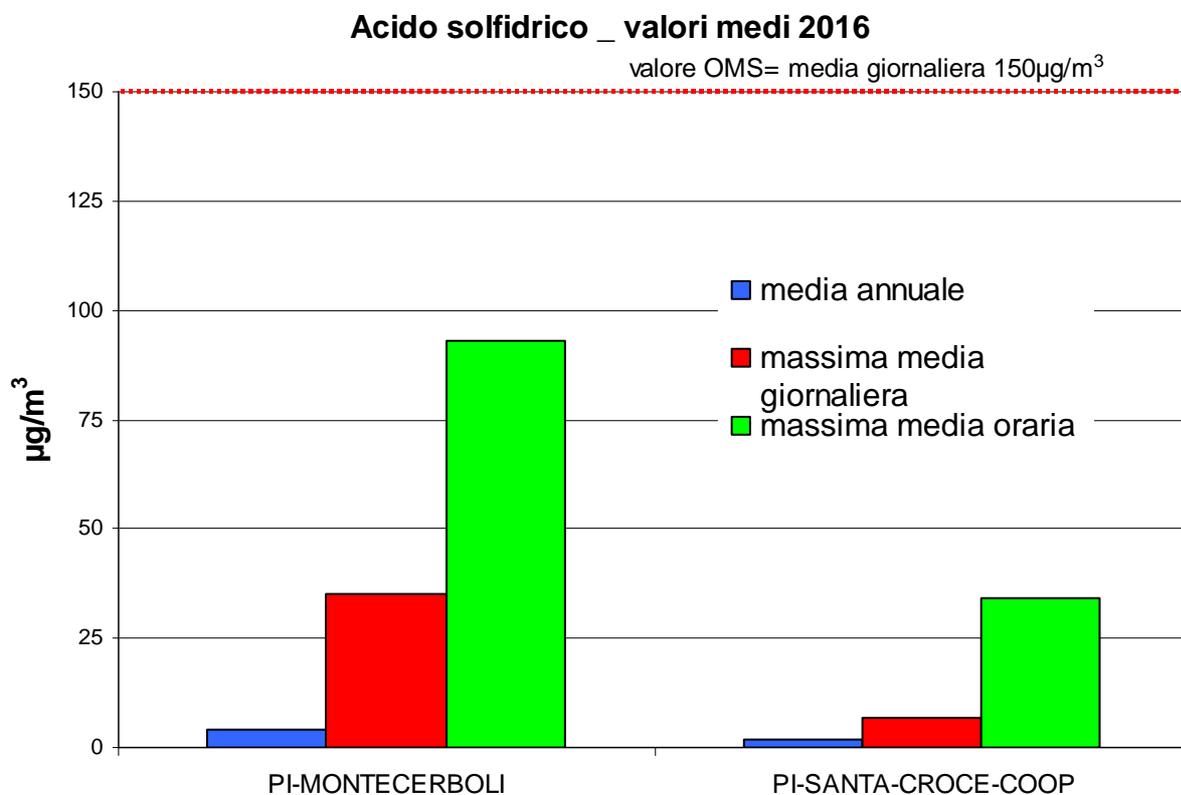
Tabella 4.7.1. H₂S _ Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2016.

Zona	Class. stazione	Provincia	Comune	Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	Massima media giornaliera (µg/m ³)	Massima media oraria (µg/m ³)
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	S F I	Pisa	Santa Croce sull'Arno	PI-SantaCroce	2	7	34
Zona collinare e montana	S F I	Pisa	Pomarance	PI-Montecerboli	4	35	93

I valori registrati in entrambe le stazioni sono ampiamente inferiori ai valori guida dell'OMS pur presentando delle differenze tra i due siti:

- presso il sito di PI-SantaCroce i livelli di acido solfidrico sono irrilevanti con massima media giornaliera pari a circa il 5% del valore guida dell' OMS;
- presso il sito di PI-Montecerboli, pur essendo ben al di sotto del valore guida, i livelli di H₂S sono decisamente più significativi con massima media giornaliera pari al 23% del valore limite del OMS.

Grafico 4.7.1. H₂S – Medie annuali, medie massime giornaliere e massime orarie annuali 2016.



ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2016)

Tabella 4.7.2. H₂S Medie annuali _ Trend 2007-2016

Zona	Class. stazione	Provincia	Comune	Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)									
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	S F I	Pisa	Santa Croce sull'Arno	PI-SantaCroce	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Zona collinare e montana	S F I	Pisa	Pomarance	PI-Montecerboli	12	8	5	6	5	6	6	7	6	4

Tabella 4.7.3. H₂S_Medie massime giornaliere registrate_Trend 2007-2016

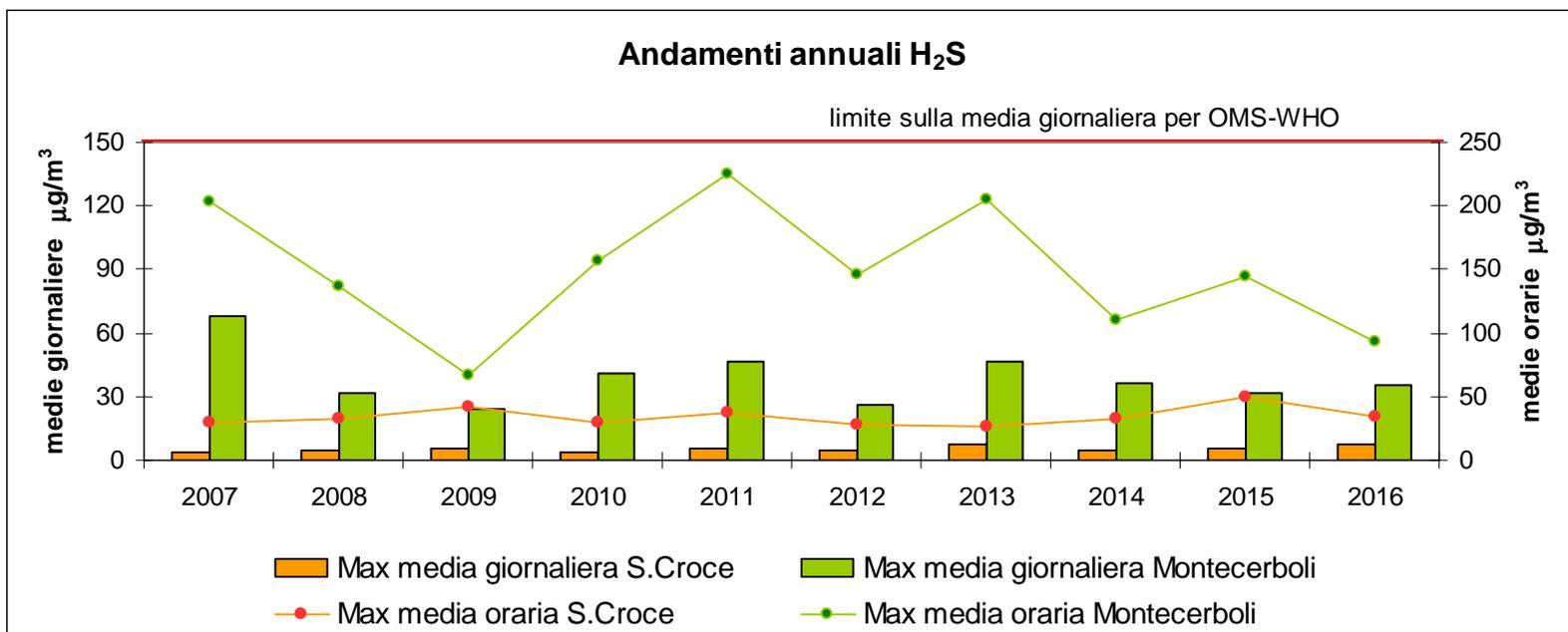
Zona	Class. stazione	Provincia	Comune	Nome stazione	Massima media giornaliera (µg/m ³)									
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	S F I	Pisa	Santa Croce sull'Arno	PI-SantaCroce	4	5	6	4	6	5	7	5	6	7
Zona collinare e montana	S F I	Pisa	Pomarance	PI-Montecerboli	68	32	24	41	47	26	47	36	32	35

Tabella 4.7.4. H₂S Massime medie orarie_Trend 2007-2016

Zona	Class. stazione	Provincia	Comune	Nome stazione	Massima media oraria (µg/m ³)									
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	S F I	Pisa	Santa Croce sull'Arno	PI-SantaCroce	29	32	42	29	38	28	26	33	50	34
Zona collinare e montana	S F I	Pisa	Pomarance	PI-Montecerboli	203	136	66	157	225	146	205	111	144	93

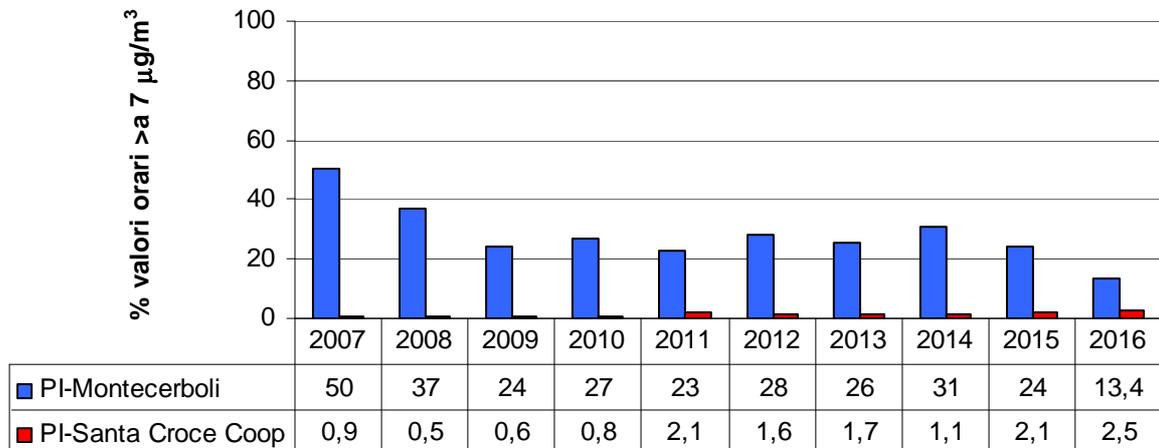
I trend mostrano che presso entrambe le stazioni i valori registrati si sono mantenuti su livelli nettamente inferiori a quelli indicati dall'OMS, per tutti gli anni in cui il monitoraggio è stato attivo.

Grafico 4.7.2. Medie massime giornaliera ed oraria _Trend 2007-2016 per l'acido solfidrico.



L'altro riferimento per i valori di H₂S è costituito dalla soglia olfattiva, pari a 7 µg/m³. Tale soglia mette in relazione i valori di acido solfidrico ad un malessere di tipo odorigeno che viene avvertito dalle popolazione con valori superiori alla soglia, sono state superiori alla soglia olfattiva, per valutare l'entità del disagio che la presenza di H₂S ha provocato alla popolazione nell'arco degli ultimi anni.

Grafico 4.7.3. H2S _Percentuali orarie con valori sopra la soglia olfattiva_Trend 2007-2016



Il grafico relativo agli ultimi 10 anni mostra che:

-la zona rappresentata dalla stazione di PI-Santa Croce è caratterizzata da valori di concentrazioni tali da non provocare un effettivo disagio alla popolazione locale, infatti il periodo di tempo in cui in la popolazione ha mediamente percepito un disagio olfattivo è stato pari all' 1 o al 2 %, con una percentuale massima di 2,5 % delle ore di funzionamento nel 2016;

-la popolazione della zona rappresentata dalla stazione di PI-Montecerboli negli ultimi anni è stata sottoposta a dei disagi di tipo olfattivo in quanto la percentuale di tempo in cui si è verificato un disagio olfattivo è stata sempre superiore al 24 %, per il primo anno nel 2016 le ore di superamento della soglia di disagio sono scese al 13.4 %

4.8. Benzene

Il monitoraggio del benzene viene effettuato per tutte le stazioni di rete regionale per le quali è previsto in modo continuo. Tutte le sette stazioni previste dalla delibera sono state attive con serie valide durante il 2016.

Per le serie valide gli indicatori sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per il Benzene corrisponde alla media annuale.

Tabella 4.8.1. Benzene - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2016.

Zona	Class. Zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V.L.
Agglomerato Firenze	UF		Firenze	FI-Bassi	1.3	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	2.6	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0.7	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	1.3	
Zona costiera	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0.8	
	UF	LI	Piombino	LI-ParcoVIII III	0.4	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0.5	

I dati riportati in tabella ed illustrati nel grafico seguente rappresentano una situazione molto positiva per quanto riguarda i valori di benzene della regione, che sono tutti nettamente inferiori al limite di normativa. Presso il sito di monitoraggio di tipo traffico la media annuale è pari al 52 % del limite, mentre i valori di fondo urbano sono in media pari a 0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, meno del 20 % del limite. Per quanto riguarda i valori di fondo si possono notare delle differenze tra le zone interne di Firenze e del Valdarno pisano e piana lucchese dove sono state registrate medie annuali superiori a 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e la zona di PO-PT e costiera dove i valori medi benzene sono stati per il 2016 nettamente inferiori al microgrammo/ m^3 . La stazione industriale di Piombino ha registrato valori simili alla stazione di fondo situata nel medesimo comune.

Grafico 4.8.1. Valori medi di benzene 2016.

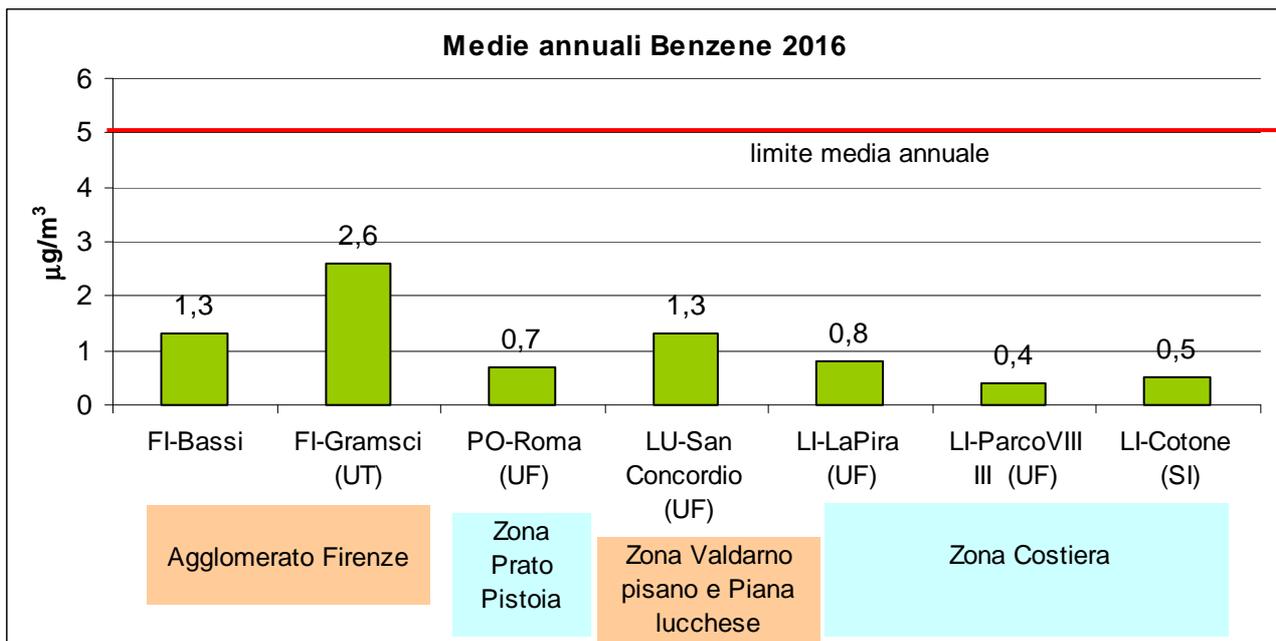
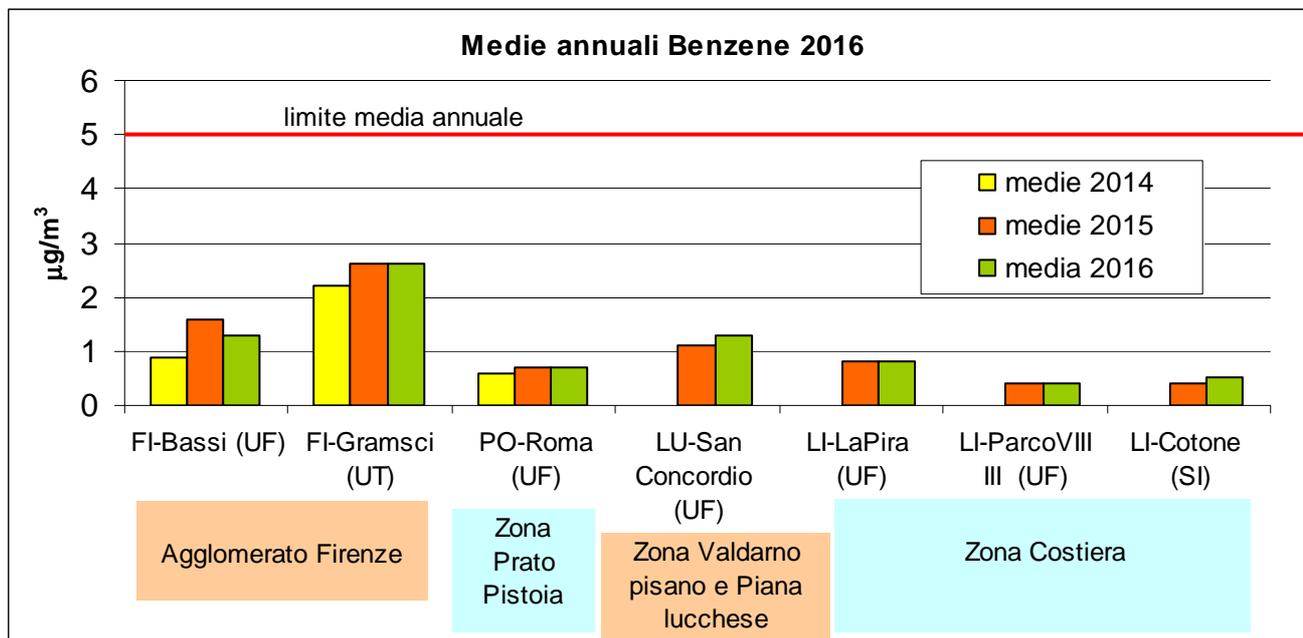


