

Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana anno 2017

Centro Regionale Tutela Qualità
dell'Aria

marzo 2018

REPORT

ARIA 

Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana anno 2017

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 e dall'analisi delle serie storiche indica una situazione positiva.

Le uniche criticità riguardano: PM10, NO₂ ed Ozono.

PM10: *il limite massimo pari a 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m³ non è stato rispettato in 2 stazioni, entrambe di fondo, mentre il limite di 40 µg/m³ come media annuale è rispettato in tutte le stazioni.*

PM2,5: *il limite normativo di 25 µg/m³ come media annuale non è stato superato in nessuna delle stazioni della Rete Regionale.*

NO₂: *il valore limite di 40 µg/m³ come media annuale non è stato rispettato in tre stazioni di traffico mentre il limite massimo di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m³ è rispettato in tutte le stazioni.*

Ozono: *è stata confermata la criticità di questo parametro nei confronti di entrambi i valori obiettivo previsti dalla normativa che sono stati superati nell'80% delle stazioni.*

CO, SO₂ e benzene : *Il monitoraggio relativo al 2017 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 esso è presente in modo rilevante presso uno dei due siti.*

Benzo(a)pirene: *il valore obiettivo di 1,0 ng/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete regionale.*

Metalli pesanti: *il monitoraggio relativo al 2017 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.....	6
1. STRUTTURA DELLA RETE DI RILEVAMENTO.....	6
2. EFFICIENZA DELLA RETE DI RILEVAMENTO.....	9
3. MATERIALI E METODI.....	11
3.1. Monitoraggio tramite Rete Regionale di qualità dell'aria.....	11
4 Dati rilevati nell'anno 2017. Valori degli indicatori per gli inquinanti rilevati dalle stazioni di rete regionale e confronto con i valori limite.....	12
4.1. Particolato PM10.....	12
4.2. Particolato PM 2,5.....	32
4.3. NO ₂ e NO _x	43
4.4. Ozono.....	55
4.5. CO.....	63
4.6. SO ₂	66
4.7. H ₂ S.....	68
4.8. Benzene.....	73
5. Inquinanti rilevati con campagne discontinue: indicatori e confronto con il valore limite o obiettivo, anno 2017.....	80
5.1. Benzo(a)pirene nel PM10.....	81
5.2. Metalli pesanti (As, Cd, Ni e Pb) nel PM10.....	91
6. Conclusioni del monitoraggio delle stazioni di Rete Regionale.....	96
SEZIONE 2 -MONITORAGGIO DI INTERESSE LOCALE.....	97
SEZIONE 3 VERIFICHE DI QA/QC EFFETTUATE SULLA STRUMENTAZIONE DELLA RETE REGIONALE.....	98
3.1. Verifica, allineamento e taratura degli analizzatori di ozono.....	98
3.2. Verifiche effettuate sui campionatori /analizzatori di PM10 e di PM2,5 di rete regionale.....	101
ALLEGATO 1.....	104
Valori delle statistiche di base calcolate sui valori medi giornalieri per il PM10 e per il PM2,5 e sui valori medi orari per gli altri indicatori.....	104
ALLEGATO 2.....	108
Limiti normativi.....	108
ALLEGATO 3.....	111
Analisi avvezioni sahariane- anno 2017.....	111
ALLEGATO 4.....	117
Analisi del trend degli inquinanti (PM10, PM2,5, NO ₂ , Ozono) (2003-2017).....	117

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.

Nel 2017 sono attive tutte le 37 stazioni previste dalla DGRT n. 964/2015, come riportato nelle tabelle di seguito.