Tabella 4.8.2. Benzene_ trend medie annuali registrate dal 2014 al 2016

Zona	Class. Zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale (µg/m³)		
					2014	2015	2016
Agglomerato Firenze	UF		Firenze	FI-Bassi	0,9*	1,6	1,3
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	2,2*	2,6	2,6
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0,6	0,7	0,7
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	1,1*	1,3
Zona costiera	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	*	0,8	0,8
	UF	LI	Piombino	LI-ParcoVIII III	-	0,4*	0,4
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	-	0,4*	0,5

* serie non valida, riportata a scopo indicativo

Grafico 4.8.2. Benzene_ trend medie annuali registrate dal 2014 al 2016

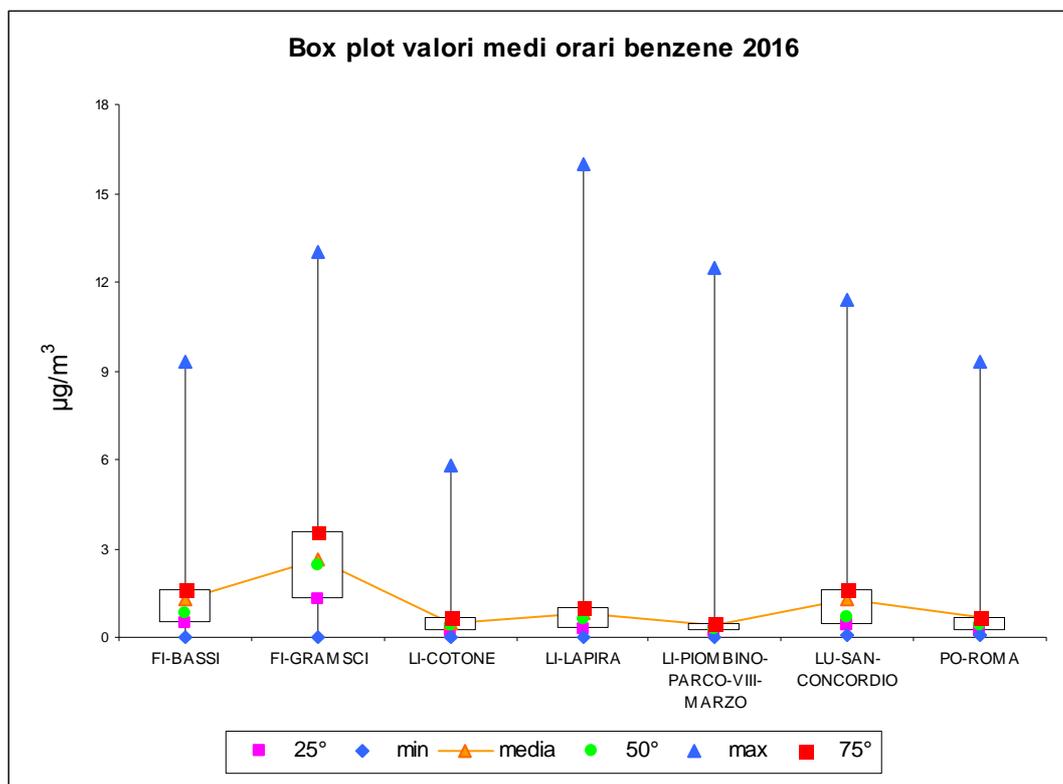


I dati medi annuali di benzene registrati negli ultimi anni sono stati costanti per tutti i siti di monitoraggio confermando una situazione molto positiva nei confronti del limite del D.lgs.155/2010.

Il valore di riferimento indicato dall'OMS per il benzene è pari ad una media annuale di 1.7 µg/m³. Questo valore è stato rispettato in modo costante da quando è iniziato il monitoraggio in tutte le stazioni di fondo urbano della regione. Presso la stazione di traffico invece, le medie annuali sono superiori a tale valore .

E' stato elaborato il grafico box plot ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) della concentrazioni medie orarie di benzene per le stazioni di Rete Regionale con l'obiettivo di dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati.

Grafico 4.8.3. Box plot dei valori medi orari di Benzene registrati nel 2016.



Le distribuzioni statistiche dei dati orari di benzene delle stazioni di rete regionale mostrano una grande prevalenza di valori di concentrazione bassi.

Infatti il 75% delle concentrazioni orarie hanno registrato valori nettamente inferiori al limite per la media annuale, con massimo del 75° percentile pari al 72 % del limite per FI-Gramsci, e tutte le altre stazioni inferiori al 32 %. Soltanto il 4° quartile presenta maggiore estensione e quindi i valori del quarto quartile sono distribuiti su una fascia di concentrazione più ampia, con massima estensione per LI-LaPira ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e minima per LI-Cotone ($5,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La media annuale delle concentrazioni è superiore alla mediana per tutte le stazioni.

5. DATI RILEVATI NELL'ANNO 2016. VALORI DEGLI INDICATORI PER GLI INQUINANTI RILEVATI CON CAMPAGNE DI MONITORAGGIO DISCONTINUE E CONFRONTO CON IL VALORE LIMITE O OBIETTIVO.

La DGRT n.1025/2010 e la DGRT 964/15 prevedono per alcune stazioni della rete regionale della Toscana il monitoraggio di idrocarburi policiclici aromatici, in particolare del benzo(a)pirene, e di metalli pesanti quali arsenico, nichel, cadmio e piombo.

Tabella 5.1. Stazioni di rete regionale in cui è previsto il monitoraggio di B(a)P e metalli pesanti secondo la DGRT 964/15

Zona	Class. zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Parametri monitorati				
					B(a)P	As	Ni	Cd	Pb
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	X				
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	X	X	X	X	X
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	X				
Zona costiera	UF	PI	Livorno	LI-La Pira	X	X	X	X	X*
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	X				
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	X	X	X	X	X*
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	X	X*	X*	X*	X*
Zona del Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli**	X*				
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi**	X*				

(*) Parametro non previsto dalla DGRT 964/15 ma per il quale è stato effettuato un monitoraggio;

(**) Stazioni per cui il monitoraggio relativo al 2016 non ha rispettato i criteri di omogeneità e distribuzione nell'arco dell'anno e pertanto i relativi indicatori non sono rappresentativi in quanto potrebbero sottostimare il valore vero. Il periodo di monitoraggio è stato aprile-dicembre.

Le stazioni indicate in tabella sono dotate di strumentazione idonea al monitoraggio secondo quanto previsto dalle norme tecniche in vigore.

Nel 2016 sono stati effettuati i monitoraggi del Benzo(a)pirene presso tutte le stazioni previste dalla DGRT 964/15, inoltre è effettuato il monitoraggio presso la stazione di AR-Acropoli nella Zona del Valdarno aretino e Valdichiana e presso la stazione di SI-Poggibonsi nella zona Collinare e Montana, con lo scopo di avere ulteriori informazioni dei livelli di fondo di queste zone.

Le campagne di monitoraggio di benzo(a)pirene e metalli pesanti (Cd, Ni, As, Pb) sono state gestite dal Settore CRTQA - Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria di ARPAT, con il supporto dei Laboratori delle Aree Vaste Centro, Costa e Sud per l'analisi dei campioni prelevati.

5.1. Benzo(a)pirene nel PM10

La concentrazione atmosferica degli idrocarburi policiclici aromatici viene determinata su campioni di polvere, frazione PM10, prelevati con cicli di campionamento di 24 ore, con le stesse modalità con cui avviene il campionamento per la determinazione della concentrazione atmosferica del PM10.

I siti di monitoraggio sono stati quindi attrezzati per il prelievo di campioni di polveri PM10, che in seguito al campionamento vengono trasferiti in laboratorio per la determinazione del benzo(a)pirene che avviene su campioni compositi di 7 filtri ciascuno. Il metodo utilizzato è l'UNI EN 15549:2008 tecnica associata: gascromatografica con spettrometro di massa.

Tutte le campagne di monitoraggio del 2016 previste dalla DGRT 964/15 soddisfano i criteri previsti dall'allegato 1 del D.Lgs 155/2010 sia per il periodo minimo di copertura delle campagne di indagine nell'arco dell'anno (minimo 33%) sia per la distribuzione dei dati i dati nell'anno e quindi gli indicatori sono da ritenersi rappresentativi.

Per le stazioni di AR-Acropoli e SI-Poggibonsi invece il monitoraggio ha ottenuto una copertura superiore al 33% ma non è distribuito omogeneamente nell'arco dell'anno e perciò i relativi indicatori sono riportati a scopo indicativo.

I risultati ottenuti dai dati delle campagne di indagine sono stati confrontati con il valore obiettivo per il benzo(a)pirene che corrisponde a 1,0 ng/m³ come media annua, (Allegato XIII D.Lgs.155/2010 e s.m.i.).

Tabella 5.1.1 . Benzo(a)pirene - 2015. Elaborazione degli indicatori

Zona	Class. zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale 2016 (ng/m ³)	Valore obiettivo (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	Fi-Bassi	0.26	1,0
	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0.37	
Zona PO-PT	UF	PO	Prato	PO-Roma	0.70	
Zona costiera	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0.08	
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0.07	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0.16	
Zona valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	0.72	
Zona del Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0.43*	
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0.37*	

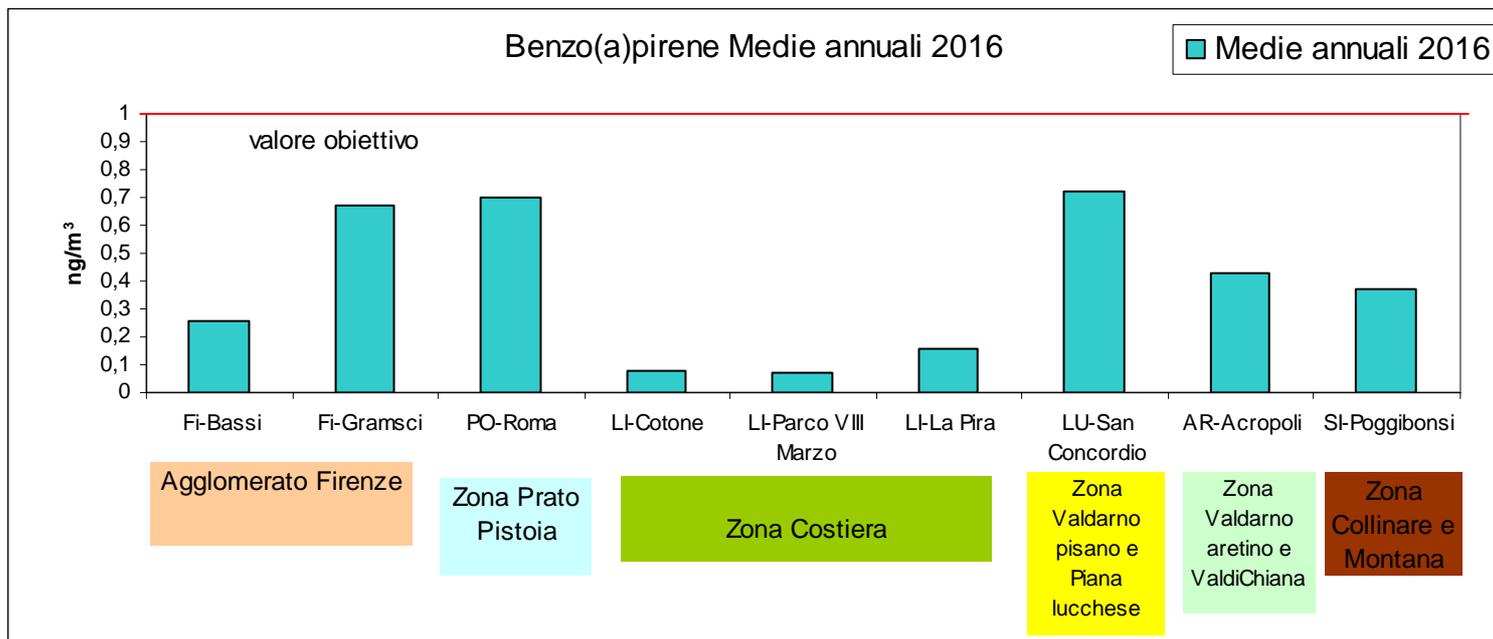
(*) Stazioni per cui il monitoraggio relativo al 2016 non ha rispettato i criteri di omogeneità e distribuzione nell'arco dell'anno e pertanto i relativi indicatori non sono rappresentativi in quanto potrebbero sottostimare il valore vero.

I risultati delle analisi di laboratorio relative a campionamenti in periodo primaverile o estivo sono risultati per molte stazioni inferiori al limite di rivelabilità.

I dati mostrano che il valore obiettivo di 1,0 ng/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete regionale. Si nota comunque una notevole differenza tra i valori medi di Benzo(a)pyrene registrati nelle zone della Toscana:

- le medie annuali della Zona Costiera sono stati piuttosto contenuti in tutti e tre i siti con minimo pari a 0,07 ng/m³ della stazione di fondo di Piombino e massimo pari a 0,16 ng/m³ della stazione di fondo del comune di Livorno;
- per l'agglomerato di Firenze da un minimo di 0,26 ng/m³ del sito di fondo di FI-Bassi ed un massimo di 0.67 ng/m³ per la stazione di traffico di FI-Gramsci;
- per le due Zone di PO-PT e del Valdarno pisano e piana lucchese i valori delle stazioni di fondo sono abbastanza elevati e simili tra loro, con 0.70 ng/m³ per il fondo di PO-Roma di di 0,72 ng/m³ della stazione di fondo di LU-San Concordio;
- per la zona del Valdarno aretino e Valdichiana la concentrazione registrata presso la stazione di fondo per il 2016 di Benzo(a)pyrene è risultata pari a 0,43 ng/m³, quindi superiore a quelle della zona costiera ma inferiore alle concentrazioni delle altre zone interne;
- per la Zona Collinare- montana la concentrazione media annuale è risultata pari a 0,37 ng/m³, simile a quella del Valdarno aretino.

Grafico 5.1.1. Benzo(a)pirene. Medie annuali 2016.



Gli indicatori (non ufficiali) relativi le medie annuali di Benzo(a)pyrene per le zone che sono state sottoposte ad indagine conoscitiva nel 2016 sono:

- leggermente superiori alla soglia di valutazione inferiore per la Zona del Valdarno aretino e Valdichiana;
- inferiori alla soglia di valutazione inferiore per la Zona Collinare e Montana.

Per la conferma di questo dato è necessario disporre di un monitoraggio equamente distribuito su 12 mesi.

L'OMS ha indicato come valore di riferimento per il Benzo(a)pirene una media annuale di 0.12 ng/m³. Confrontando questo riferimento con i valori medi di Benzo(a)pirene ottenuti dal monitoraggio del 2016, si nota che per tutte le zone dove è stato attivato il monitoraggio essi sono nettamente superiori a questo valore di riferimento, eccetto che per la zona costiera dove presso 2 stazioni su 3 la media annuale è inferiore al valore di riferimento dell'OMS.

Di seguito sono riportati gli andamenti temporali delle medie annuali di benzo(a)pirene dal 2007 laddove disponibili.

Tabella 5.1.2. Benzo(a)pirene. Andamenti 2007-2016

Zona	Cl..	Nome stazione	Concentrazioni medie annue (ng/m ³)									
			Valore Obiettivo 1.0 ng/m ³									
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agg Firenze	UF	Fi-Bassi	0,34	0,13	0,17	0,12	0,26	0,30	0,30	0,26	0,26	0,26
	UT	Fi-Gramsci	-	-	-	-	0,51	-	0,44	0,58	0,68	0,67
Zona PO-PT	UF	PO-Roma	-	-	-	-	-	-	-	-	0,78	0,70
Zona costiera	SI	LI-Cotone	0,95*	0,66*	0,65*	-	0,17*	0,37*	0,67*	0,33	0,09	0,08
	UF	LI-Parco VIII III	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,07
	UF	LI-LaPira	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	0,16
Zona valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-San Concordio	-	-	-	-	-	-	-	-	0,79 ³	0,72

*dati ottenuti tramite compionatore ad alto volume

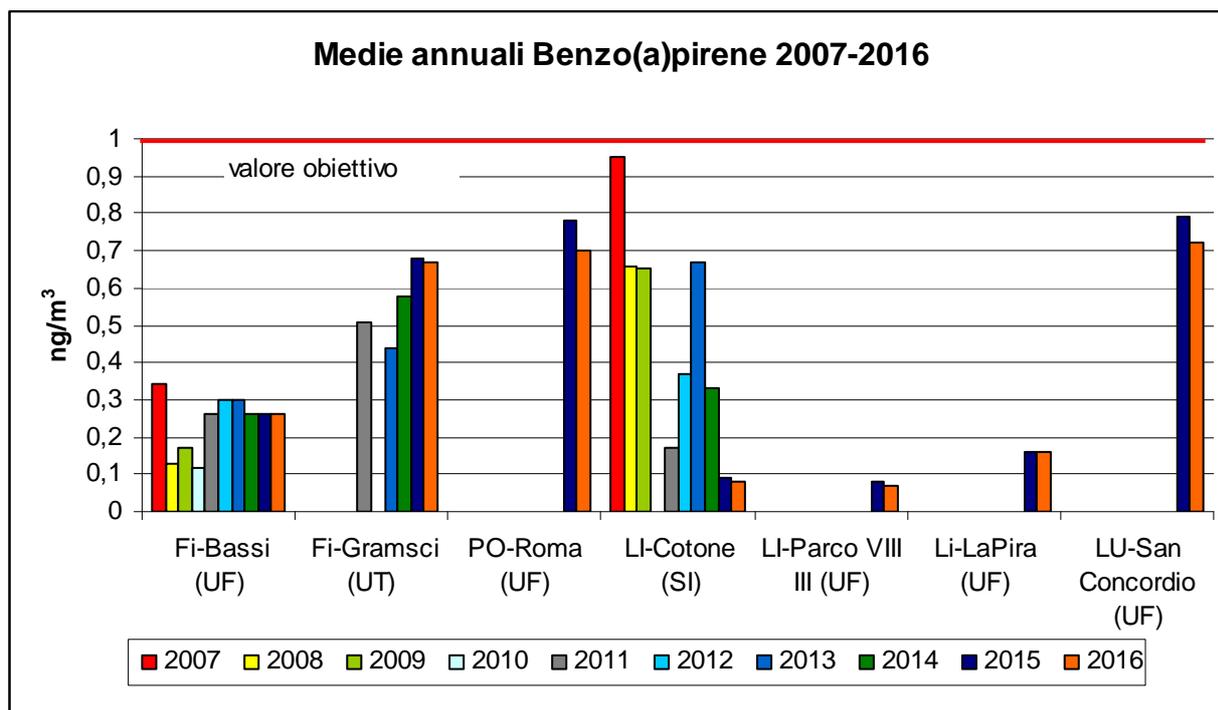
Il valore obiettivo indicato dal D.Lgs.155/2010 per il benzo(a)pirene è stato rispettato in tutti i siti da quando è cominciato il monitoraggio.

Per questo inquinante si può notare la presenza di due diverse situazioni:

- nelle zone interne sono presenti concentrazioni di Benzo(a)pirene significative, anche se le medie annuali registrate sono sempre state inferiori al valore obiettivo;
- nella zona costiera, è stata registrata negli ultimi due anni una netta diminuzione dei valori medi di benzo(a)pirene presenti presso il sito industriale di Piombino (LI-Cotone), con valori medi registrati nel 2015 e 2016 quasi nulli su tutti i siti presso i quali è stato attivato il monitoraggio .

la serie non è distribuita in modo omogeneo durante l'anno, il valore potrebbe essere sottostimato in quanto mancano i mesi invernali.

Grafico 5.1.2. Benzo(a)pirene. Medie annuali _ Andamenti 2015-2016



L'articolo 6 del D.Lgs 155/2010 prevede che venga definita una rete nazionale dove monitorare oltre al benzo(a)pirene, anche altri 6 IPA di rilevanza tossicologica (benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e dibenzo(a,h)antracene), al fine di verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il benzo(a)pirene e gli altri idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica. Con Decreto Ministeriale del 29/11/12 è stata istituita tale rete nazionale, di cui fa parte anche il sito di di FI-Bassi e dal 2013 sono stati quindi determinati per la stazione di FI-Bassi i sette gli IPA richiesti dal D.Lgs. 155/10.

In tabella sono riportati i valori delle medie annue registrate dal 2013 al 2016 per il B(a)P e degli altri sei congeneri determinati per il sito di Bassi.

Per quanto riguarda l'impronta del sito, data dai rapporti tra i sei congeneri previsti dal D.Lgs. 155/10 e il B(a)P, il 2016 appare simile ai precedenti anni. Le differenze osservate dovranno essere valutate nel tempo.

Tabella 5.1.3. IPA FI-Bassi - medie annue 2013 – 2016

IPA	media annua ng/m3				Rapporto tra i vari congeneri e il benzo(a)pirene			
	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016
benzo(a)pirene	0,30	0,26	0,26	0,26	---	---	---	---
benzo(a)antracene	0,22	0,20	0,18	0,18	0,73	0,77	0,69	0,70
benzo(b)fluorantene	0,41	0,33	0,34	0,32	1,37	1,27	1,31	1,23
benzo(j)fluorantene	0,29	0,20	0,23	0,24	0,97	0,77	0,88	0,89
benzo(k)fluorantene	0,22	0,17	0,20	0,19	0,73	0,65	0,77	0,70
indeno(1,2,3-cd)pirene	0,42	0,36	0,28	0,26	1,40	1,39	1,08	0,98
dibenzo(a,h)antracene	0,03	0,03	0,05	0,03	0,10	0,11	0,19	0,13

Grafico 5.1.3. IPA FI-Bassi - Medie annue 2013 – 2016

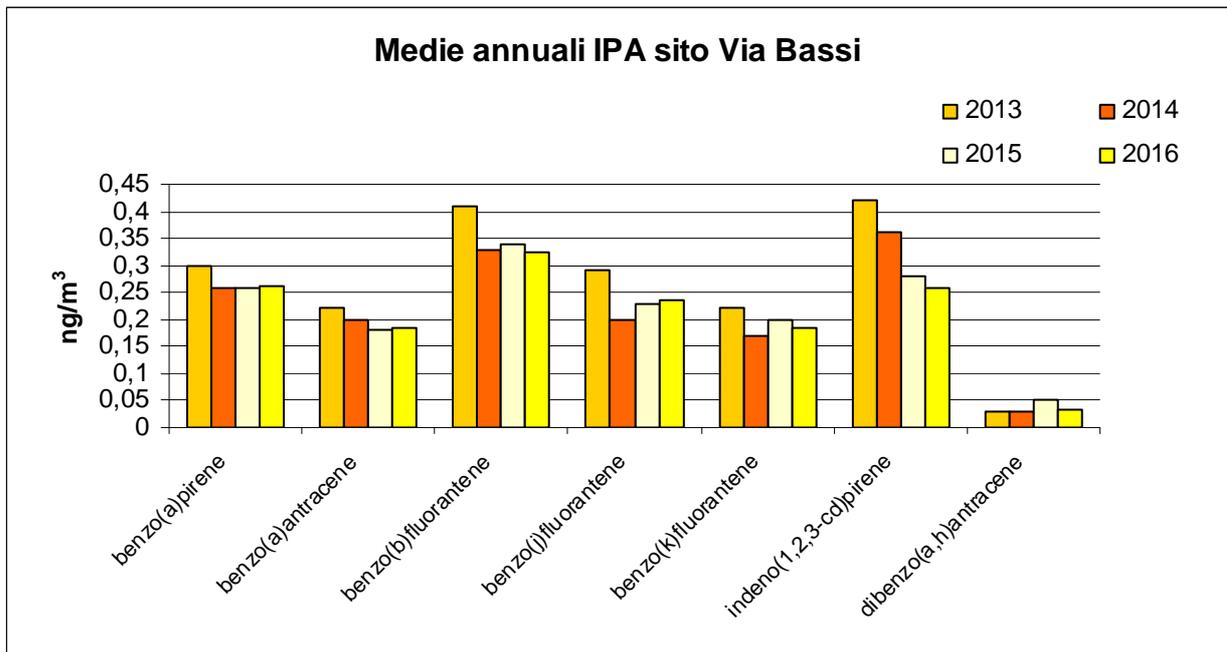
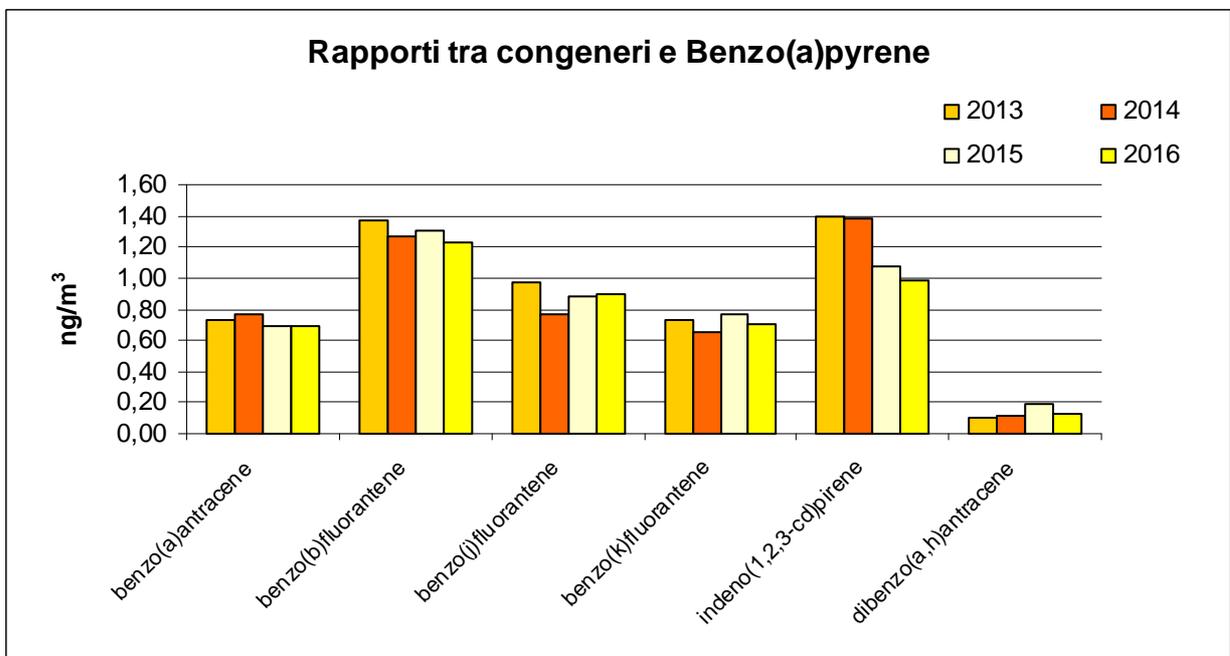


Grafico 5.1.4. FI-Bassi – rapporti tra le medie annue dei vari congeneri determinati e B(a)P anni 2013 - 2016



5.2. Metalli pesanti (As, Cd, Ni e Pb) nel PM10

Analogamente a quanto previsto per il B(a)P, anche la concentrazione atmosferica di arsenico, cadmio, nichel e piombo è determinata su campioni di polvere, frazione PM10, prelevati con le stesse modalità con cui avviene il campionamento per la determinazione della concentrazione atmosferica del PM₁₀.

Le analisi chimiche per la determinazione dei metalli sono state fatte presso i laboratori ARPAT delle Aree Vaste Centro, Costa e Sud ed è stato utilizzato il metodo UNI EN 14902:2005.

Nel 2016 sono stati effettuati i monitoraggi dei metalli presso tutte le stazioni previste dalla DGRT 964/15, eccetto che per la determinazione dell'Arsenico presso il sito di PI-Montecerboli per il quale il monitoraggio nel 2016 è stato effettuato con campagne indicative e pertanto non ne sono riportate le elaborazioni in questa sessione.

Inoltre è stato effettuato il monitoraggio dei metalli presso la stazione di LU-San Concordio che non è previsto dalla DGRT 964/15. In questo sito non si è raggiunta la copertura del 50% ma soltanto del 34%, perciò il dato è riportato a scopo conoscitivo.

Tutte le campagne di monitoraggio del 2016 previste dalla DGRT 964/15 soddisfano i criteri previsti dall'allegato 1 del D.Lgs 155/2010 sia per il periodo minimo di copertura delle campagne di indagine nell'arco dell'anno (minimo 50% per As, Cd e Ni e 90% per il Pb) sia per la distribuzione dei dati nell'anno e quindi gli indicatori sono da ritenersi rappresentativi.

La stazione di Gramsci è l'unico sito regionale per il quale è previsto il monitoraggio del piombo, per monitorare i livelli di fondo di tale parametro in un sito di traffico. Si riportano comunque anche i risultati del monitoraggio del Piombo effettuato negli altri siti.

Gli indicatori ottenuti dai dati delle campagne di indagine sono stati confrontati con il valore limite del piombo (Allegato XI D.Lgs.155/10) e con i valori obiettivo per l'arsenico, cadmio e nichel, (Allegato XIII D.Lgs.155/10).

Tabella 5.2.1 . Piombo- 2016. Elaborazione degli indicatori

Zona	Class. Zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale Piombo 2016 (ng/m ³)	Valore limite Piombo (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	4,6	500
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	2,3	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	5,0	
Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-San concordio	3,3	

*Efficienza < del 90%, dati riportati a scopo conoscitivo

Tabella 5.2.2 . Arsenico- 2016. Elaborazione degli indicatori

Zona	Class. zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale Arsenico 2016 (ng/m ³)	Valore obiettivo Arsenico (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0,5	6,0
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0,4	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	1,1	
Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-San concordio	0,3	

*Efficienza < del 50%, dati riportati a scopo conoscitivo

Tabella 5.2.3 . Cadmio- 2016. Elaborazione degli indicatori

Zona	Class. zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale Cadmio 2016 (ng/m ³)	Valore obiettivo Cadmio (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0,4	5,0
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0,1	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0,5	
Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-San concordio	0,2	

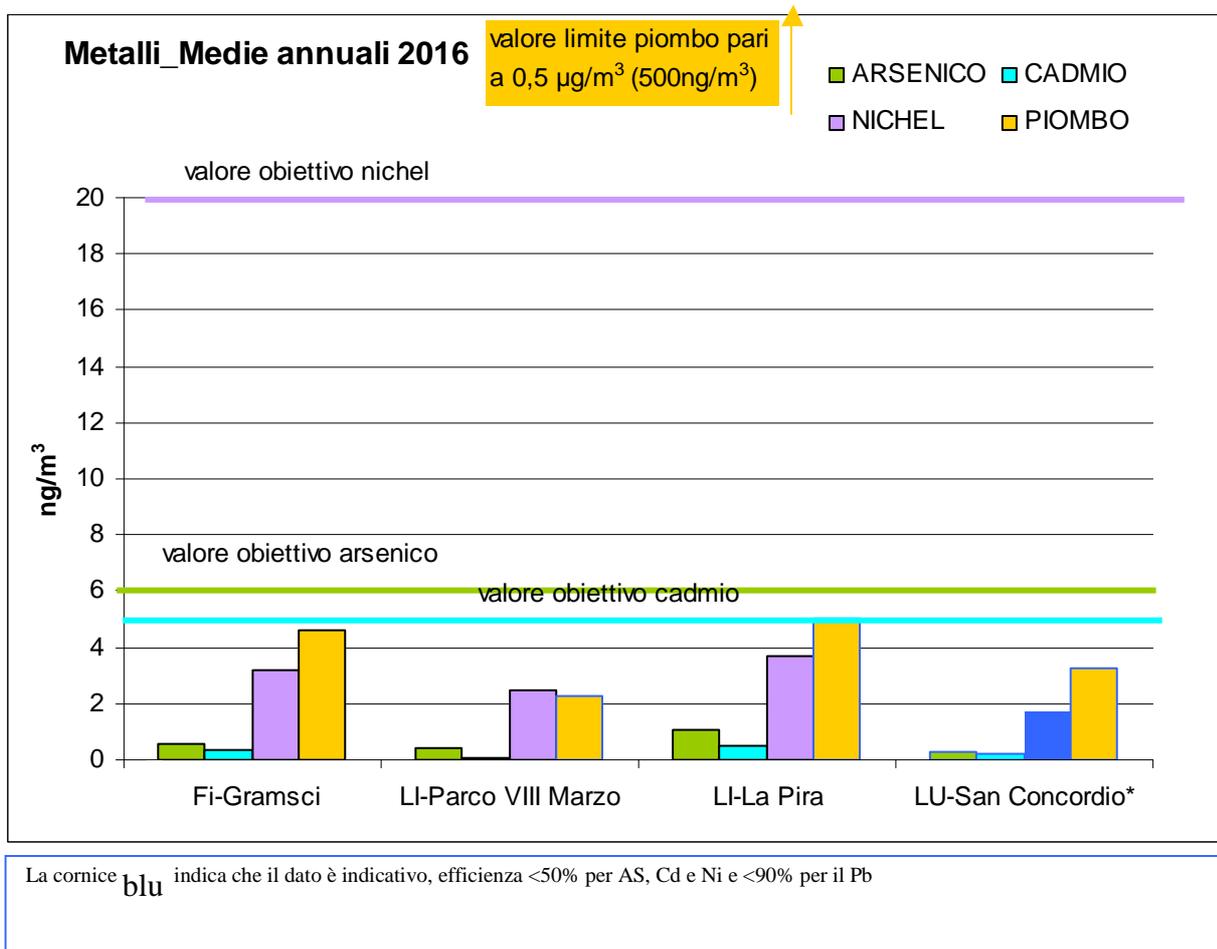
*Efficienza < del 50%, dati riportati a scopo conoscitivo

Tabella 5.2.4 . Nichel- 2016. Elaborazione degli indicatori

Zona	Class. zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale Nichel 2016(ng/m ³)	Valore obiettivo Nichel (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	3,2	20,0
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	2,5	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	3,7	
Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-San concordio	1,7	

*Efficienza < del 50%, dati riportati a scopo conoscitivo

Grafico 5.2.1. Metalli pesanti_ indicatori 2016



Come mostrano i dati riportati nelle tabelle e nei grafici i parametri sono ampiamente entro il valore limite per il Pb ed i valori obiettivo per As, Cd e Ni:

- le concentrazioni di Piombo presenti presso il sito ufficiale di FI-Gramsci e negli altri siti di indagine sono inferiori di ben 2 ordini di grandezza al valore limite;
- per quanto riguarda l'arsenico, i valori presenti in tre i siti sono inferiori al valore obiettivo di un ordine di grandezza, la concentrazione annuale massima è stata trovata presso il sito urbano di Livorno, LI-LaPira, con media annuale pari al 18% del valore obiettivo;
- per quanto riguarda il Cadmio, i valori medi presenti in tutti e quattro i siti sono inferiori al valore obiettivo di un ordine di grandezza, la media annuale massima è stata registrata presso il sito di LI-LaPira con media pari al 10% del valore obiettivo;
- le concentrazioni medie di Nichel trovate in tutti e 4 i siti sono ampiamente inferiori al valore obiettivo, con media massima per il sito urbano di Livorno, LI-LaPira, con media annuale pari al 18% del valore obiettivo.