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

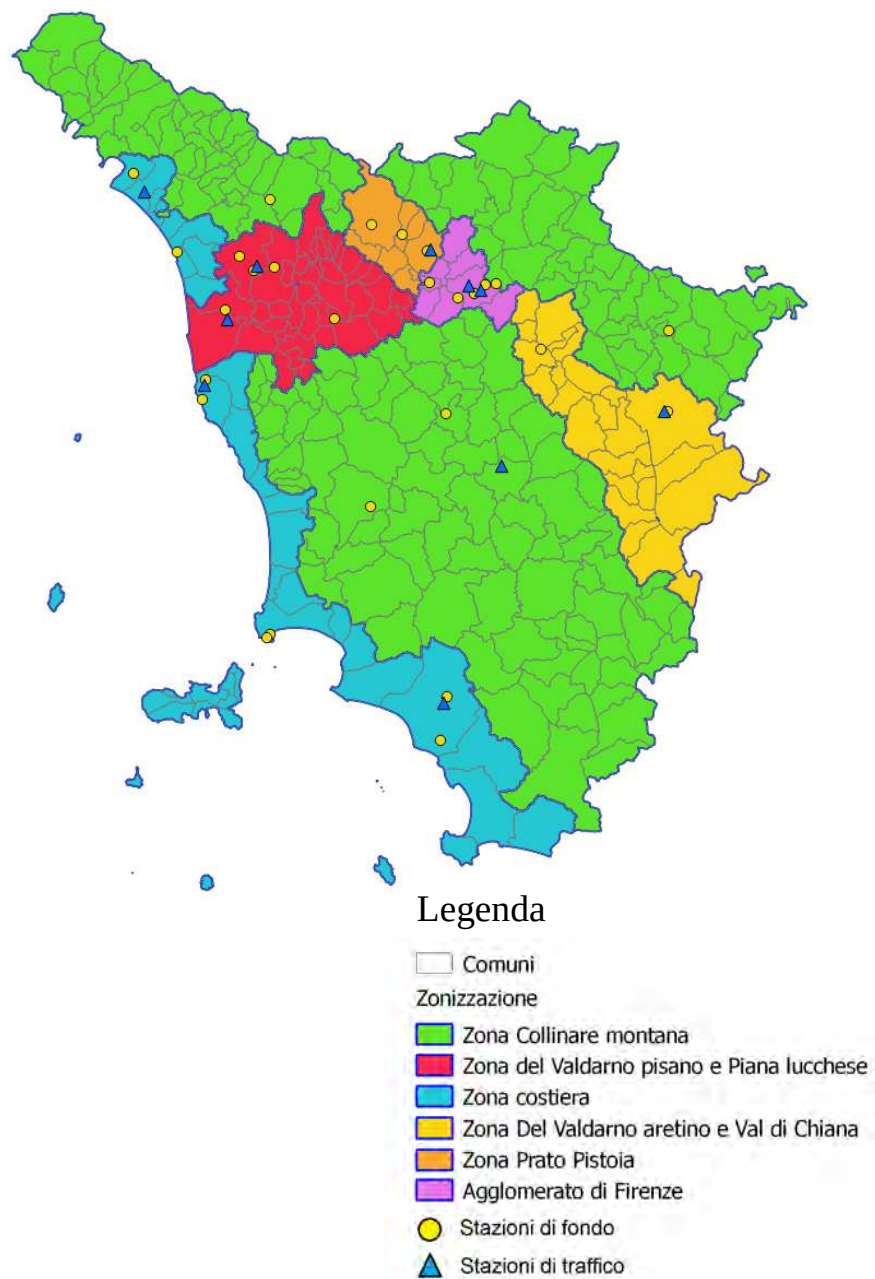


Figura 1.2 Rete regionale ozono

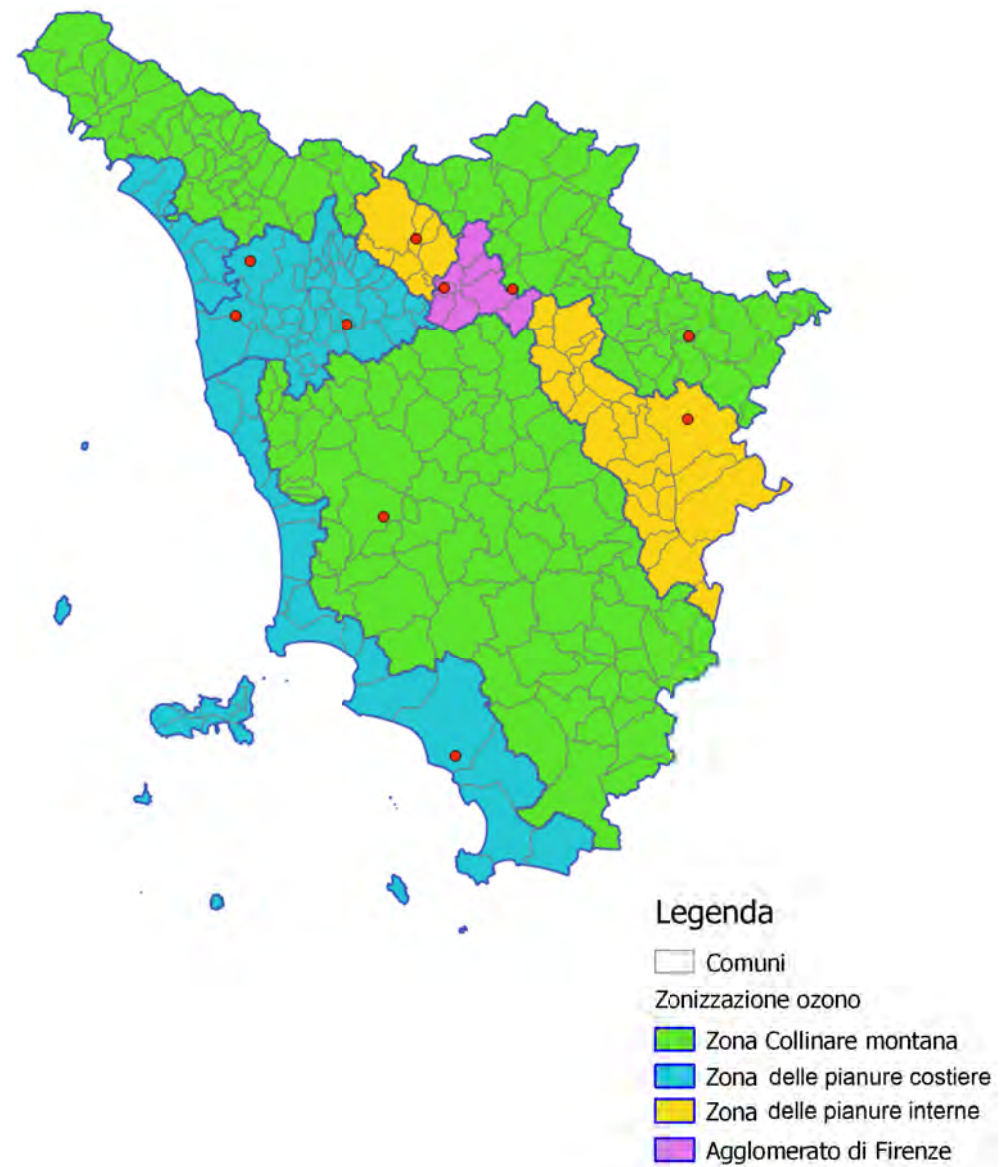


Tabella 1.1. Rete regionale delle stazioni di misura degli inquinanti .

Zonizzazione territorio Regione Toscana rel.inq. All V	Class. Zona e stazione			Provincia e 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. Zona per Ozono	Zonizzazione territorio Regione Toscana O ₃
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	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	
Zona Prato Pistoia	S	F	FI	Firenze	FI-Settignano			x								x		S	
	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											
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	S	F	PT	Montale	PT-Mortale	X	X	X									X	S	
	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropoli	X	X	X									X	S	
	U	F	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	x		x											
Zona costiera	U	T	AR	Arezzo	AR-Repubblica	X		X		X									
	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	x	x	x											
	U	T	GR	Grosseto	GR-Sominio	x		x											
	R	F	GR	Grosseto	GR-Maremma			x									x	R	
	U	F	LI	Livorno	LI-Cappiello	X	X	X											
	U	F	LI	Livorno	LI-Via La Pira	X		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											
	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									
Zona collinare e montana	S	F	PI		PI-Santa Croce(1)	X		X	X								x		S
	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

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

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 .

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 , *parametro attivo ma non incluso nella delibera

Zonizzazione territorio Regione Toscana rel.inq. All V	Class. Zona e stazione		Provincia e 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. Zona per Ozono	Zonizzazione territorio Regione Toscana O ₃
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-Boboli	100													Agglomerato Firenze
	U	F	FI	Firenze	FI-Bassi	100	100	100	99,7		92,8	36							
	U	T	FI	Firenze	FI-Gramsci	100	100	98,3		95,9	96,8	99	98	96	98	98			
	U	T	FI	Firenze	FI-Mosse	100		99,6											
	U	F	FI	Scandicci	FI-Scandicci	100		97,8											
	U	F	FI	Signa	FI-Signa	100		99,6									99	U	
Zona Prato Pistoia	S	F	FI	Firenze	FI-Settignano			99,1									99	S	Zona delle Pianure interne
	U	F	PO	Prato	PO-Roma	100	100	100			98,3	93							
	U	T	PO	Prato	PO-Ferrucci	100	100	100		99,6,									
	U	F	PT	Pistoia	PT-Signorelli	96,3		99,3											
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	S	F	PT	Montale	PT-Montale	97,2	96,9	99,1									97,7	S	
	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropoli	100	100	99,2				52*					99,8	S	
	U	F	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	96		92,8											
	U	T	AR	Arezzo	AR-Repubblica	100		100		100									
Zona costiera	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	100	100	98,4											
	U	T	GR	Grosseto	GR-Sonnino	96,6		100											
	R	F	GR	Grosseto	GR-Maremma			100									98,7	R	
	U	F	LI	Livorno	LI-Cappiello	100	100	99,7											
	U	F	LI	Livorno	LI-Via La Pira	100		97,5	96,3		93,6	93	91	91	91	91*			
	U	T	LI	Livorno	LI-Carducci	100	100	98,7		100									
	U	F	LI	Piombino	LI-Parco 8 Marzo	100		99,2			97,9	96	90	90	90	90*			
	S	I	LI	Piombino	LI-Cotone	100		99,7		100	99,9	92							
	U	F	MS	Carrara	MS-Colombarotto	96,9		96,2											
	U	T	MS	Massa	MS-Marina vecchia	100	100	99,2											
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	U	F	LU	Viareggio	LU-Viareggio	96,9	96,9	97,3											Zona pianure costiere
	U	F	LU	Capannori	LU-Capannori	96,9	96,9	98,9	100										
	U	F	LU	Lucca	LU-San Concordio	96,9		99			97,6	82							
	U	T	LU	Lucca	LU-Micheletto	96,9		98,8											
	R	F	LU	Lucca	LU-Carignano			99,7									99,2	S	
	U	F	PI	Pisa	PI-Passi	100	100	97,9									97,7	S	
	U	T	PI	Pisa	PI-Borghetto	100	100	100		97,3									
	S	F	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce(1)	100		99	96,7								98,4	S	
Zona collinare e montana	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	97,2	97,2	100											Zona collinare e montana
	U	T	SI	Siena	SI-Bracci	97,2		99,8		98,8									
	S	F	PI	Pomarance	PI-Montecerboli (1)	100		94,7	96,7				63	63*	63*	63*	46	S	
	U	F	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	100		98,2											
	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	100		99,1									97,5	R	

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 2017. 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 2017 dalle stazioni di rete regionale. In allegato 3 sono riportati gli episodi di avvezioni sahariane ed in allegato 4 l'analisi del trend dei parametri PM10, PM2,5 Nox e Ozono.

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 9001:2015 e certificato da RINA con registrazione n° 32671/15/5.

4.1. Particolato PM10

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2017 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 µg/m³ e alla media annuale.

Tabella 4.1.1. PM10 – Indicatori relativi alle stazioni di rete regionale anno 2017.