L'OMS ha indicato come valore limite di riferimento per il Piombo una media annuale di $500 \text{ ng}/\text{m}^3$, pari al limite del D.Lgs155/2010, pertanto la situazione della nostra regione rispetta per il Piombo il parametro per la protezione della salute umana dettato dall'organizzazione mondiale della sanità.

Di seguito sono riportati gli andamenti temporali delle medie annuali di metalli degli ultimi anni, laddove disponibili.

Tabella 5.2.5. Andamenti 2014_2016 Piombo

Zona	Class.	Nome stazione	Piombo Valore limite: 500 ng/m ³		
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)		
			2014	2015	2016
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	5	4,8	4,6
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII Marzo	*	3,2	2,3
	UF	LI-La Pira	*	5,6	5,0

* non disponibile

Tabella 5.2.6. Andamenti 2014_2016 Arsenico

Zona	Class.	Nome stazione	ARSENICO Valore Obiettivo: 6 ng/m ³		
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)		
			2014	2015	2016
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,6	0,5	0,5
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII Marzo	*	0,7	0,4
	UF	LI-La Pira	*	1,1	1,1

* non disponibile

Tabella 5.2.7. Andamenti 2014_2016 Cadmio

Zona	Class.	Nome stazione	Cadmio Valore Obiettivo: 5 ng/m ³		
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)		
			2014	2015	2016
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,4	0,5	0,4
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII Marzo	*	0,1	0,1
	UF	LI-La Pira	*	0,2	0,5

* non disponibile

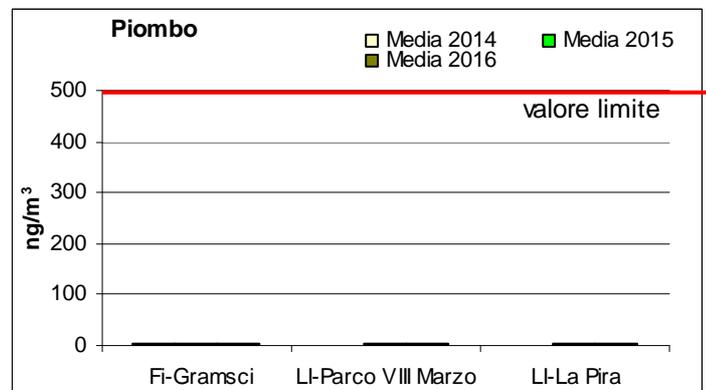
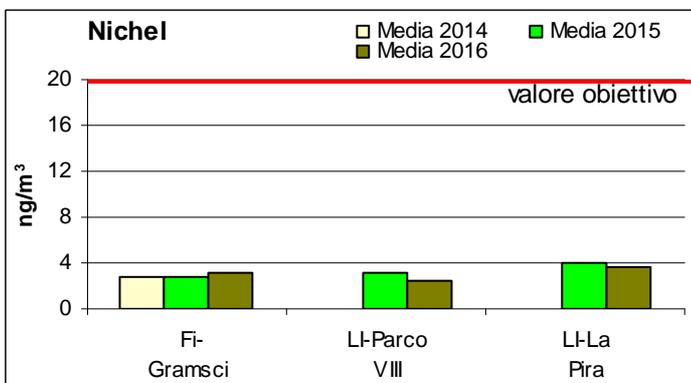
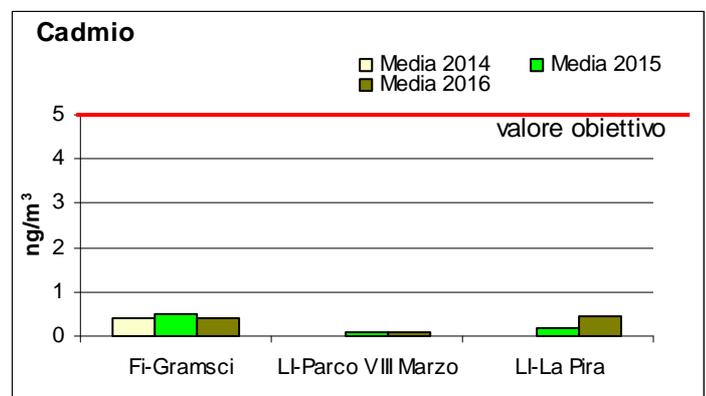
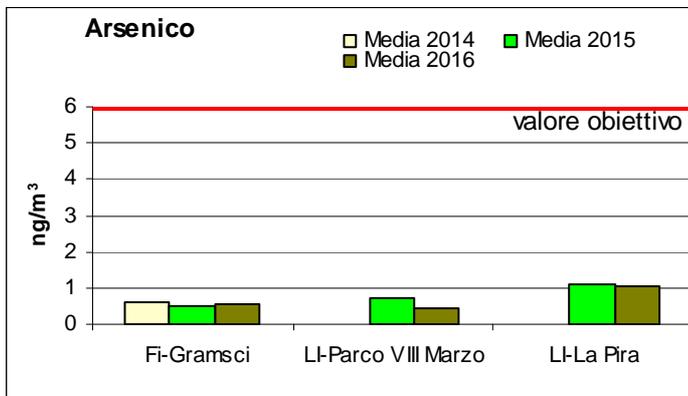
Tabella 5.2.8. Andamenti 2014_2016 Nichel

Zona	Class.	Nome stazione	Nichel Valore Obiettivo: 20 ng/m ³		
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)		
			2014	2015	2016
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	2,7	2,7	3,2
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII Marzo	*	3,1	2,5
	UF	LI-La Pira	*	4	3,7

* non disponibile

Dai valori riportati in tabella si può concludere che da quando è cominciato il monitoraggio dei metalli, i valori medi annuali di Piombo, Arsenico, Nichel e Cadmio sono sempre stati molto contenuti e nettamente inferiori ai valori di riferimento.

Grafico 5.2.2. Andamenti 2014_2016 Metalli pesanti



6. CONCLUSIONI DEL MONITORAGGIO DELLE STAZIONI DI RETE REGIONALE

L'analisi degli indicatori di monitoraggio della qualità della aria nell'anno 2016 ottenuti dal monitoraggio della Rete Regionale evidenzia una situazione complessivamente positiva per la Toscana, confermando le criticità relativamente a 3 inquinanti: PM10, NO₂ ed O₃.

PM10: diversamente dal limite di 40 µg/m³ come media annuale, che è stato rispettato in tutte le stazioni, il limite di 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m³ non è stato rispettato in 2 stazioni di fondo, rispettivamente nella “Zona Valdarno pisano e Piana lucchese” e nella “Zona Prato Pistoia”, confermando per queste due zone la criticità nei confronti dei valori di particolato PM10 che sono i più alti di tutta la regione. L'analisi statistica dei dati di PM10 del periodo 2003 – 2016 mostra per la maggior parte delle stazioni un trend in diminuzione.

PM2,5: il limite normativo di 25 µg/m³ come media annuale non è stato superato in nessuna delle stazioni della Rete Regionale. I valori più alti di PM2,5 sono stati registrati presso le due stazioni di fondo nella “Zona Valdarno pisano e Piana lucchese” e “Zona Prato Pistoia” che hanno registrato anche i valori più elevati di PM10 di tutta la regione. L'analisi statistica dei dati di PM 2,5 mostra un trend decrescente significativo per 4 stazioni su 7 stazioni analizzate mentre per le altre 3 non è possibile individuare un trend significativo.

NO₂: il valore limite di 40 µg/m³ come media annuale non è stato rispettato presso le due stazioni di traffico dell'Agglomerato di Firenze confermando la criticità dell'inquinante rilevato presso le stazioni di tipo traffico. Nel 2016 il valore medio annuale regionale registrato presso le stazioni di traffico è stato di 36 µg/m³, pari al doppio del valore medio delle stazioni di fondo. Il limite di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m³ è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete Regionale, come avviene già da diversi anni. L'analisi statistica dei dati del periodo 2003–2016 mostra un trend decrescente per il 70 % delle stazioni di fondo, per il restante 30 % non è stato possibile individuare un trend significativo. Per le 8 stazioni di tipo traffico per le quali è stato possibile applicare un approccio di tipo statistico due non presentano un trend significativo mentre le altre 6 presentano un trend decrescente.

Ozono: è stata confermata la criticità di questo parametro nei confronti di entrambi i valori obiettivo previsti dalla normativa infatti il limite per la protezione della popolazione non è stato rispettato nel 50 % dei siti ed il limite per la protezione della vegetazione non è stato rispettato per l' 80 % dei siti.

Per quanto riguarda i superamenti delle soglie di informazione e di allarme per l'Ozono, si sono verificati 6 superamenti del valore soglia di informazione di 180 µg/m³ presso la stazione di FI-Settignano.

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003–2016 mostra un trend crescente significativo per 2 delle 9 stazioni di monitoraggio della rete regionale per le quali è stato possibile applicare un approccio di tipo statistico mentre per le altre stazioni non è possibile individuare un trend statisticamente significativo.

CO, SO₂ e benzene: Il monitoraggio relativo al 2016 ha confermato l'assenza di criticità alcuna ed il pieno rispetto dei valori limite.

H₂S : I valori registrati presso le stazioni della rete regionale sono ampiamente inferiori al riferimento dell' OMS-WHO, per entrambi i siti di monitoraggio. Per quanto riguarda il disagio olfattivo invece presso PI-Montecerboli i valori sono stati superiori alla soglia di disagio per il 13,4% del tempo di monitoraggio.

Benzo(a)pirene: il valore obiettivo di 1,0 ng/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete regionale. I risultati del rilevamento mostrano però una situazione eterogenea per quanto riguarda le concentrazioni di fondo di Benzo(a)Pyrene che nella zona costiera sono molto bassi mentre in alcune zone interne sono risultati più elevati con massimo pari a 0,72 ng/m³ presso la stazione di fondo nel comune di Lucca.

Metalli pesanti: il monitoraggio relativo al 2016 ha confermato l'assenza di criticità alcuna ed il pieno rispetto dei valori limite per il piombo e dei valori obiettivo per arsenico, nichel e cadmio.

Sezione 2 -Stazioni di interesse locale

Si riportano le elaborazioni relative ai monitoraggi effettuati tramite la strumentazione presente in altre stazioni attive nell'arco del 2016 e gestite da ARPAT ma non facenti parte della rete regionale.

Tabella 2.1. Stazioni locali _ analizzatori attivi nel 2016- efficienza

Prov.	Comune	Clas s.	Stazione	PM10	PM2,5	NO ₂	CO	SO ₂	O ₃
FI	Pontassieve	UF	FI-Pontassieve	99%	99%	99%	-	-	-
PI	Pontedera	UT	PI-Pontedera	100%	-	99%	100%	-	-
LI	Rosignano M.mo	UF	LI-Poggio SanRocco	-	99%	97%	-	-	98%
FI	Incisa e Figline Valdarno	UF	FI-Figline	-	-	-	-	68%*	83%*

*Serie non valida per le elaborazioni

Le prime 3 stazioni sono state attive in virtù di convenzioni con enti locali e le elaborazioni dei relativi dati sono riportate nelle relative relazioni.

La stazione di FI-Figline è una stazione di Rete Regionale, in questa sessione sono informalmente riportati i parametri che sono stati monitorati nel 2016 ma che rientrano nella Rete Regionale ed infatti sono stati disattivati ad inizio 2017.

Tabella 2.2. Stazioni locali _ PM10 2016

Prov.	Comune	Class.	Stazione	N° medie giornaliere > 50 µg/m ³	V.L.	Media annuale (µg/m ³)	V.L.
FI	Pontassieve	UF	FI-Pontassieve	2	35	17	40
PI	Pontedera	UT	PI-Pontedera	14		23	

Tabella 2.3. Stazioni locali _ PM2.5 2016

Prov.	Comune	Class.	Stazione	Media annuale (µg/m ³)	V.L.
FI	Pontassieve	UF	FI-Pontassieve	10	25
LI	Rosignano M.mo	UF	LI-Poggio SanRocco	7	

Tabella 2.4. Stazioni locali _ NO2 2016

Prov.	Comune	Class.	Stazione	N° medie orarie > 200 µg/m ³	V.L.	Media annuale (µg/m ³)	V.L.
FI	Pontassieve	UF	FI-Pontassieve	0	18	12	40
PI	Pontedera	UT	PI-Pontedera	0		30	

LI	Rosignano M.mo	UF	LI-Poggio SanRocco	0		9	
----	----------------	----	--------------------	---	--	---	--

Tabella 2.5. Stazioni locali _ CO 2016

Prov.	Comune	Class	Stazione	Media massima giornaliera 8 ore (mg/m ³)	Valore limite (mg/m ³)
PI	Pontedera	UT	PI-Pontedera	1,9	10

Tabella 2.6. Stazioni locali _ SO₂ 2016

Prov.	Comune	Class	Stazione	N° medie orarie > 350 µg/m ³	V.L.	N° medie giornaliere > 125 µg/m ³	V.L.
FI	Incisa e Figline Valdarno	UF	FI-Figline	0* (max=14)	24	0* (max=9)	3

* il dato è indicativo perché l'efficienza è inferiore al 90%

Tabella 2.7. Stazioni locali _ O₃ 2016

Prov.	Comune	Class	Stazione	N° medie su 8 ore massime giornaliere >120 µg/m ³		AOT40 Maggio/Luglio	
				2016	Valore obiettivo	2016	Valore obiettivo
LI	Rosignano M.mo	UF	LI-Poggio SanRocco	36	25 superamenti (media tre anni)	15472	18000 media 5 anni
FI	Incisa e Figline Valdarno	UF	FI-Figline	19*		24736*	

* il dato è indicativo perché l'efficienza è inferiore al 90%

Non si sono verificati superamenti dei limiti imposti dalla normativa per nessuno dei parametri monitorati eccetto che per l'ozono di LI-PoggioSan Rocco, il che conferma la situazione critica per questo inquinante.

Sono state effettuate inoltre alcune campagne di indagine, per le quali il monitoraggio è stato effettuato in modalità discontinua e tramite autolaboratorio attrezzato.

Si riporta il prospetto delle indagini relative al 2016.