Zona	Class Zona stazione	Prov	Comune	Nome stazione	N° giornaliere > 50 µg/m³	medie V.L.	Media annuale (µg/m³)	V.L. (µg/m³)
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	6	35	18	40
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	10		20	
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	22		28	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	16		22	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	15		22	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	25		23	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	23		25	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	25		24	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	10		20	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	36		27	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	9		19	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	18		24	
	UF	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	28		25	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0		17	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	0		24	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		17	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	2		23	
	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	0		21	

Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	5		21	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	21		26	
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	55		31	
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	29		26	
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	33		28	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	10		22	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	15		27	
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce Coop	26		25	
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0		19	
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	0		19	
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	21		22	
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0		11	
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0		10	
Media annuale complessiva Rete Regionale							22	
Media annuale stazioni di tipo fondo urbano e suburbano							21	
Media annuale stazioni di tipo traffico urbano							24	

Anche per il 2017 il valore limite relativo all'indicatore della media annuale di PM10 di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale attive nel 2017. La concentrazione media regionale registrata in Toscana nel 2017 è stata pari a 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e la concentrazione media registrata dalle stazioni di fondo è stata 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, entrambe le medie sono rimaste stabili rispetto alle medie del 2016. La media registrata presso le stazioni di traffico è stata pari a 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, leggermente inferiore alla media del 2016.

Grafico 4.1.1.1. PM10 – Medie annuali PM10 anno 2017.

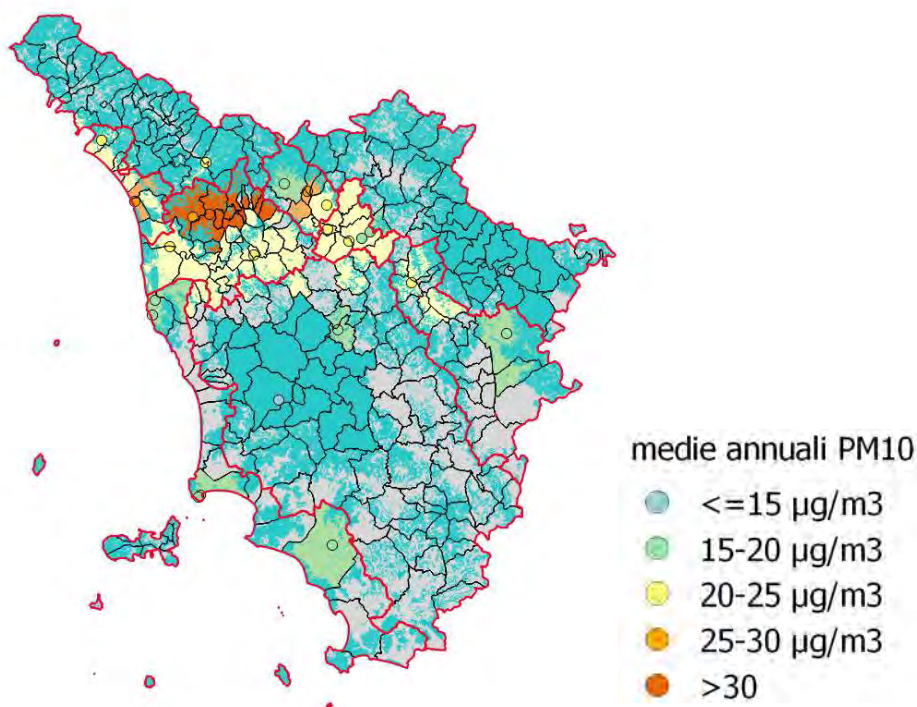


Le medie annuali delle concentrazioni di PM10 calcolate per le stazioni di fondo suddivise per zona sono rispettivamente pari a:

- 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, come media delle 4 stazioni di fondo dell'agglomerato fiorentino;
- 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media delle 3 stazioni della Zona PO-PT;
- 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la Zona del Valdarno aretino e Valdichiana ;
- 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;
- 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media delle 4 stazioni della Zona Collinare e Montana.

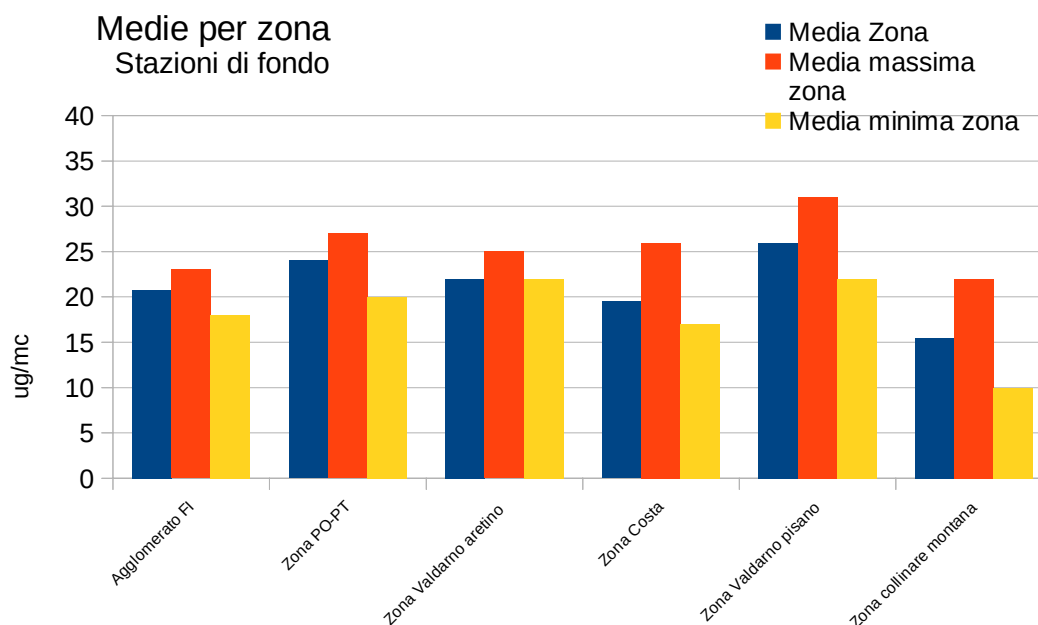
Il panorama è rimasto pressochè invariato rispetto all'anno passato.

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 2017, 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 non rispetta complessivamente le indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. Infatti 9 stazioni di traffico su 10 hanno registrato una media superiore a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, per le stazioni di fondo la situazione è migliore infatti 12 stazioni su 23 hanno registrato media annuale superiore al limite dell'OMS e 11 hanno registrato una media pari o inferiore ad esso.

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.

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.