Tabella 2.8. Indagini relative al 2016_ dati campionamento

Prov.	Comune / Postazione	Parametri monitorati	Inizio campagna	Fine campagna	Campagna indicativa
Pisa	San Miniato – fraz. Ponte a Egola – Piazza Spalletti (MM1)	NOx, PM10 (Campionatore), CO, SO2; DV, VV	Giugno 2016	Giugno 2016	No
Pisa	Castelfranco di Sotto – Via Solferino (MM1)	NOx, PM10 (Campionatore), CO, SO2; DV, VV	Maggio 2016	Giugno 2016	No
Pisa	Montopoli in Vald'Arno fraz. San Romano (MM3)	NOx, PM10/PM2,5 (Campionatore), SO2/H2S; DV, VV	Dicembre 2015	Ottobre 2016	Sì
Pisa	Castelfranco di Sotto – Via dell'Acacia (MM3)	NOx, PM10/PM2,5 (Campionatore), SO2/H2S; DV, VV	Dicembre 2015	Novembre 2016	Sì
Pisa	Fucecchio (FI), Via dei Cerchi (MM3)	NOx, PM10/PM2,5 (Campionatore), SO2/H2S; DV, VV	Gennaio 2016	Settembre 2016	Sì
Pisa	San Miniato – Fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica (MM3)	NOx, PM10/PM2,5 (Campionatore), SO2/H2S; DV, VV	Febbraio 2016	Novembre 2016	Sì
Pisa	C/o sito PI-Montecerboli (MM Siena)	CO, NO2, SO2, PM10/PM2,5 (SWAM trasformato in campionario); O3, BTEX	Luglio 2016	Marzo 2017	Sì (in corso)
Pisa	San Miniato – Fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica (MM3)	NOx, PM10/PM2,5 (Campionatore), SO2/H2S; DV, VV	Dicembre 2016	In corso	Sì
Pisa	Santa Croce sull'Arno – Via delle Querce Rosse (MM3)	NOx, PM10/PM2,5 (Campionatore), SO2/H2S; DV, VV	Dicembre 2016	In corso	Sì
Pisa	Montopoli in Vald'Arno fraz. San Romano (MM3)	NOx, PM10/PM2,5 (Campionatore), SO2/H2S; DV, VV	Gennaio 2017	In corso	Sì
Pisa	Fucecchio (FI), Via dei Cerchi (MM3)	NOx, PM10/PM2,5 (Campionatore), SO2/H2S; DV, VV	Febbraio 2017	In corso	Sì

Arezzo	San Giovanni Valdarno (AR) - Scuola La Pira	CO, NOx, SO2, O3, PM10-PM2,5	Gennaio 2016	Settembre 2016	Sì
Arezzo	Bibbiena (AR) - Piazzale John Lennon	CO, NOx, SO2, O3, PM10-PM2,5	Dicembre 2015	Novembre 2016	Sì
Arezzo	Acropoli presso Stazione di RR AR-Acropoli	As, Cd, Ni Pb	Luglio 2016	Aprile 2017	Sì
Arezzo	Acropoli presso Stazione di RR AR-Acropoli	Benzo(a)pyrene	Maggio 2016	Maggio 2017	Sì
Siena	Chiusi Scalo - Chiusi (SI) Piazza Nigra	CO, NOx, SO2, O3, PM10-PM2,5	Maggio 2016	Gennaio 2017	Sì
Siena	Piancastagnaio (SI) Loc. La Rota	CO, NOx, SO2, O3, PM10-PM2,5, btex	Maggio 2016	Febbraio 2017	Sì
Siena	Poggibonsi presso Stazione di RR SI-Poggibonsi	Benzo(a)pyrene	Maggio 2016	Maggio 2017	Sì

Per alcune delle campagne è stato già prodotto il relativo rapporto di monitoraggio che è disponibile in <http://www.arpad.toscana.it/temi-ambientali/aria/sistema-di-rilevamento/rapporti-annuali>, per altre è ancora in fase di elaborazione. Per le campagne che non sono ancora terminate ma che stanno continuando anche nel 2017 il rapporto sarà disponibile soltanto a fine monitoraggio ed elaborazioni. Per le campagne indicative concluse sono riportati gli indicatori ottenuti.

Tabella 2.9. Indagini relative al 2016_ risultati

Comune / Postazione		PM10		PM2,5	NO ₂		SO ₂		H ₂ S		
		Media annuale µg/m ³	90,4° perc. µg/m ³	Media annuale µg/m ³	Media annuale µg/m ³	Max oraria µg/m ³	Media annuale µg/m ³	Max oraria µg/m ³	Media annuale µg/m ³	Max oraria µg/m ³	% ore sopra la soglia di disagio olfattivo (7µg/m ³)
Pisa	Montopoli in Val d'Arno - fraz. San Romano, Via Pertini (MM3)	26	56	20	19	72	2	13	2	34	6.5%
	Castelfranco di Sotto – Via dell'Acacia (MM3)	26	39	17	22	101	1	10	1	23	2.9%
	Fucecchio (FI), Via dei Cerchi (MM3)	20	31	12	16	74	1	8	1	24	0.7%
	San Miniato – fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica (MM3)	20	36	13	22	90	5	47	6	231	20.2%

Comune / Postazione	Comune / Postazione	PM10		PM2,5	NO ₂		SO ₂		CO		O ₃	
		Media annuale µg/m ³	90,4° perc. µg/m ³	Media annuale µg/m ³	Media annuale µg/m ³	Max oraria µg/m ³	Media annuale µg/m ³	Max oraria µg/m ³	Media max 8 ore mg/m ³	Max oraria mg/m ³	Media max 8 ore µg/m ³	Max oraria µg/m ³
Arezzo	San Giovanni Valdarno (AR) - Scuola La Pira	28	51	19	28	104	5	70	2,3	2,5	143	161
	Bibbiena (AR) - Piazzale John Lennon	24	51	17	16	47	3	15	1,7	2,7	103	112
Siena	Chiusi Scalo (SI) Piazza Nigra	23	58	16	19	81	4	15	1,4	2,0	116	121
	Piancastagnaio (SI) Loc. La Rota	13	18	8	4	44	1	18	0,9	1,3	112	117

Sezione 3 Verifiche di QA/QC effettuate sulla strumentazione della Rete Regionale

Le verifiche di taratura della strumentazione di monitoraggio della rete di qualità dell'aria sono periodicamente effettuate dalla ditta di manutenzione della rete:

- dopo ogni intervento di manutenzione preventiva,
- dopo ogni intervento di manutenzione correttiva,
- ogni volta che la verifica di span impostata in automatico ne indica la necessità,
- annualmente come taratura annuale.

Oltre alle verifiche della ditta dedicata, anche il personale del Centro Regionale di Tutela della Qualità dell'Aria effettua verifiche sia sugli analizzatori di gas che sugli analizzatori di particolato, in base ad una programmazione annuale.

La programmazione prevede il controllo, la verifica e la successiva eventuale messa a punto della strumentazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria, con particolare attenzione alla strumentazione facente parte della Rete Regionale.

Nelle seguenti tabelle sono state sinteticamente riassunte le verifiche effettuate sugli analizzatori di particolato e sugli analizzatori di ozono da parte del laboratorio del CRTQA.

Tabella 3.1. – Riepilogo delle modalità di esecuzione delle verifiche di assicurazione qualità dei dati sulla strumentazione della Rete Regionale

Tipologia	Principio funzionamento e norma di riferimento	Metodologia utilizzata
Analizzatori di ozono	Metodo di assorbimento UV, UNI EN 14625:2005	<ul style="list-style-type: none"> • Taratura diretta tramite erogazione di varie concentrazioni con il riferimento primario del CRTQA e lettura in parallelo
Campionatori PM10/PM2,5 bicanali e PM10 monocali (HYDRA dual e mono channel)	Metodo gravimetrico, UNI EN 12341 :2014	<ul style="list-style-type: none"> • Campionamento in parallelo con un campionatore gravimetrico di riferimento e confronto tra i valori di concentrazione ottenuti con i due metodi gravimetrici
Analizzatori/ Campionatori PM10/PM2,5 bicanali e PM10 monocali (Swam mono e dual channel)	Metodo in automatico di lettura con sorgente beta, UNICEN-TS16450 e Metodo gravimetrico, UNI EN 12341 :2014	<ul style="list-style-type: none"> • Campionamento in parallelo con un campionatore gravimetrico di riferimento e confronto tra i valori di concentrazione ottenuti con i due metodi gravimetrici • Campionamento in parallelo con campionatore gravimetrico di riferimento e confronto dati gravimetrici con i dati ottenuti dal campione con la lettura in continuo
Analizzatori di PM10 MP101M	Metodo in automatico di lettura con sorgente beta, UNICEN-TS16450	<ul style="list-style-type: none"> • Campionamento in parallelo con campionatore gravimetrico di riferimento e confronto dati gravimetrici con i dati ottenuti dal campione con la lettura in continuo

3.1. VERIFICA, ALLINEAMENTO E TARATURA DEGLI ANALIZZATORI DI OZONO

La taratura viene effettuata allo scopo di ottimizzare l'allineamento e funzionamento degli analizzatori di ozono in base ad una catena metrologica su scala nazionale, organizzata dall'INRIM. La catena prevede il confronto del campione con lo standard "primario "TEI 49 C PS" in dotazione al laboratorio del CRTQA, che viene annualmente tarato presso l'INRIM con il loro standard di riferimento nazionale. Questo standard nazionale è il riferimento ufficiale per gli standard di riferimento regionali in dotazione alle varie agenzie regionali, in modo da assicurare l'uniformità della catena metrologica su tutto il territorio

La campagna di indagine e verifica sugli analizzatori di ozono appartenenti alla rete regionale è stata organizzata nei primi mesi del 2016.

Le verifiche effettuate sono state 11 su analizzatori di RR, 2 analizzatori in dotazione a Mezzi Mobili di gestione CRTQA e 2 stazioni di interesse locale. I risultati sono stati molto positivi, con la restituzione di rette di taratura con coefficienti "SLOPE" compreso tra 0,96 ed 1,02 e coefficienti "OFFSET" compresi tra -0,7 e 2,1,

Le incertezze restituite dall'intero processo metrologico di correlazione con il riferimento nazionale, sono molto contenute. Esse sono comprese tra 2,5 % e 6 % se calcolate al valore obiettivo per la salute umana di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre sono comprese tra 1.2 % e 3 % se calcolate al valore soglia di allarme di $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Grafico 3.1.1 – Risultati verifiche su analizzatori di ozono: slope e offset delle rette di regressione

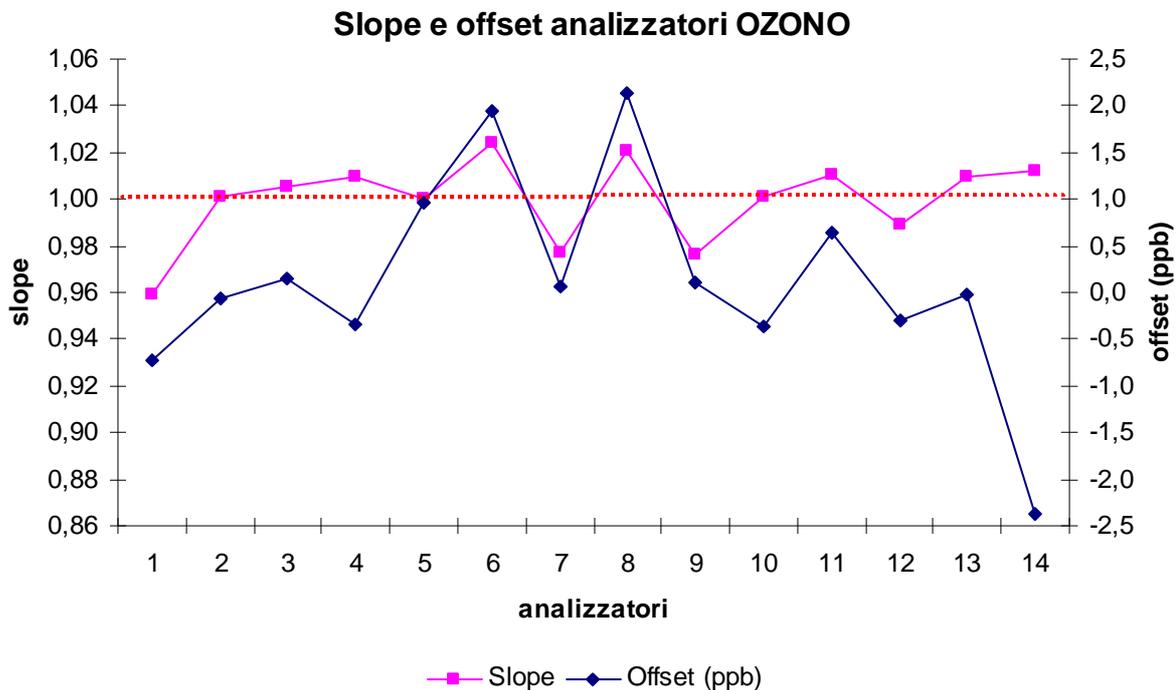
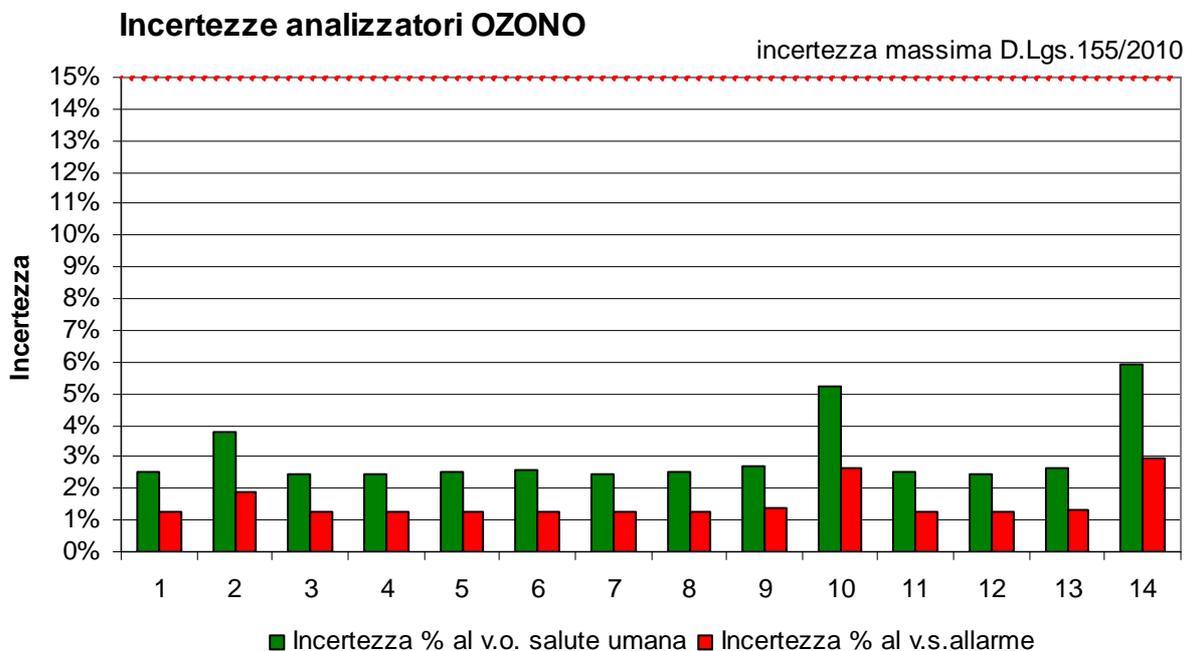


Grafico 3.1.2 – Risultati verifiche su analizzatori di ozono: incertezza al valore obiettivo per la salute umana (120 ppb) ed al valore soglia di allarme (240 ppb)



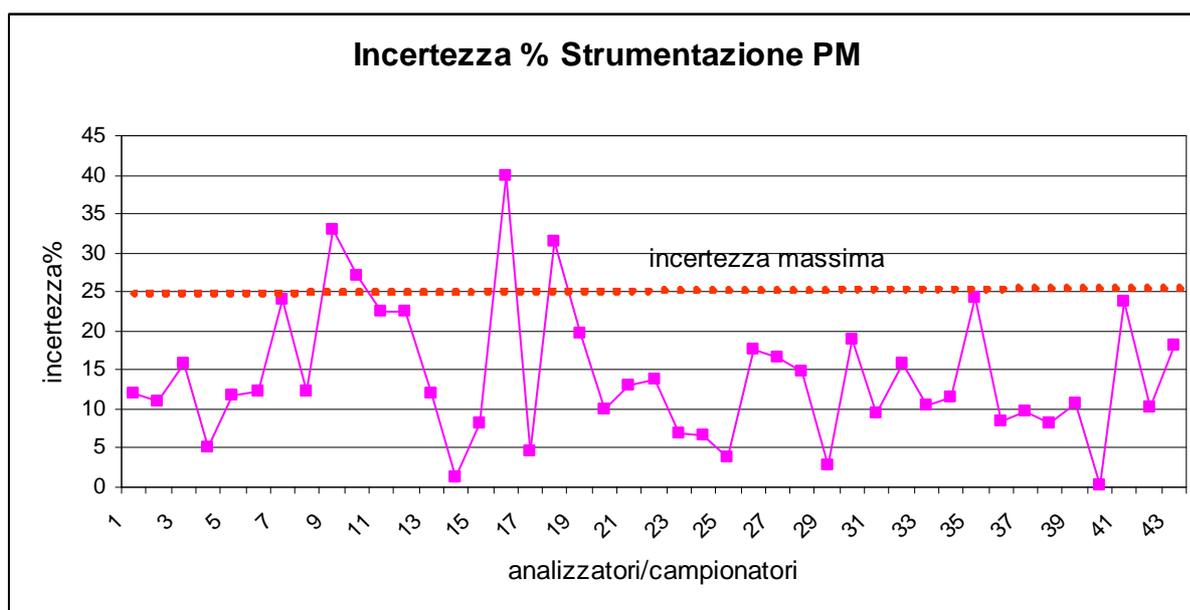
3.2. VERIFICHE EFFETTUATE SULLA STRUMENTAZIONE DI PM 10 E DI PM2,5 APPARTENENTE ALLA RETE REGIONALE.

Le verifiche sulla strumentazione di PM10 e di PM2,5 sono state effettuate durante il 2016 con le modalità riportate in tabella 3.1.

Sono state portate a termine complessivamente 43 audit di almeno 15 giorni ciascuno sugli analizzatori e campionatori di rete regionale con risultati nel complesso più che positivi.

Infatti l'incertezza estesa risultante dalla verifica del CRTQA, calcolata al valore limite per la media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è risultata nel 91 % dei casi (39 su 43) inferiore al parametro indicato dal Dlgs155/2010, cioè del 25 % e nel 63 % dei casi (27 su 43) essa è risultata inferiore al 15 %. Relativamente ai 4 strumenti per i quali l'incertezza non è rientrata nei parametri sono stati intrapresi gli opportuni interventi di manutenzione e di rivalutazione dei dati.

Grafico 3.2.1 – Risultati verifiche su strumentazione PM: incertezza al valore limite per la media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Nel 2016 sono state effettuate verifiche su 80 giorni distribuiti nell'anno che hanno coinvolto 4 analizzatori SWAM delle stazioni di FI-Gramsci, PO-Roma, LU-San Concordio e LI-LaPira.

Tabella 3.2.1 – Risultati verifiche su strumentazione PM effettuate come ON GOING: incertezza al valore limite per la media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, coefficiente di correlazione ortogonale R^2 , pendenza (slope) ed intercetta della retta (offset).

Stazione di appartenenza del PM	Giorni di campionamento valido	Incertezza estesa a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	R^2	slope	Offset $\mu\text{g}/\text{m}^3$
La-Pira	59	14%	0,74	1,06	-1,6
PO-Roma	57	15%	0,89	0,93	1,4
FI-Gramsci	75	10%	0,97	1,00	-1,4
LU-San Concordio	79	11%	0,97	1,02	-0,8

Allegato 1

Valori delle statistiche di base calcolate sui valori medi giornalieri .

Tabella 1. PM10

Valori statistici sulle medie giornaliere PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Stazione	minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	massimo
FI-BOBOLI	4	11	15	20	67
FI-BASSI	4	12	17	22	78
FI-GRAMSCI	10	22	26	35	88
FI-MOSSE	1	14	19	25	88
FI-SCANDICCI	3	13	18	24	102
FI-SIGNA	2	14	19	25	131
PO-ROMA	4	15	21	27	121
PO-FERRUCCI	4	14	20	27	112
PT-SIGNORELLI	1	13	17	23	83
PT-MONTALE	5	16	22	30	126
AR-ACROPOLI	5	11	15	22	85
FI-FIGLINE	0	14	18	29	101
AR-REPUBBLICA	4	15	20	28	93
GR-URSS	6	13	17	20	40
GR-SONNINO	7	19	25	33	73
LI-CAPPIELLO	5	13	17	21	47
LI-CARDUCCI	8	19	22	27	53
LI-LAPIRA	3	14	17	21	50
LI-COTONE	2	12	16	19	48
LI-PIOMBINO-PARCO-VIII-MARZO	6	14	17	20	42
MS-COLOMBAROTTO	4	15	20	26	68
MS-MARINA-VECCHIA	6	15	19	25	93
LU-VIAREGGIO	7	18	22	30	90
LU-CAPANNORI	6	16	21	35	126
LU-MICHELETTO	6	17	23	33	109
LU-SAN-CONCORDIO	5	16	21	32	121
PI-PASSI	4	15	19	25	71
PI-BORGHETTO	8	19	24	30	88
PI-SANTA-CROCE-COOP	2	16	22	30	119
PI-MONTECERBO LI	0	7	10	13	45
AR-CASA-STABBI	1	6	9	14	53
SI-POGGIBONSI	3	13	17	21	48
SI-BRACCI	4	14	19	26	65
LU-FORNOLI	1	11	17	28	75

Tabella 2. PM 2.5

Valori statistici sulle medie giornaliere PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Stazione	minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	massimo
FI-BASSI	3	8	11	15	69
FI-GRAMSCI	4	11	15	20	72
PO-ROMA	2	8	12	19	110
PO-FERRUCCI	3	8	12	18	94
PT-MONTALE	3	10	14	22	110
AR-ACROPOLI	3	7	10	15	76
GR-URSS	3	7	9	12	29
LI-CAPPIELLO	3	7	9	12	38
LI-CARDUCCI	4	9	12	15	42
MS-MARINA-VECCHIA	4	8	12	15	77
LU-VIAREGGIO	4	9	12	17	76
LU-CAPANNORI	3	9	14	25	110
PI-PASSI	3	8	12	17	63
PI-BORGHETTO	4	10	15	20	77
SI-POGGIBONSI	2	7	11	14	40

Tabella 3. NO₂

Valori statistici sulle medie orarie NO ₂ (µg/m ³)					
Stazione	minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	massimo
FI-BASSI	0	9	17	33	113
FI-GRAMSCI	4	44	64	84	188
FI-MOSSE	2	23	36	55	158
FI-SCANDICCI	1	13	24	39	116
FI-SETTIGNANO	1	4	6	10	90
FI-SIGNA	0	10	17	30	94
PO-FERRUCCI	2	14	26	44	128
PO-ROMA	2	14	24	43	146
PT-MONTALE	1	8	15	28	91
PT-SIGNORELLI	1	11	18	33	114
AR-ACROPOLI	0	8	13	23	81
FI-FIGLINE	1	12	19	29	82
AR-REPUBBLICA	3	22	33	46	115
GR-URSS	1	8	12	19	92
GR-SONNINO	0	20	34	50	132
GR-MAREMMA	0	2	3	4	27
LI-CAPPIELLO	0	7	12	20	117
LI-CARDUCCI	1	19	31	44	126
LI-LAPIRA	1	12	18	27	103
LI-COTONE	0	6	10	18	114
LI-PIOMBINO- PARCO-VIII- MARZO	0	6	10	17	92
MS- COLOMBAROTTO	0	8	13	23	93
MS-MARINA- VECCHIA	1	10	16	28	109
LU-VIAREGGIO	0	12	22	40	130
LU-CAPANNORI	1	12	23	37	111
LU-CARIGNANO	0	4	7	13	66
LU-MICHELETTO	2	14	24	38	104
LU-SAN- CONCORDIO	1	12	23	36	127
PI-BORGHETTO	1	21	32	48	115
PI-PASSI	0	7	15	27	84
PI-SANTA-CROCE- COOP	1	12	21	33	120
PI- MONTECERBOLI	0	1	4	6	54
AR-CASA-STABBI	0	1	2	3	22
SI-BRACCI	5	21	32	48	162
SI-POGGIBONSI	2	8	14	23	72
LU-FORNOLI	0	6	10	17	62

Tabella 4. Ozono

Valori statistici sulle medie orarie OZONO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Stazione	minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	massimo
FI-SETTIGNANO	0	41	61	84	196
FI-SIGNA	0	21	55	82	180
PT-MONTALE	0	15	50	80	176
AR-ACROPOLI	1	26	52	76	163
GR-MAREMMA	6	58	75	94	160
LU-CARIGNANO	0	37	61	87	166
PI-PASSI	1	18	41	69	135
PI-SANTA-CROCE-COOP	0	6	29	60	123
PI-MONTECERBOLI	1	55	70	86	145
AR-CASA-STABBI	12	49	63	78	155

Tabella 5. Benzene

Valori statistici sulle medie orarie benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Stazione	minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	massimo
FI-BASSI	0	0,6	1,1	2,1	10,4
FI-GRAMSCI	0	1,3	2,2	3,6	14,4
LI-COTONE	0	0,2	0,3	0,5	12,3
LI-LAPIRA	0	0,3	0,6	1,1	8,9
LI-PIOMBINO-PARCO-VIII-MARZO	0	0,1	0,2	0,4	9,7
LU-SAN-CONCORDIO	0,1	0,3	0,5	1,1	10,2
PO-ROMA	0	0,2	0,3	0,8	9,4

Allegato 2

Limiti normativi.

Si riportano i riferimenti normativi in vigore per gli inquinanti oggetto di questo rapporto.

Tabella 1. Particolato PM10 – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ 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

Tabella 2. Particolato PM2,5 – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI ed all.XIV e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³

Tabella 3. Biossido di azoto NO2 – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³

Per il biossido di azoto è inoltre definita dall'allegato XII del D.Lgs. 155/2010 una soglia di allarme che è pari a 400 µg/m³ calcolata come concentrazione media da ripetersi per tre ore consecutive.

Tabella 4. Ossidi di azoto NOx – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di Mediazione	Valore limite
Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³ NOx

Tabella 5. Monossido di carbonio CO – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³

Tabella 6. Biossido di zolfo SO₂ – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite su 1 ora per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile
Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile

Per il biossido di zolfo è inoltre definita dall'allegato XII del D.Lgs. 155/2010 una soglia di allarme che è pari a 500 µg/m³ calcolata come concentrazione media da ripetersi per tre ore consecutive.

Tabella 7a. Ozono O₃ – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori di riferimento
Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/ m ³ da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni
Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18.000 µg/ m ³ come media su 5 anni

AOT40: somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori di un'ora rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00, ora dell'Europa centrale.

Per l'ozono sono inoltre definite dall'allegato XII del D.Lgs. 155/2010 :

SOGLIA DI ALLARME: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.

SOGLIA DI INFORMAZIONE: livello di ozono oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

Tabella 7b. Ozono O3 - Valori soglia (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).

VALORI SOGLIA	Periodo di mediazione	Valori di riferimento
Soglia di informazione	Media massima oraria.	180 µg/ m3
Soglia di allarme	Media massima oraria	240 µg/ m3

Tabella 8. Benzene – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	5 µg/m ³

Tabella 9. Benzo(a)pirene – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XIII e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Concentrazione presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.	Anno civile	1 ng/m ³

Tabella 10. Metalli As, Cd, Ni – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XIII e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Arsenico	Anno civile	6,0 ng/m ³
Cadmio	Anno civile	5,0 ng/m ³
Nichel	Anno civile	20,0 ng/m ³

Tabella 11. Piombo – Limite di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Piombo	Anno civile	0,5 µg/ m ³

Allegato 3

Analisi avvezioni sahariane- anno 2016.

Premessa

I contributi naturali, quali le avvezioni sahariane che hanno interessato il territorio regionale nell'anno 2016, sono stati valutati secondo gli indirizzi definiti dalla "linea guida [SEC(2011) 2008 final] per la dimostrazione e la detrazione dei superamenti imputabili alle fonti naturali ai sensi della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" predisposta dalla Commissione di Lavoro il 15/2/2011.

Per tali eventi naturali, l'azione umana non avrebbe potuto evitare o ridurre significativamente il contributo identificato.

L'attività di sottrazione dei contributi relativi alle avvezioni sahariane individuate in fase di analisi, è stata effettuata in relazione dell'art. 15 comma 1 del D.Lgs. 155/2010 ed il corrispondente art. 20 della Direttiva 2008/50/CE, ed ha riguardato le stazioni di misurazione appartenenti alla rete regionale della qualità dell'aria che hanno registrato, in concomitanza, valori medi giornalieri di materiale particolato PM10 superiori al valore limite.

La valutazione prevista dalla linea guida [SEC(2011) 2008 final] del 15/2/2011 predisposta dalla Commissione di Lavoro è articolata nelle fasi di identificazione degli episodi di intrusione sahariana, di quantificazione degli episodi identificati e di sottrazione dei contributi stimati. Questo metodo consente la quantificazione del contributo delle fonti naturali su base giornaliera, e può pertanto essere utilizzato per la sottrazione dei contributi sahariani, in relazione alla valutazione del numero di superamenti del valore limite dell'indicatore relativo alla media giornaliera di PM10.

Sono state utilizzate per la fase di individuazione degli episodi di avvezione, le stazioni di misurazione fondo regionale di Casa Stabbi (quota: 650 slm), ubicata nel Comune di Chitignano (AR) e di Montecerboli (quota: 353 slm), ubicata nel Comune di Pomarance (Pi), entrambe appartenenti alla Zona Collinare e Montana.

Identificazione degli episodi di intrusione sahariana

La fase di identificazione dei contributi si è basata sull'analisi dei valori medi giornalieri di PM10 misurati dalle stazioni di fondo regionale di Casa Stabbi (Chitignano - AR) e Montecerboli (Pomarance - PI), il cui rapido incremento dei livelli di materiale particolato PM10, può indicare un evento di avvezione sahariana. Nell'anno 2016 sono stati registrati valori medi annuali di PM10 pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in entrambe le stazioni; per quanto attiene il numero di superamenti del valore limite della media giornaliera è stato registrato un caso presso la sola stazione di misurazione di Casa Stabbi.

E' stata avviata una fase di analisi preliminare sulla distribuzione dei valori medi giornalieri misurati nell'anno 2016, elaborazione effettuata mediante il software open-source R - package Openair, dal quale è stata evidenziata una distribuzione asimmetrica, caratterizzata dalla presenza di code, in particolare spostate verso i valori più elevati; l'analisi dei parametri di distribuzione, in particolare della densità di frequenza relativa, ha messo in rilievo un punto di rottura nella distribuzione dopo il valore di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tale valore è stato pertanto prescelto come valore discriminante per l'attivazione delle ulteriori attività specifiche di identificazione degli eventi di avvezione.

Sono state poi interpretate le situazioni meteorologiche giornaliere relative ai giorni caratterizzati da valori medi giornalieri superiori a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati in entrambe le stazioni di misurazione, mediante il modello HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory, versione 4; Draxler e Rolph, 2003; <http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>) predisposto dalla NOAA (National Oceanics and Atmospheric Administration USA) attraverso l'Air Resources Laboratory. Il modello ha elaborato le retrotraiettorie riferite ai 5 giorni precedenti, rispetto al giorno di studio,

previste alle ore 12 e per altezze di 750, 1500 e 2500 metri sul livello del mare. Le conclusioni tratte dall'analisi delle retrotraiettorie, sono state convalidate dall'esame dei dati meteorologici (report mensili) registrati dal Consorzio LaMMA e dalle elaborazioni ottenute dal modello BSC-Dream (<http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM/>) implementato presso l'Earth Sciences Division of the Barcelona Supercomputing Center, il quale restituisce, la distribuzione spaziale della concentrazione di polvere (mineral dust) prevista nel livello più basso dell'atmosfera.

Mediante tali operazioni, sono stati identificati, i seguenti episodi:

Tabella 1 elenco episodi avvezioni sahariane anno 2016 e valori medi giornalieri PM10 stazioni di fondo regionali

DATA	PM10 µg/m ³ PI-MONTECERBOLI	PM10 µg/m ³ AR-CASA-STABBI
23/02/2016	19	27
05/04/2016	22	28
06/04/2016	19	33
07/04/2016	25	53
17/04/2016	26	31
11/05/2016	25	43
16/06/2016	17	25
24/10/2016	14	26
25/10/2016	45	50
26/10/2016	36	44

Dall'esame della tabella 1, traspare che nell'anno 2016 sono stati individuati 10 episodi di avvezioni sahariane, tali eventi naturali, caratterizzati da occasionalità, hanno avuto una frequenza significativa nella primavera e nell'autunno ed una durata limitata, al massimo di tre giorni.

Le mappe relative alla distribuzione spaziale della concentrazione di polvere (mineral dust) prevista nel livello più basso dell'atmosfera elaborate dal modello BSC-Dream, hanno messo in evidenza l'interessamento della prevalenza del territorio regionale al fenomeno dell'intrusione sahariana.

Quantificazione degli episodi di avvezione sahariana

In una prima fase, sono stati determinati i livelli di PM10 di fondo non affetti dagli episodi di avvezione; tale quantificazione è stata effettuata mediante l'elaborazione di indicatori statistici come il 40° percentile dei trenta giorni precedenti l'episodio di avvezione. Tuttavia, è da rilevare che il 40° percentile è un indicatore sito specifico che riproduce la concentrazione di fondo esistente nella penisola iberica durante i giorni con prevalenti condizioni atmosferiche avveffive. L'utilizzo di questo indicatore in altri paesi non è stato convalidato e pertanto non si ha alcuna

certezza sulla sua accuratezza. In assenza di studi specifici che identificano l'indicatore statistico che riproduce al meglio la concentrazione di fondo PM10 del territorio regionale, in relazione alle indicazioni della linea guida, sono stati calcolati, al fine di un utilizzo preferenziale, indicatori più conservativi, come la media delle concentrazioni di PM10 registrate durante i 15 giorni prima ed i 15 giorni dopo l'episodio di avvezione, ed il 50° percentile dei 30 giorni precedenti l'episodio.

Gli indicatori sono stati determinati per ogni periodo di osservazione (trenta giorni) riferibile al singolo episodio di avvezione, escludendo i giorni coincidenti con l'episodio stesso.

La quantificazione del contributo sahariano per i giorni identificati nella fase di analisi delle retrotraiettorie, è stata effettuata per differenza fra il valore della media giornaliera di PM10 registrato dalle stazioni di fondo regionale di Montecerboli e Casa Stabbi ed il valore relativo al livello di fondo (senza contributi di polveri africane) delle stesse stazioni, calcolato con gli indicatori statistici (media delle concentrazioni di PM10 registrate nei 15 giorni ante e 15 post episodio, 50° percentile e 40° percentile dei 30 giorni ante episodio).

L'incertezza estesa media di tutti i sistemi di misura di PM10 installati nelle stazioni della rete regionale è del 9,6 %.