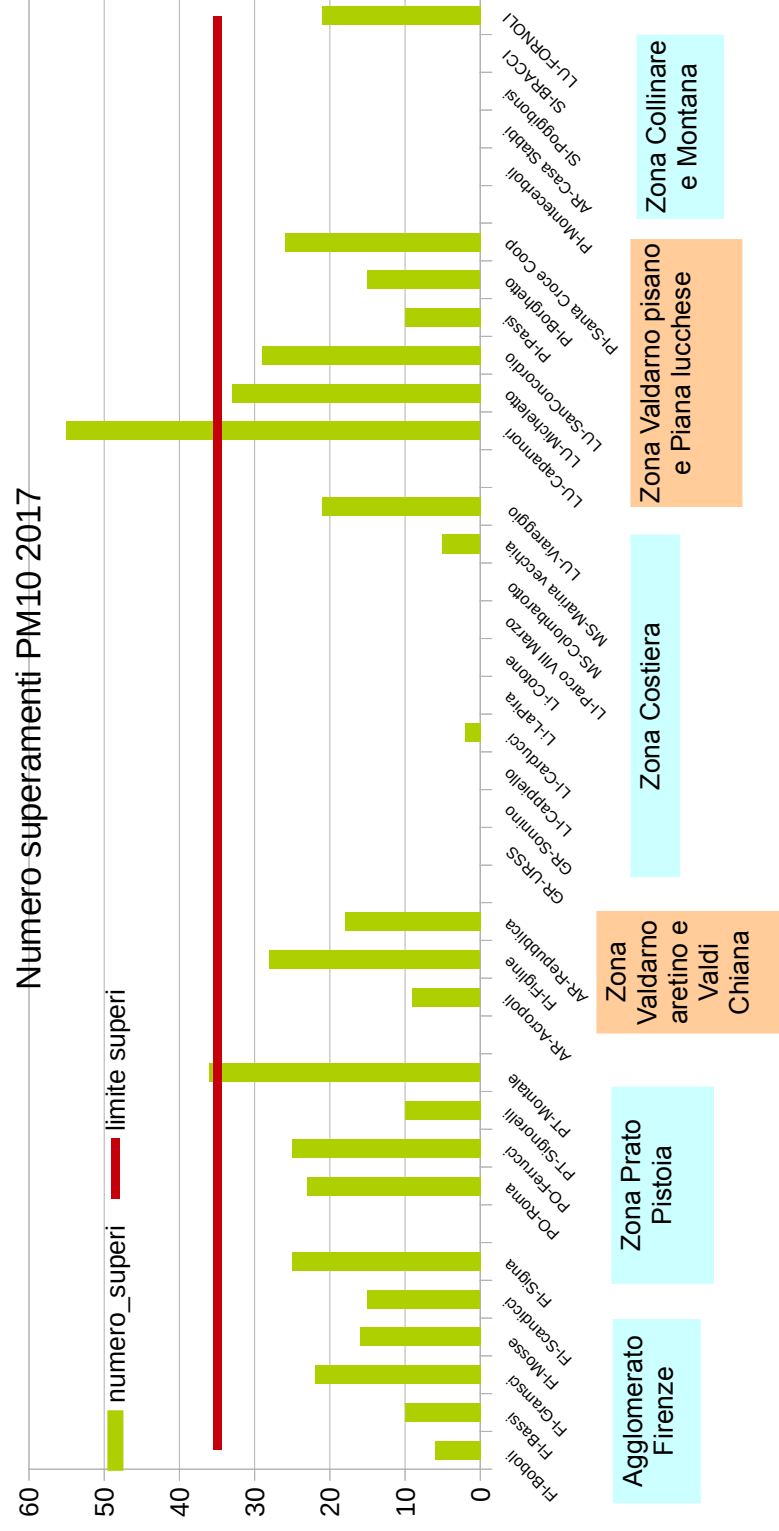
Ad ogni stazione sono associati i comuni che risultano rappresentati dal dato, per parte del proprio territorio, secondo soglie stabilite.

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.

Per quando riguarda il numero di superamenti della media giornaliera di 50µg/m³ di PM10, che sono stati registrati nel 2017, il limite 35 superamenti annuali indicato dal D.lgs155/2010 è stato rispettato da tutte le stazioni delle Rete Regionale con eccezione di due stazioni di fondo, rispettivamente la PF di PT-Montale che ha registrato 36 superamenti (1 in più del limite) e la stazione UF di LU-Capannori che ha registrato 55 superamenti.

²Rappresentatività 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.

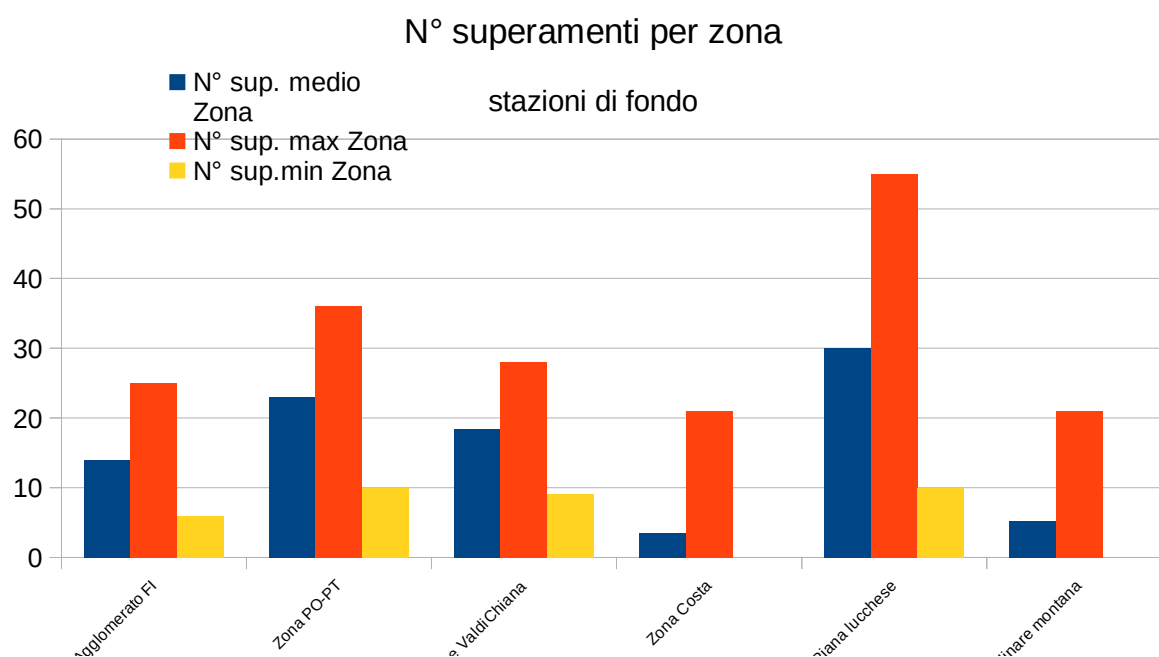
Grafico 4.1.3. PM10 – N° superamenti soglia 50µg/m³ PM10 anno 2017.



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 quasi nullo, con eccezione di LU-Viareggio che ne ha registrati 21 (60% del limite);
- 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 quasi nullo, con eccezione di LU-Fornoli che ne ha registrati 21 (60% del limite);
- le stazioni dell'Agglomerato di Firenze hanno rilevato episodi di superamento in numero contenuto, con massimo presso FI-Signa dove è stato raggiunto il numero di 25 superamenti (70% del limite)
- nella zona di PI e LU i superamenti si sono verificati in modo diffuso in tutte le stazioni di monitoraggio con episodi in numero contenuto eccetto che per LU-Capannori, che ha registrato il massimo regionale di 55 episodi.
- lo stesso fenomeno si è verificato nella zona di PO e PT: episodi diffusi di superamento delle medie giornaliere di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in numero contenuto eccetto che per la stazione di PT-Montale che non ha rispettato il limite con 36 episodi.

Grafico 4.1.4. PM10 – N° superamenti soglia $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 anno 2017, per zona.