La sintesi delle elaborazioni di quantificazione è presentata nelle tabelle sottostanti:

Tabella 2 Tassi giornalieri dei contributi sahariani e livelli di fondo calcolati con l'indicatore del 40° percentile dei 30 giorni ante evento espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

data	Montecerboli media giornaliera	Casa Stabbi media giornaliera	Montecerboli valore fondo (40° perc. 30 gg ante evento)	Casa Stabbi valore fondo (40° perc. 30 gg ante evento)	contributo sahariano Montecerboli	contributo sahariano Casa Stabbi
23/02/2016	19	27	7	8	12	19
05/04/2016	22	28	10	19	12	9
06/04/2016	19	33	11	11	8	22
07/04/2016	25	53	11	11	14	42
17/04/2016	26	31	11	12	15	19
11/05/2016	25	43	8	7	17	36
16/06/2016	17	25	8	8	9	17
24/10/2016	14	26	8	9	6	17
25/10/2016	45	50	8	9	37	41
26/10/2016	36	44	8	8	28	36

Tabella 3 Tassi giornalieri dei contributi sahariani e livelli di fondo calcolati con l'indicatore della media dei 15 giorni ante e post evento espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

data	Montecerboli media giornaliera	Casa Stabbi media giornaliera	Montecerboli valore fondo (media 15 gg perc e 15 gg post evento)	Casa Stabbi valore fondo (media 15 gg perc e 15 gg post evento)	contributo sahariano Montecerboli	contributo sahariano Casa Stabbi
23/02/2016	19	27	8	8	11	19
05/04/2016	22	28	13	NC	9	--
06/04/2016	19	33	13	NC	6	--
07/04/2016	25	53	13	NC	12	--
17/04/2016	26	31	12	NC	14	--
11/05/2016	25	43	8	9	17	34
16/06/2016	17	25	11	NC	6	--
24/10/2016	14	26	10	12	4	14
25/10/2016	45	50	10	12	35	38
26/10/2016	36	44	11	12	25	32

NC = valore non calcolato per la significativa presenza di valori medi giornalieri invalidi

Tabella 4 Tassi giornalieri dei contributi sahariani e livelli di fondo calcolati con l'indicatore del 50° percentile dei 30 giorni ante evento espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

data	Montecerboli media giornaliera	Casa Stabbi media giornaliera	Montecerboli valore fondo (50° Perc. 30 gg ante evento)	Casa Stabbi valore fondo (50° Perc. 30 gg ante evento)	contributo sahariano Montecerboli	contributo sahariano Casa Stabbi
23/02/2016	19	27	8	9	11	18
05/04/2016	22	28	11	11	11	17
06/04/2016	19	33	11	12	8	21
07/04/2016	25	53	11	12	14	41
17/04/2016	26	31	11	13	15	18
11/05/2016	25	43	9	11	16	32

16/06/2016	17	25	9	8	8	17
24/10/2016	14	26	9	10	5	16
25/10/2016	45	50	10	10	35	40
26/10/2016	36	44	10	11	26	33

Dall'esame delle tabelle 2, 3 e 4, traspare che i livelli di fondo calcolati con gli indicatori statistici sono sostanzialmente equivalenti in entrambe le stazioni di fondo esaminate, si rileva una differenza significativa in merito ai contributi giornalieri giacché sono più bassi (a prescindere dal tipo di indicatore utilizzato per calcolare i livelli di fondo) nella stazione di Montecerboli (mediamente del -43 %). La stazione di Casa Stabbi risulta pertanto più sensibile agli episodi di avvezione, con contributi giornalieri che oscillano tra il 54 e l'80 % (valore medio 69 %) rispetto alla concentrazione totale di PM10. La stazione di Montecerboli presenta contributi giornalieri compresi nell'intervallo 36 – 82 % del PM10 totale con un valore medio del 56 %. I contributi percentuali sono stati calcolati a partire da valori di fondo elaborati con gli indicatori della media delle concentrazioni di PM10 registrate nei 15 giorni ante e 15 post episodio e con il 50° percentile dei 30 giorni precedenti l'episodio avvevivo. Questi valori sono in linea con quanto riportato nella linea guida della Commissione di lavoro nel quale è indicato che la polvere sahariana, può contribuire più del 60 % alla concentrazione totale di PM10 nei paesi del Mediterraneo nel corso di un evento di forte inquinamento da polveri.

E' da ritenere che la maggiore sensibilità agli episodi di avvezione sahariana messa in evidenza dalla stazione di misurazione di Casa Stabbi, sia da attribuire alla quota (Casa Stabbi = 650 m - Montecerboli = 353 m), poiché i contributi variano con l'altezza; spesso infatti le masse d'aria con un carico di polvere sahariana, possono mostrare concentrazioni più elevate negli strati superiori della troposfera.

Sottrazione dei contributi stimati

In questa fase, sono stati sottratti, per i giorni nel quale è stato individuato un episodio di intrusione, i carichi di polvere sahariana giornaliera netta determinati nelle stazioni di fondo regionale. L'operazione della differenza, ha riguardato le sole stazioni di rete regionale dell'area interessata all'episodio avvevivo, i cui valori delle concentrazioni hanno registrato il superamento del valore limite della media giornaliera ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Come già indicato nella fase di individuazione degli episodi di avvezione, le elaborazioni modellistiche effettuate con BSC-dream hanno evidenziato, per i giorni analizzati, un ampio interessamento del territorio regionale al fenomeno dell'intrusione sahariana.

Al fine di assicurare una maggiore rappresentatività alle stazioni appartenenti alla rete regionale, è stata individuata, al fine della sottrazione dei contributi delle avvezioni, la stazione di misurazione di Montecerboli, i cui carichi giornalieri risultano più conservativi, poiché si riferiscono ad una quota più bassa rispetto alla stazione di Casa Stabbi e pertanto più vicina alle quote relative alle altre stazioni di misurazione della rete regionale.

In merito all'elaborazione dei livelli di fondo, sono stati preferiti per l'elaborazione gli indicatori relativi alla media delle concentrazioni di PM10 registrate durante i 15 giorni prima e i 15 giorni dopo l'episodio avvevivo analizzato, ed il 50° percentile dei 30 giorni precedenti, poiché più conservativi (il 40° percentile restituisce contributi sahariani sensibilmente più elevati rispetto agli altri due indicatori riproducendo a concentrazione di fondo esistente nella penisola iberica e pertanto negli altri paesi non è stato convalidato in termini di accuratezza).

I livelli di concentrazione giornaliera prima e dopo la sottrazione del carico di polvere sahariana effettuato con la metodologia individuata dalla "linea guida [SEC(2011) 2008 final] relativi alle stazioni di misurazione della rete regionale interessate all'episodio avvertivo, sono mostrati nelle tabelle successive. Le tabelle hanno un riferimento temporale connesso all'episodio avvertivo e riguardano le sole stazioni che hanno registrato il superamento del valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Episodio del 7 aprile 2016

Tabella 5 Riepilogo sottrazione contributi stimati il 7 aprile 2016

AR-Repubblica PM10 totale $\mu\text{g}/\text{m}^3$	risultato sottrazione carico media 15 gg ante e post	risultato sottrazione carico 50° perc 30 gg ante
51	39	37

Episodio del 17 aprile 2016

Tabella 6 Riepilogo sottrazione contributi stimati il 17 aprile 2016

GR-Sonnino PM10 totale $\mu\text{g}/\text{m}^3$	risultato sottrazione carico media 15 gg ante e post	risultato sottrazione carico 50° perc 30 gg ante
56	42	43

Episodio del 16 giugno 2016

Tabella 7 Riepilogo sottrazione contributi stimati il 16 giugno 2016

GR-Sonnino PM10 totale $\mu\text{g}/\text{m}^3$	risultato sottrazione carico media 15 gg ante e post	risultato sottrazione carico 50° perc 30 gg ante
56	50	48

Episodio del 25 ottobre 2016

Tabella 8 Riepilogo sottrazione contributi stimati il 25 ottobre 2016

stazione	PM10 totale $\mu\text{g}/\text{m}^3$	risultato sottrazione carico media 15 gg ante e post	risultato sottrazione carico 50° perc 30 gg ante
AR-Repubblica	61	26	26

FI-Figline	54	19	19
FI-Gramsci	58	23	23
GR-Sonnino	73	38	38
MS-Colombarotto	66	31	31
MS-Marina Vecchia	61	26	26
PO-Ferrucci	53	18	18
PO-Roma	52	17	17
SI-Bracci	51	16	16

Episodio del 26 ottobre 2016

Tabella 9 Riepilogo sottrazione contributi stimati il 26 ottobre 2016

stazione	PM10 totale $\mu\text{g}/\text{m}^3$	risultato sottrazione carico media 15 gg ante e post	risultato sottrazione carico 50° perc 30 gg ante
AR-Repubblica	60	35	34
FI-Figline	66	41	40
FI-Gramsci	65	40	39
FI-Mosse	56	31	30
FI-Scandicci	53	28	27
GR-Sonnino	68	43	42
MS-Colombarotto	63	38	37
MS-Marina Vecchia	58	33	32
PO-Ferrucci	58	33	32
LU-Fornoli	58	33	32
LU-San Concordio	52	27	26
LU-Micheletto	55	30	29
PI-Borghetto	60	35	34
SI-Bracci	53	28	27

L'esame dei valori mostrati nelle tabelle 6, 7, 8 e 9, mette in rilievo per tutti i casi esaminati, che la differenza fra il valore medio giornaliero totale di PM10 ed il carico relativo agli episodi sahariani, determina una riduzione del valore medio giornaliero su valori inferiori al valore limite di 50 µg/m³.

La sintesi relativa alla situazione del numero di superamenti del valore limite relativo all'indicatore della media giornaliera di materiale particolato PM10, revisionata in relazione all'operazione di sottrazione dei contributi naturali riconducibili ai carichi delle avvezioni sahariane dell'anno 2016, è mostrata nella tabella 10.

Tabella 10 – sintesi superamenti valore limite media giornaliera PM10 anno 2016 comprensiva della sottrazione dei carichi di avvezione sahariana

stazione	Numero Superamenti 2016	Numero Superamenti con sottrazione contributi sahariani 2016
AR-Casa-Stabbi	1	0
AR-Repubblica	27	24
FI-Figline	28	26
FI-Gramsci	24	22
FI-Mosse	16	15
FI-Scandicci	15	14
GR-Sonnino	10	6
LU-Fornoli	30	29
LU-Micheletto	35	34
LU San Concordio	33	32
MS-Colombarotto	4	2
MS-Marina Vecchia	10	8
PI-Borghetto	24	23
PO-Ferrucci	26	24
PO-Roma	31	30
SI-Bracci	4	2

L'esame della tabella sovrastante evidenzia una situazione più significativa per la stazione di LU-Micheletto, poiché la sottrazione dei contributi sahariani determina il passaggio da 35 a 34

superamenti/anno, valore poco sotto la soglia dei casi ammessi dalla normativa; considerando però i superamenti dal punto di vista della valutazione di conformità al limite, l'operazione di sottrazione risulta ininfluyente perché già prima era presente una situazione di conformità al limite (nessuna delle stazioni esaminate superava i 35 superamenti/anno).

Allegato 4

Analisi del trend degli inquinanti (PM10, PM2,5, NO₂, Ozono) (2003-2016)

Questa analisi ha lo scopo di descrivere in modo sintetico e in forma aggregata la qualità dell'aria in Regione Toscana, in particolare ha lo scopo di valutare l'andamento dei livelli di concentrazione in atmosfera sul lungo periodo attraverso un'analisi robusta dal punto di vista statistico. L'analisi della componente di trend delle serie storiche viene effettuata per i parametri PM10, PM2,5, biossido di azoto (NO₂) e ozono monitorati presso le stazioni di rete regionale (DGRT 964/2015) nel corso degli ultimi 14 anni (2003-2016). La presenza o meno di trend statisticamente significativi delle serie storiche dei dati di qualità dell'aria è stata individuata con un approccio di tipo statistico-probabilistico a cui è associato il relativo margine di incertezza.

Per l'analisi delle serie storiche di dati di qualità dell'aria possono essere utilizzati diversi tipi di approcci quali il metodo di Mann-Kendall⁴ [1] o quello di Theil-Sen [2, 3]. Per questo studio abbiamo utilizzato questo ultimo, implementato dal *King's College* di Londra nel software OpenAir [4] anche in funzione del fatto che tale metodo permette di individuare l'intervallo di confidenza del parametro utilizzato per la descrizione del trend (slope). Lo stimatore di Theil-Sen tende a produrre intervalli di confidenza accurati anche quando i dati non sono distribuiti normalmente e nel caso di eteroschedasticità (varianza dell'errore non costante); è, inoltre, un metodo robusto rispetto agli *outliers* e tiene conto del fatto che le serie storiche di dati di qualità dell'aria sono autocorrelate. L'ipotesi di base di tale metodo è che il processo oggetto di analisi evolve nel tempo in maniera lineare (crescente o decrescente). La pendenza della retta (slope) è fornita dalla mediana dei trend che possono essere calcolati per ciascuna coppia di punti appartenente al set di dati. L'applicazione di tale metodo permette, perciò, di individuare la tendenza dei dati a crescere o a decrescere (slope) e l'intervallo di confidenza di tale parametro, in questo studio considerato pari al 95%.

Per l'analisi del trend sono stati selezionate solo le stazioni con un numero di dati validi sufficiente (85% dei dati validi in un anno). Al fine di effettuare analisi statistiche sufficientemente solide, sono state utilizzate serie storiche con un numero di anni non inferiore a cinque.

4

I livelli di concentrazione degli inquinanti oggetto di questo studio mostrano generalmente una componente stagionale: i valori di PM10, PM2,5 e biossido d'azoto sono maggiori nei mesi invernali rispetto a quelli estivi, mentre l'inverso succede per l'ozono. Il metodo di Theil-Sen usato per stimare la significatività del trend richiede che i dati non presentino ciclicità ma solo variazioni casuali, sovrapposte ad un (eventuale) trend; per tale ragione la stagionalità è stata rimossa dalle serie di dati utilizzando l'opzione prevista all'interno della funzione "TheilSen" di OpenAir.

I risultati del test di Theil-Sen relativamente a ciascuna stazione di monitoraggio sono stati sintetizzati in un unico grafico per ciascun inquinante. Nei grafici, insieme al valore della pendenza (slope) viene riportato l'intervallo di confidenza del 95% e la significatività statistica dei risultati del test (barra blu nel caso di $p\text{-value} < 0.05$, grigia in caso di trend statisticamente non significativo). Vengono, inoltre, riportati in tabella i parametri del test e gli anni delle serie storiche di ciascuna stazione su cui è stato applicato il metodo statistico adottato.

Per tutti gli inquinanti analizzati e in tutti i casi in cui è stato possibile individuare un trend statisticamente significativo si conferma un andamento decrescente dei livelli di concentrazione come individuato anche nelle elaborazioni relative agli anni 2003-2015⁵; la situazione per l'ozono risulta essere, invece, meno soddisfacente. In questo caso, infatti, non sembra esserci un'indicazione chiara di un aumento o di una diminuzione e nella maggior parte delle stazioni il trend non risulta essere significativo.

MATERIALE PARTICOLATO PM10

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003 – 2016 mostra per la maggior parte delle stazioni un trend in diminuzione. Per il 90% delle stazioni analizzate la diminuzione è statisticamente significativa (in blu nel grafico). Solo per due stazioni non è possibile individuare un trend statisticamente significativo (PI-S.C.Coop e AR-Casa Stabbi). Il valore mediano dei trend decrescenti statisticamente significativi è di $-0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno⁶ ($-0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e massimo $-2.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) con variazioni anche rilevanti tra le varie zone. (Figura 1).

⁵ Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Regione Toscana, anno 2015

⁶ Viene riportata la mediana dei valori di slope per completezza di informazione ma tale valore non può essere considerato rappresentativo del trend regionale dell'inquinante; l'individuazione di un trend regionale richiederebbe, infatti, ulteriori approfondimenti.

Figura 1. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 (2003-2016)

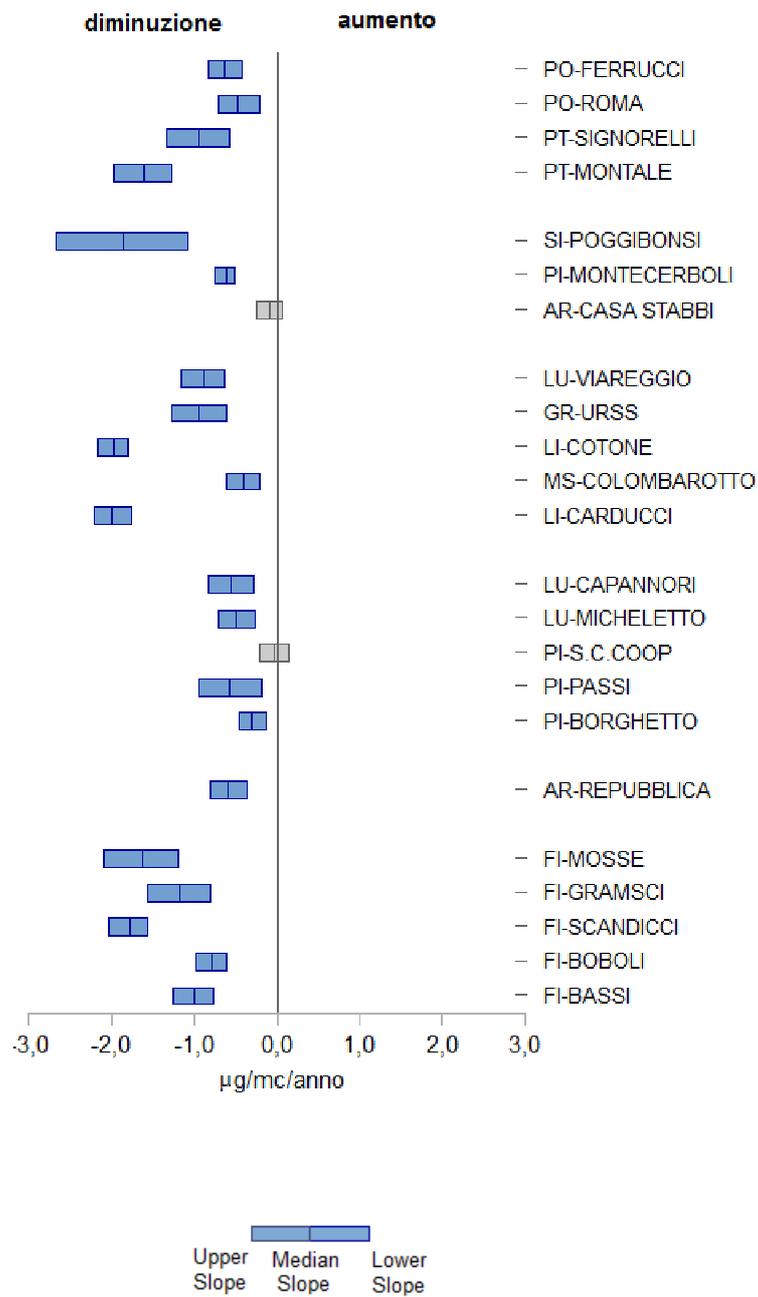


Tabella 1. Parametri del Test di Theil-Sen applicato alle concentrazioni medie giornaliere di PM10 e periodo considerato per l'analisi (2003-2016)

Zona	Periodo	Stazione	Slope	Lower Slope	Upper slope	Significatività statistica del test (p-value)
Agglomerato	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-BASSI	-0,9938916	-1,247211	-0,7664908	< 0.001
	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-BOBOLI	-0,7900184	-0,9730893	-0,607697	< 0.001
	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-SCANDICCI	-1,782296	-2,023835	-1,55607	< 0.001
	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-GRAMSCI	-1,172974	-1,556116	-0,8152187	< 0.001
	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-MOSSE	-1,617574	-2,094312	-1,203853	< 0.001
Valdarno aretino e Valdichiana	01/01/2003 – 31/12/2016	AR-REPUBBLICA	-0,5998887	-0,8178964	-0,3595755	< 0.001
Valdarno pisano e Piana lucchese	01/01/2003 – 31/12/2016	PI-BORGHETTO	-0,2998925	-0,4568359	-0,1376118	< 0.001
	01/01/2010 – 31/12/2016	PI-PASSI	-0,5723035	-0,9369461	-0,1898499	< 0.01
	01/01/2003 – 31/12/2016	PI-S.C.COOP	-0,02959245	-0,2057573	0,1446076	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	LU-MICHELETTO	-0,4936151	-0,7122571	-0,2643837	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	LU-CAPANORI	-0,5536633	-0,8362081	-0,2917359	< 0.001
Zona costiera	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-CARDUCCI	-1,988009	-2,216679	-1,75771	< 0.001
	01/01/2007 – 31/12/2016	MS-COLOMBAROTTO	-0,3968876	-0,6113853	-0,2013193	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-COTONE	-1,96769	-2,169512	-1,802616	< 0.001
	01/01/2004 – 31/12/2016	GR-URSS	-0,9524205	-1,271244	-0,6186512	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	LU-VIAREGGIO	-0,8946853	-1,156485	-0,6351552	< 0.001
Zona collinare – montana	01/01/2008 – 31/12/2016	AR-CASA STABBI	-0,09017892	-0,2437868	0,07199351	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	PI-MONTECERBOLI	-0,622912	-0,7468956	-0,5231468	< 0.001
	01/01/2010 – 31/12/2016	SI-POGGIBONSI	-1,860716	-2,6789	-1,082411	< 0.001
Zona Prato-Pistoia	01/01/2003 – 31/12/2016	PT-MONTALE	-1,599202	-1,977626	-1,280406	< 0.001
	01/01/2009 – 31/12/2016	PT-SIGNORELLI	-0,9348631	-1,324829	-0,5653732	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	PO-ROMA	-0,4692989	-0,7170056	-0,20583	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	PO-FERRUCCI	-0,6284269	-0,8330496	-0,4222117	< 0.001

MATERIALE PARTICOLATO PM2,5

Per quanto riguarda i livelli di concentrazione di PM 2,5 si osserva, per 4 su 7 stazioni analizzate, un trend decrescente statisticamente significativo (Figura 2); mentre per le altre tre stazioni (PO-Roma, FI-Bassi, SI-Poggibonsi) non è possibile individuare un trend statisticamente significativo. Il valore medio dei trend decrescenti statisticamente significativi di PM2,5 è di $-0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno³.

Figura 2. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM2,5 (2003-2016)

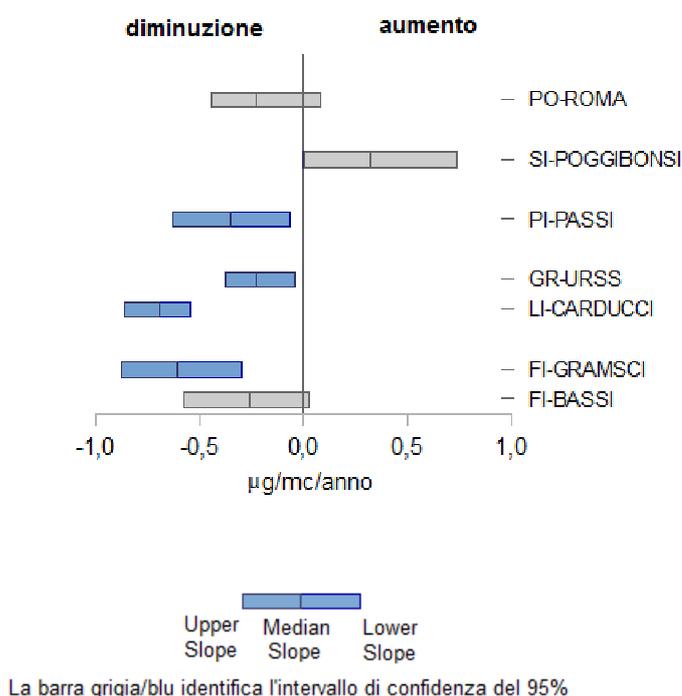


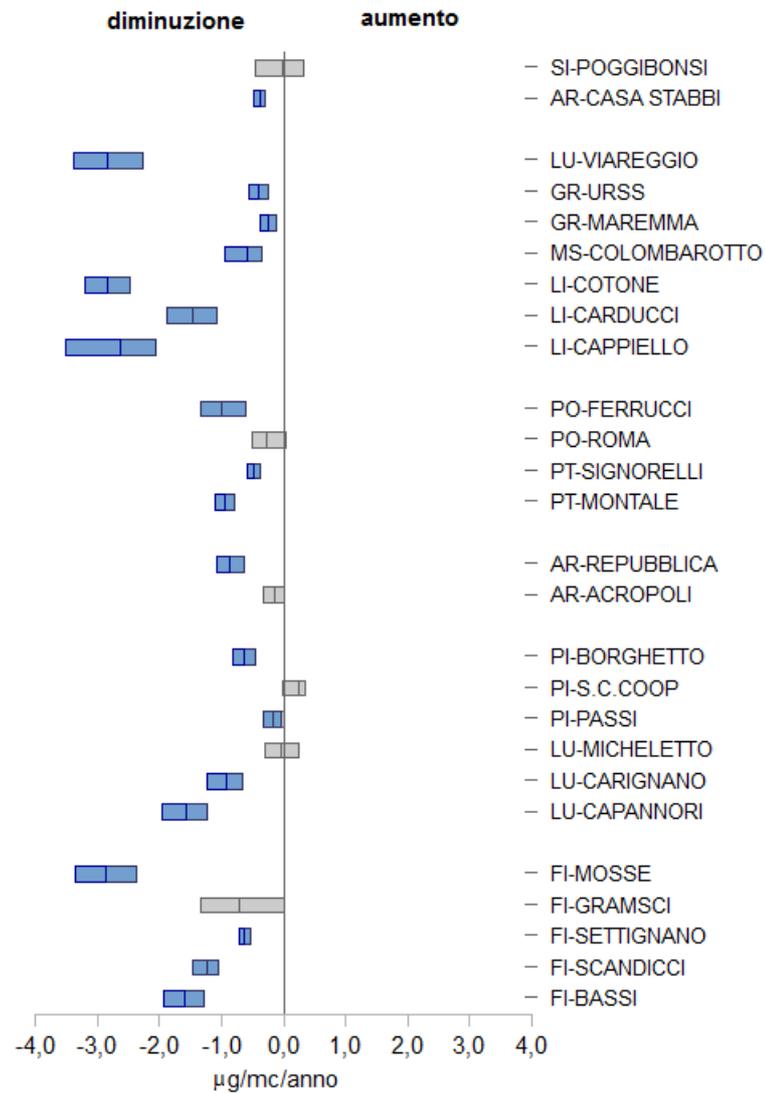
Tabella 2. Parametri del Test di Theil-Sen applicato alle concentrazioni medie giornaliere di PM2,5 e periodo considerato per l'analisi (2003-2016)

Zona	Periodo	Stazione	Slope	Lower Slope	Upper slope	Significatività statistica del test (p-value)
Agglomerato	01/01/2010 – 31/12/2016	FI-BASSI	-0,2551202	-0,5708023	0,02922354	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2010 – 31/12/2016	FI-GRAMSCI	-0,6060455	-0,8764413	-0,2980122	< 0.001
Zona costiera	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-CARDUCCI	-0,6880754	-0,8583911	-0,5429082	< 0.001
	01/01/2010 – 31/12/2016	GR-URSS	-0,223858	-0,3728158	-0,03793786	< 0.05
Valdarno pisano e Piana lucchese	01/01/2010 – 31/12/2016	PI-PASSI	-0,3469247	-0,6259372	-0,06074843	< 0.05
Zona collinare-montana	01/01/2012 – 31/12/2016	SI-POGGIBONSI	0,325121	0,002508877	0,7413103	NON SIGNIFICATIVO
Zona Prato-Pistoia	01/01/2006 – 31/12/2016	PO-ROMA	-0,1473407	-0,363359	0,08082264	NON SIGNIFICATIVO

BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003–2016 mostra un trend decrescente statisticamente significativo per circa il 70% delle stazioni di fondo della rete regionale di monitoraggio. Anche l'andamento della serie storica dei livelli di concentrazione di biossido di azoto (NO₂) in stazioni di tipo traffico/industriale è di tipo decrescente in quasi tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio (6 stazioni su 8); solo due stazioni non presentano un trend statisticamente significativo (FI-Gramsci e LU-Micheletto). Il valore mediano dei trend decrescenti statisticamente significativi di NO₂ è di -0.7 µg/m³ all'anno³ con variazioni anche significative tra le varie zone (Figura 3).

Figura 3. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di NO₂ (2003-2016)



La barra grigia/blu identifica l'intervallo di confidenza del 95%

Tabella 3. Parametri del Test di Theil-Sen applicato alle concentrazioni medie giornaliere di NO₂ e periodo considerato per l'analisi (2003-2016)

Zona	Periodo	Stazione	Slope	Lower Slope	Upper slope	Significatività statistica del test (p-value)
Agglomerato	01/01/2003 – 31/12/2016	FI-BASSI	-1,596112	-1,932727	-1,273461	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	FI-SCANDICCI	-1,232476	-1,454926	-1,048978	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	FI-SETTIGNANO	-0,6260513	-0,7243732	-0,5209631	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	FI-GRAMSCI	-0,6980084	-1,331045	0,004580601	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	FI-MOSSE	-2,877153	-3,36648	-2,378376	< 0.001
Valdarno pisano e Piana lucchese	01/01/2004 – 31/12/2016	LU-CAPANNORI	-1,564969	-1,949198	-1,23878	< 0.001
	01/01/2012 – 31/12/2016	LU-CARIGNANO	-0,9259781	-1,221724	-0,6631879	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	LU-MICHELETTO	-0,04779241	-0,3044795	0,2329096	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	PI-PASSI	-0,1780778	-0,3246752	-0,03801614	< 0.05
	01/01/2003 – 31/12/2016	PI-S.C.COOP	0,1031246	-0,02689409	0,2320269	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	PI-BORGHETTO	-0,6363012	-0,8288687	-0,4539317	< 0.001
Valdarno aretino e Valdichiana	01/01/2003 – 31/12/2016	AR-ACROPOLI	-0,1422488	-0,3067038	0,01065094	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2015	AR-REPUBBLICA	-0,8588372	-1,063962	-0,6292262	< 0.001
Zona Prato-Pistoia	01/01/2003 – 31/12/2016	PT-MONTALE	-0,9391522	-1,091833	-0,7959965	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	PT-SIGNORELLI	-0,4766882	-0,5864156	-0,3654864	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	PO-ROMA	-0,2319371	-0,4708275	0,03442142	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	PO-FERRUCCI	-0,9904591	-1,346203	-0,5990508	< 0.001
Zona costiera	01/01/2012 – 31/12/2016	LI-CAPPIELLO	-2,64	-3,5	-2,07	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-CARDUCCI	-1,477179	-1,884999	-1,081738	< 0.001
	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-COTONE	-2,831179	-3,196369	-2,477984	< 0.001
	01/01/2007 – 31/12/2016	MS-COLOMBAROTTO	-0,5912295	-0,9367011	-0,3479789	< 0.001
	01/01/2010 – 31/12/2016	GR-MAREMMA	-0,2433737	-0,3721139	-0,1259363	< 0.001
	01/01/2004 – 31/12/2016	GR-URSS	-0,4111	-0,5476679	-0,2570725	< 0.001
	01/01/2006 – 31/12/2016	LU-VIAREGGIO	-2,83087	-3,385067	-2,263904	< 0.001
Zona collinare-montana	01/01/2005 – 31/12/2016	AR-CASA STABBI	-0,3858141	-0,4770214	-0,3046546	< 0.001
	01/01/2010 – 31/12/2016	SI-POGGIBONSI	-0,008706018	-0,4576356	0,3115065	NON SIGNIFICATIVO

OZONO (O₃)

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003–2016 mostra un trend crescente statisticamente significativo per due delle nove stazioni di monitoraggio della rete regionale di monitoraggio per le quali è stato possibile applicare un approccio di tipo statistico; per le altre stazioni non è possibile individuare un trend statisticamente significativo (Figura 4). Il valore mediano dei trend³ delle due stazioni con trend crescente statisticamente significativo è pari a 1 µg/m³.

Figura 4. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di ozono (2003-2016)

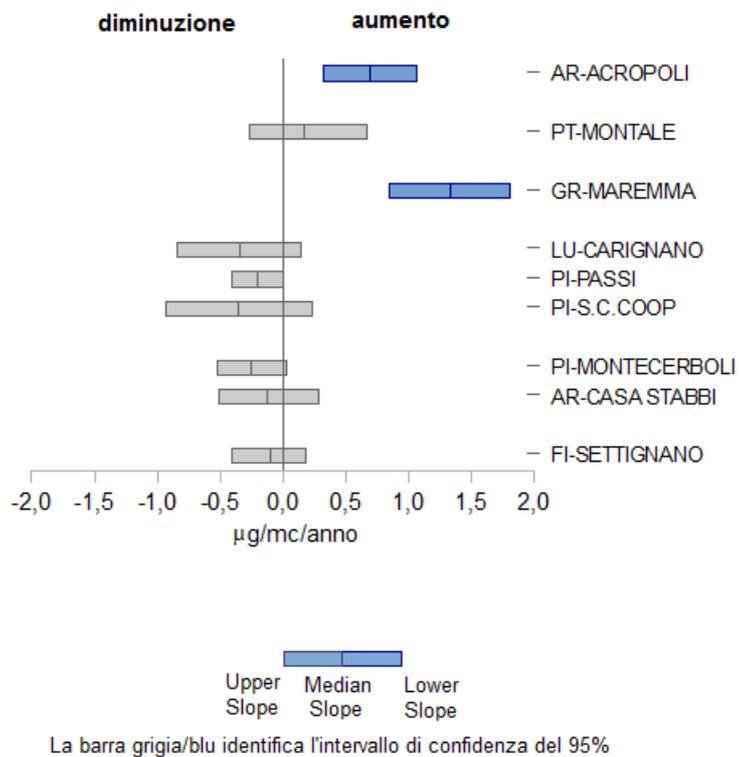


Tabella 4. Parametri del Test di Theil-Sen applicato alle concentrazioni medie giornaliere di ozono e periodo considerato per l'analisi (2003-2016)

Zona	Periodo	Stazione	Slope	Lower Slope	Upper slope	Significatività statistica del test (p-value)
Zona pianure interne	01/01/2003 – 31/12/2016	FI-SETTIGNANO	-0,1023847	-0,4117881	0,1851793	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2006 – 31/12/2016	PT-MONTALE	0,1714705	-0,2703283	0,637317	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	AR-ACROPOLI	0,6915003	0,3297833	1,063092	< 0.001
Zona collinare-montana	01/01/2005 – 31/12/2016	AR-CASA STABBI	-0,1229361	-0,5070993	0,2929014	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2004 – 31/12/2016	PI-MONTECERBOLI	-0,2486388	-0,5256974	0,03164667	NON SIGNIFICATIVO
Zona pianure costiere	01/01/2012 – 31/12/2016	PI-S.C.COOP	-0,354074	-0,9309062	0,2288512	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	PI-PASSI	-0,200914	-0,4059914	0,002402613	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	LU-CARIGNANO	-0,3439454	-0,8470125	0,1462085	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2008 – 31/12/2016	GR-MAREMMA	1,312462	0,8492062	1,805712	< 0.001

Riferimenti bibliografici

- [1] Hirsch R.M., Slack J.R., Smith R.A., 1982, "Techniques of trend analysis for monthly water-quality data", *Water Resources Research*, 18 (1), 107–121, iSI Document Delivery No.: NC504. 145.
- [2] Theil H., 1950, "A rank invariant method of linear and polynomial regression analysis, i, ii, iii", *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie Wetenschappen, Series A – Mathematical Sciences* 53, 386–392, 521–525, 1397–1412. 145.
- [3] Sen P. K., 1968, "Estimates of regression coefficient based on Kendall's tau", *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 145.
- [4] Carslaw D.C., Ropkins K., 2012, "Openair - an R package for air quality data analysis", *Environmental Modelling & Software*, Volume 27-28, 52-61.