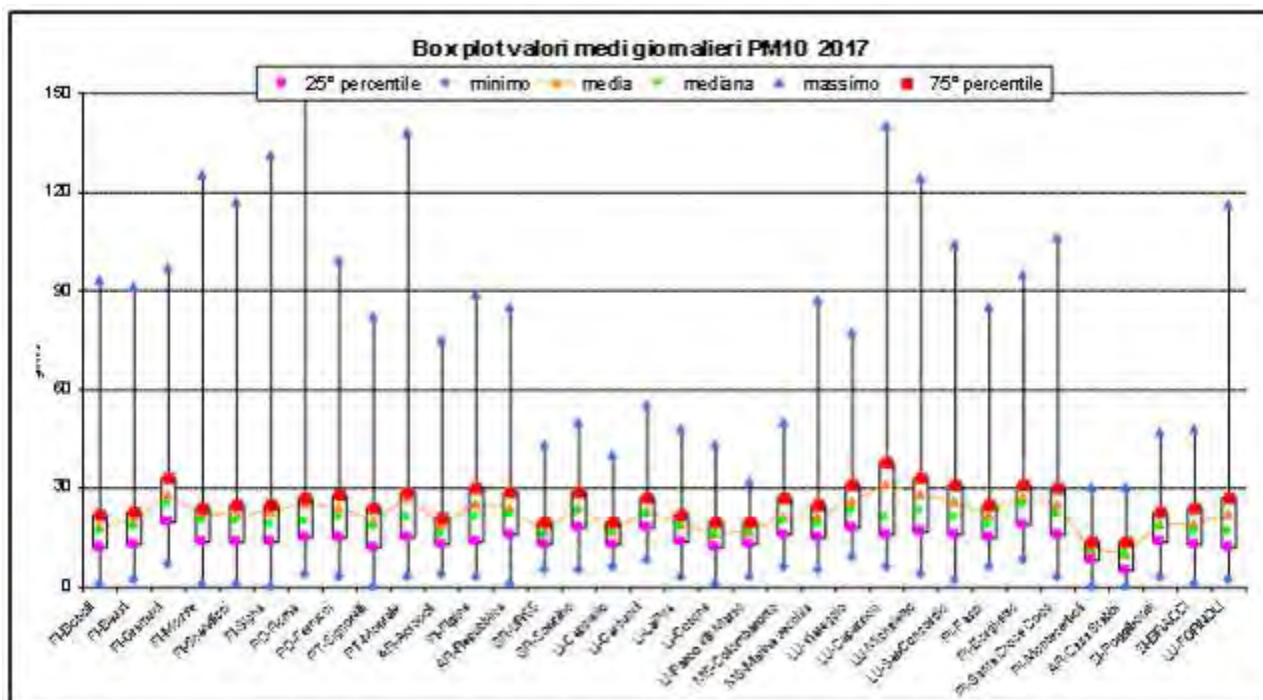


L'OMS ha individuato come valore guida un numero massimo annuale di 3 superamenti della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare per salvaguardare la salute della popolazione mondiale. Questo valore limite, molto più restrittivo del valore indicato dal D.lgs155/2010, nel 2017 non è stato rispettato presso la maggior parte delle stazioni di rete regionale.

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 2017 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 media registrata nel 50% dei giorni dell'anno. Come si nota dal grafico in ciascuna delle stazioni la variabilità dei valori medi giornalieri è piuttosto ridotta, infatti le barre rettangolari sono poco estese.

La stazione che presenta maggiore variabilità è LU-Capannori con la barra che si estende per $22\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 corto per tutte le stazioni, mentre il baffo che rappresenta il range dei valori del quarto quartile è ampio per le stazioni che hanno registrato anche valori elevati. Si può comunque notare che il 75% dei valori medi giornalieri che sono stati registrati in Toscana è inferiore a $35\mu\text{g}/\text{m}^3$.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2017)

Tabella 4.1.2. PM10 – Medie annuali - Andamenti 2007-2017 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class.	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	2017
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	26	25	25	23	26	23	20	19	22	18	18
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	34	29	27	22	24	23	20	18	22	19	20
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	41	44	43	38	38	36	34	29	31	30	28
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	32	42*		39	38	39	30	23	24	22	22
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	39	35	35	33	29	27	24	20	23	21	22
	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	-	-	25	26	24	23
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	-	26	25	31	30	30	27	25	28	26	25
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	-	32	34	33	35	31	30	25	27	25	24
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	-	-	-	26	25	24	23	21	23	20	20
	SF	PT	Montale	PT-Montale	42	39*	*		34	34	29	26	31	28	27
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	-	21	23	19	19
	UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	33	32	30	27	28	28	27	27	30	25	24

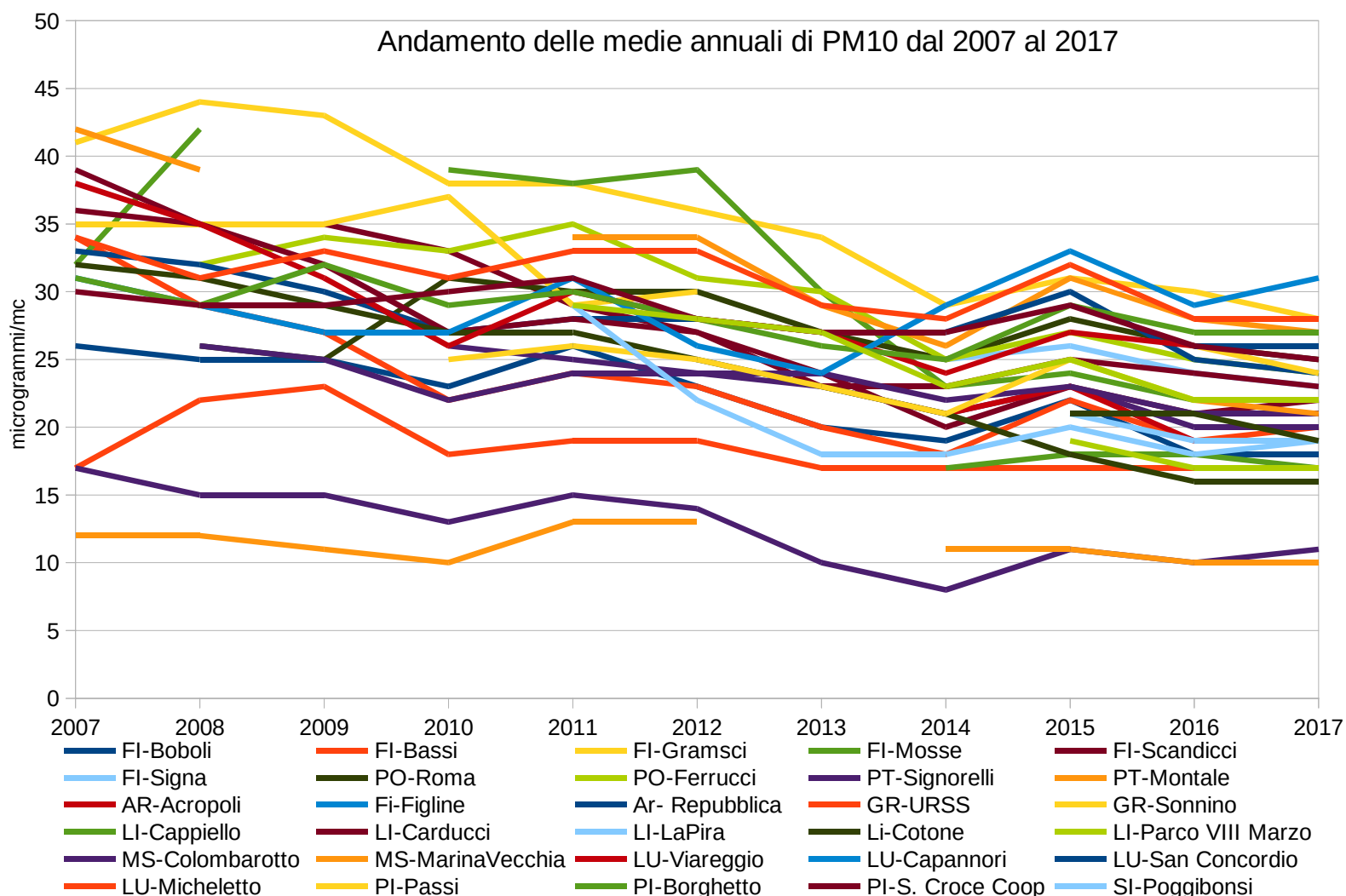
* efficienza minore del 90% , -parametro non attivo.

Zona	Class.	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	2017
Zona costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	17	22	23	18	19	19	17	17	17	17	17
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	35	35	35	37	29	30	-	-	-	26	24
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	-	-	-	-	17	18	18	17
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	36	35	32	27	28	27	23	23	25	24	23
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	-	-	-	*	21	19	19
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	32	31	29	27	27	25	23	21	18	16	16
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	-	-	-	*	19	17	17
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	-	26	25	22	24	24	24	22	23	21	21
	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	-	-	-	-	*	22	21
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	38	35	31	26	30	28	27	24	27	26	26
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	31	29	27	27	31	26	24	29	33	29	31
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	-	-	-	-	-	-	-	*	26	26
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	34	31	33	31	33	33	29	28	32	28	28
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	-	-	-	25	26	25	23	21	25	22	22
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	31	29	32	29	30	28	26	25	29	27	27
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	30	29	29	30	31	28	27	27	29	26	25
Zona Collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	29	22	18	18	20	18	19
	UI	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	-	-	-	*	21	21	19
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	-	-	-	*	29	28	27	23	25	22	22
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	17	15	15	13	15	14	10	8	11	10	11
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	12	12	11	10	13	13	*	11	11	10	10

* efficienza minore del 90% , -parametro non attivo.

I dati in tabella mostrano che le concentrazioni di PM10 sono rimaste praticamente invariate dal 2016 al 2017. Le medie annuali si mantengono al di sotto del limite normativo già da diversi anni con una leggerissima tendenza alla diminuzione.

Grafico 4.1.6. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2007-2017 per le stazioni di rete regionale

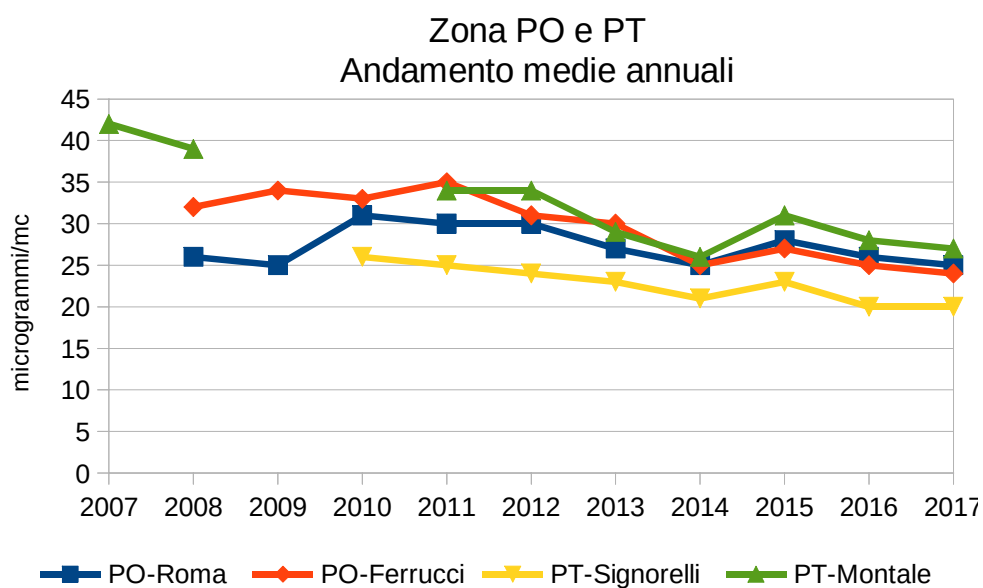
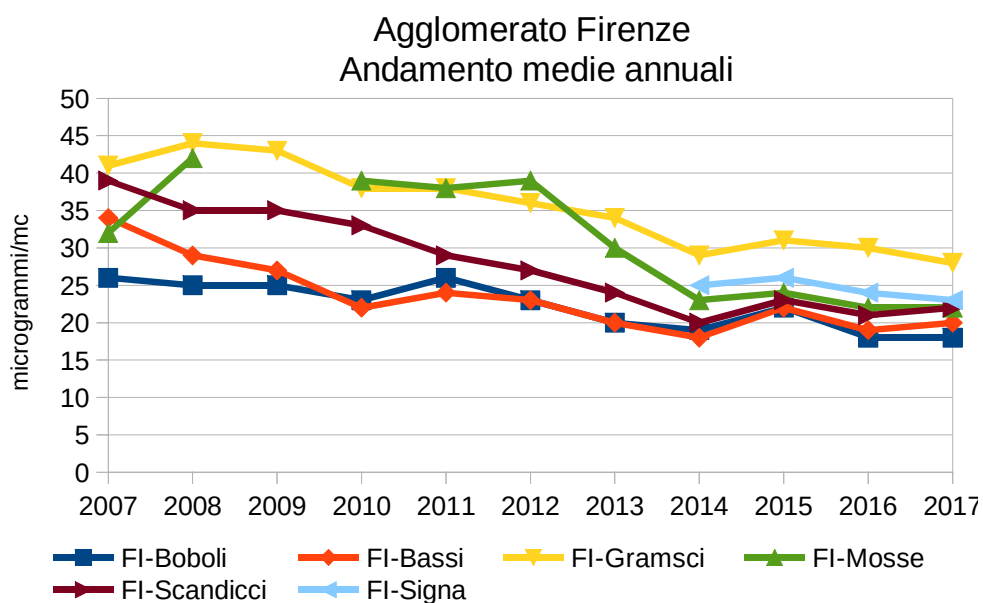


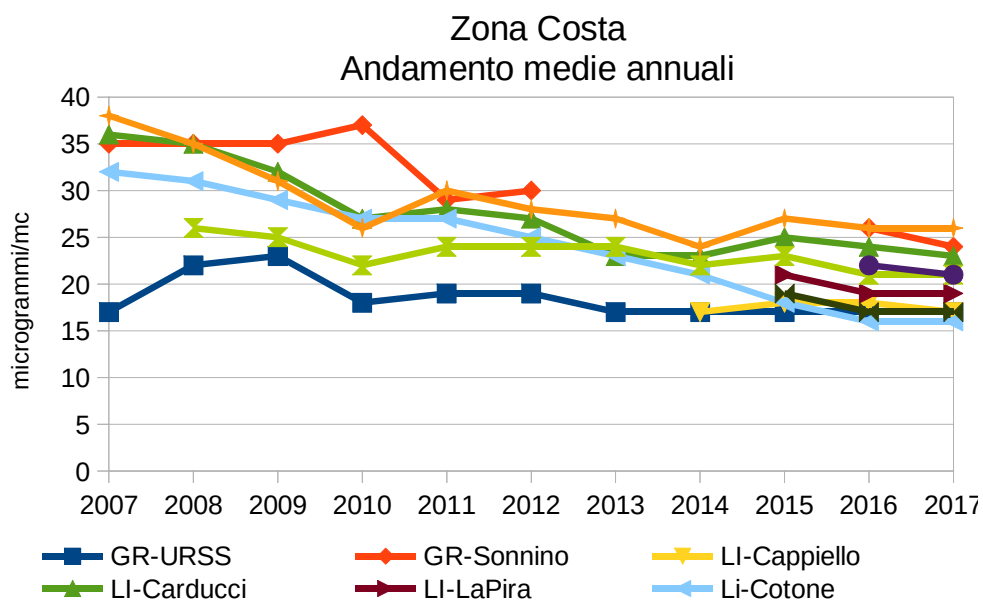
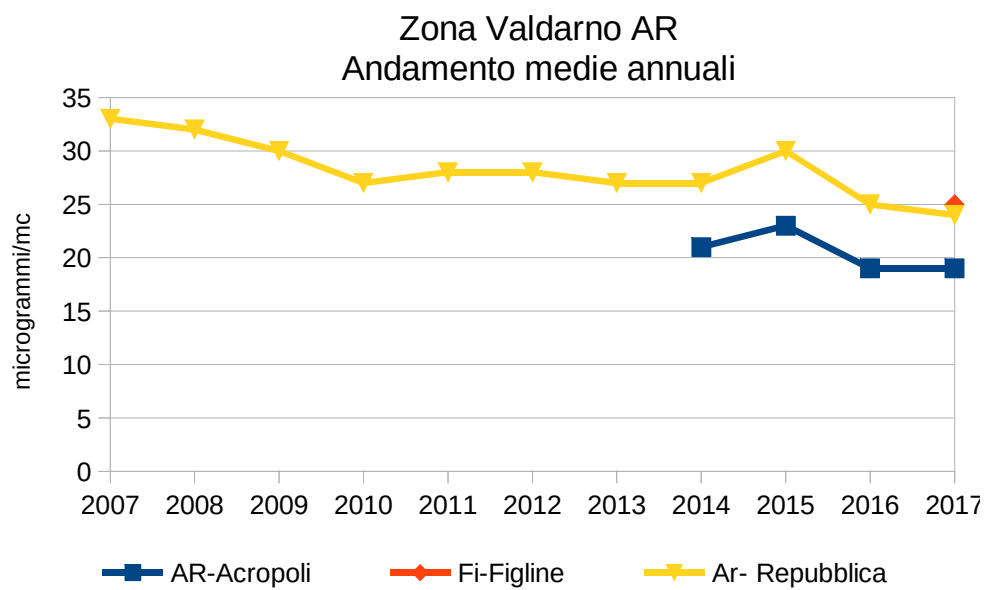
Analizzando la situazione per zona,:

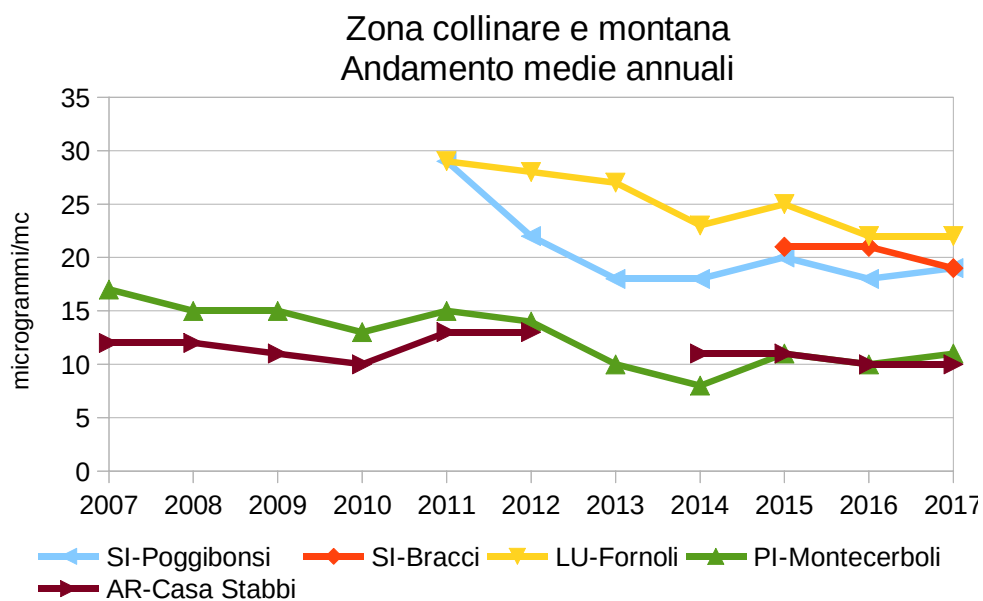
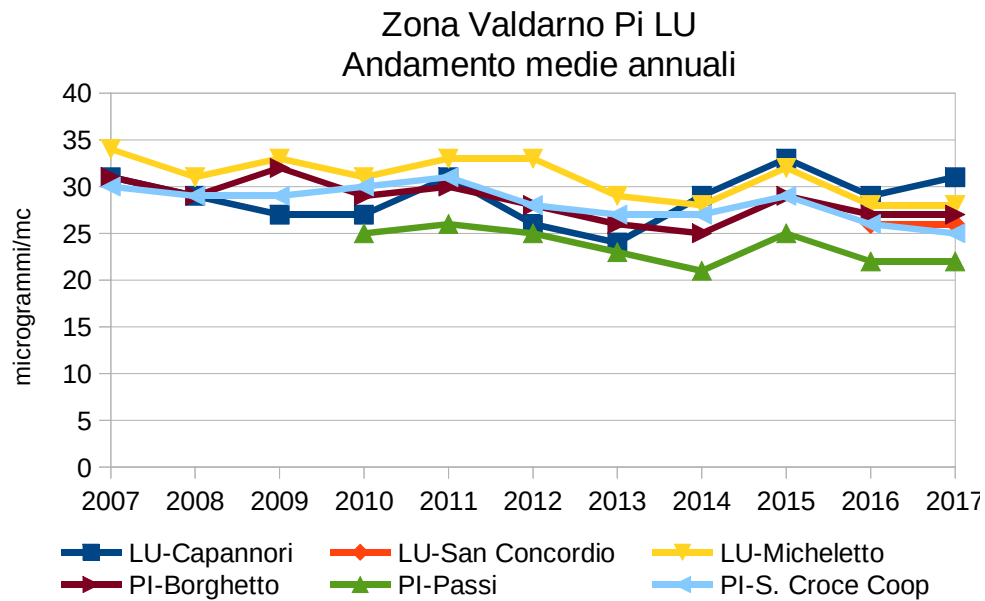
- media dell'Agglomerato fiorentino pari a 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, come nel 2016;
- media della zona PO-PT pari a 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ meno rispetto al 2016;
- media zona Valdarno aretino e Valdichiana pari a 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in più rispetto al 2016;
- media zona costiera pari a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ meno rispetto al 2016;
- media zona Valdarno pisano e piana lucchese pari a 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in più rispetto al 2016;
- media zona collinare e montana pari a 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, come nel 2016.

Si può quindi affermare che i valori di PM10 si sono mantenuti costanti sulle medie del 2016.

Grafico 4.1.7. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2007-2017 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.

Grafico 4.1.8. PM10 – Andamenti del massimo e del minimo delle medie annuali dal 2007 al 2017 per tipologia di stazione.

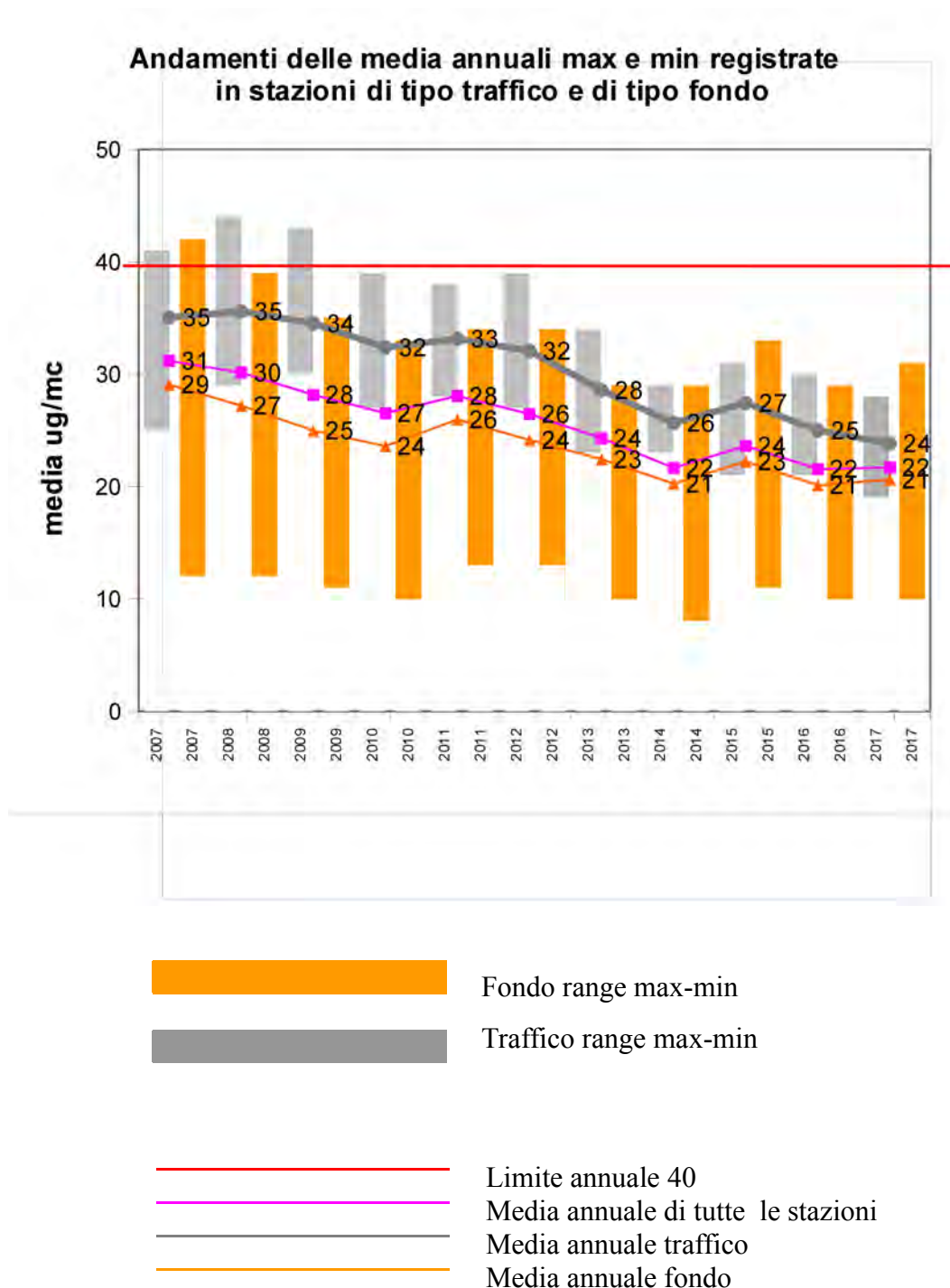


Tabella 4.1.3. PM10 – n° superamenti valore giornaliero di 50 µg/m³ – Andamenti 2007-2017 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class.	Prov.	Comune	Nome stazione	N° superamenti media giornaliera di 50 µg/m³										
					V.L. = 35 gg/anno										
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	25	19	13	10	17	7	18	3	5	5	6
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	37	33	23	13	19	11	17	4	9	12	10
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	76	98	88	65	55	46	38	19	26	24	22
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	37	88	*	66	59	69	46	11	14	16	16
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	76	49	48	38	37	23	22	5	10	15	15
Zona Prato Pistoia	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	-	-	26	33	26	21
	UF	PO	Prato	PO-Roma	-	29	27	30	43	43	35	30	40	31	23
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	-	41	51	45	50	44	37	28	34	26	25
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	-	-	-	19	25	22	28	12	15	10	10
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	SF	PT	Montale	PT-Montale	82	70	*	*	65	63	45	32	57	43	36
	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	-	9	19	8	9
	UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	28
Zona costiera	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	23	17	15	20	34	29	26	31	34	27	18
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0	3	4	0	0	0	0	3	0	0	0
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	31	29	17	29	2	5	-	-	*	10	0
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	47	40	20	11	7	4	1	0	2	2	2
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	-	-	-	*	0	0	0
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	42	29	21	27	14	6	8	8	0	0	0
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	-	-	-	*	0	0	0
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	-	18	5	2	2	3	9	2	1	4	0
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	-	-	-	-	-	-	-	-	*	10	5
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	63	59	27	9	37	15	21	11	26	25	21
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	61	40	35	38	57	36	30	60	68	44	55
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	-	-	-	-	-	-	-	*	33	29
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	50	41	50	48	65	54	41	34	52	35	33
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	-	-	-	13	28	17	22	10	14	14	10
Zona Collinare e montana	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	45	36	31	31	44	35	31	18	34	24	15
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	42	35	32	33	47	33	27	22	40	30	26
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	20	0	1	1	0	0	0
	UI	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	-	-	-	*	2	4	0
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	-	-	-	*	54	50	45	20	30	30	21
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	3	1	0	0	0	1	0	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Andamenti 2007-2016 per le stazioni di rete regionale.

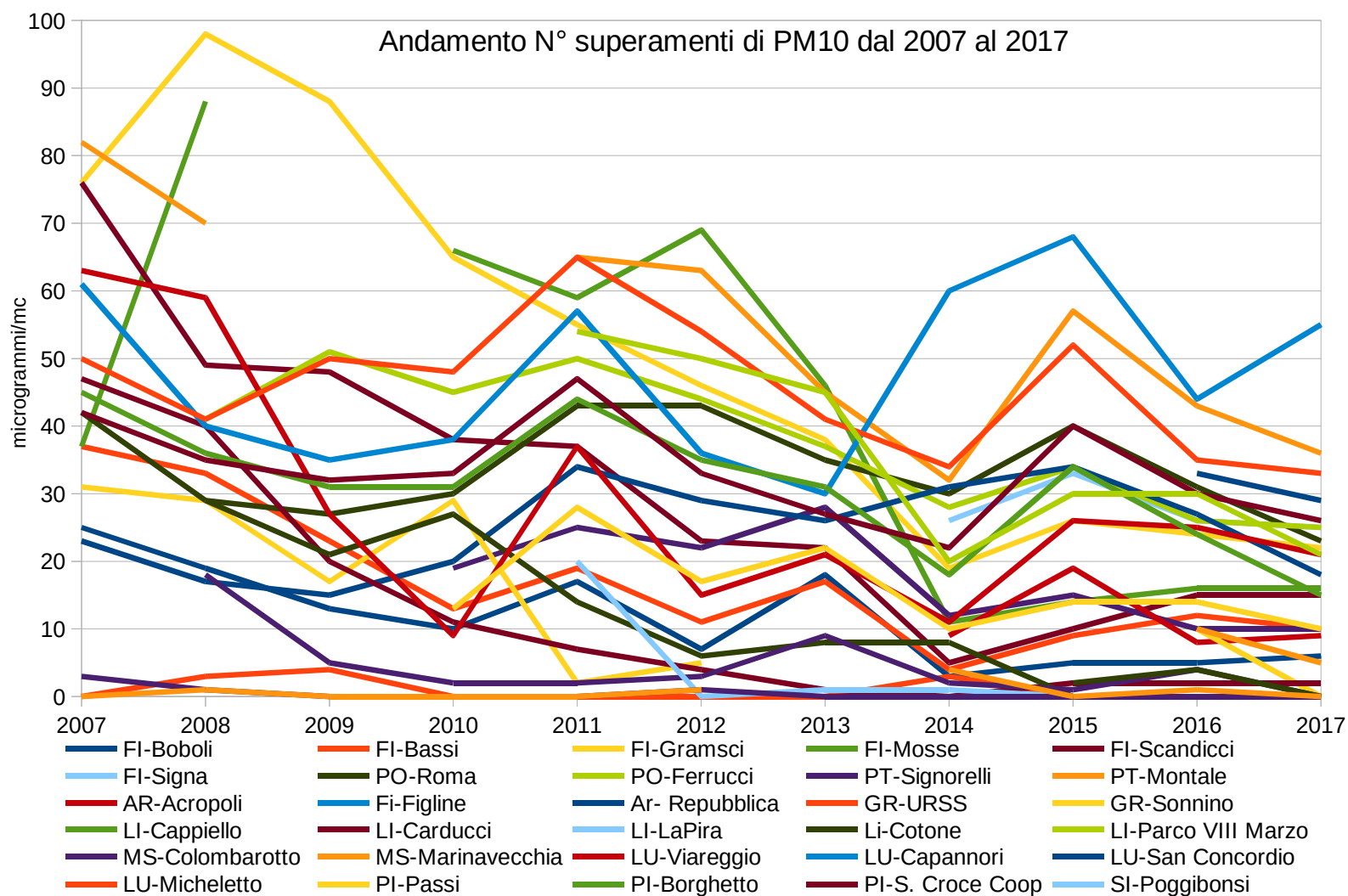
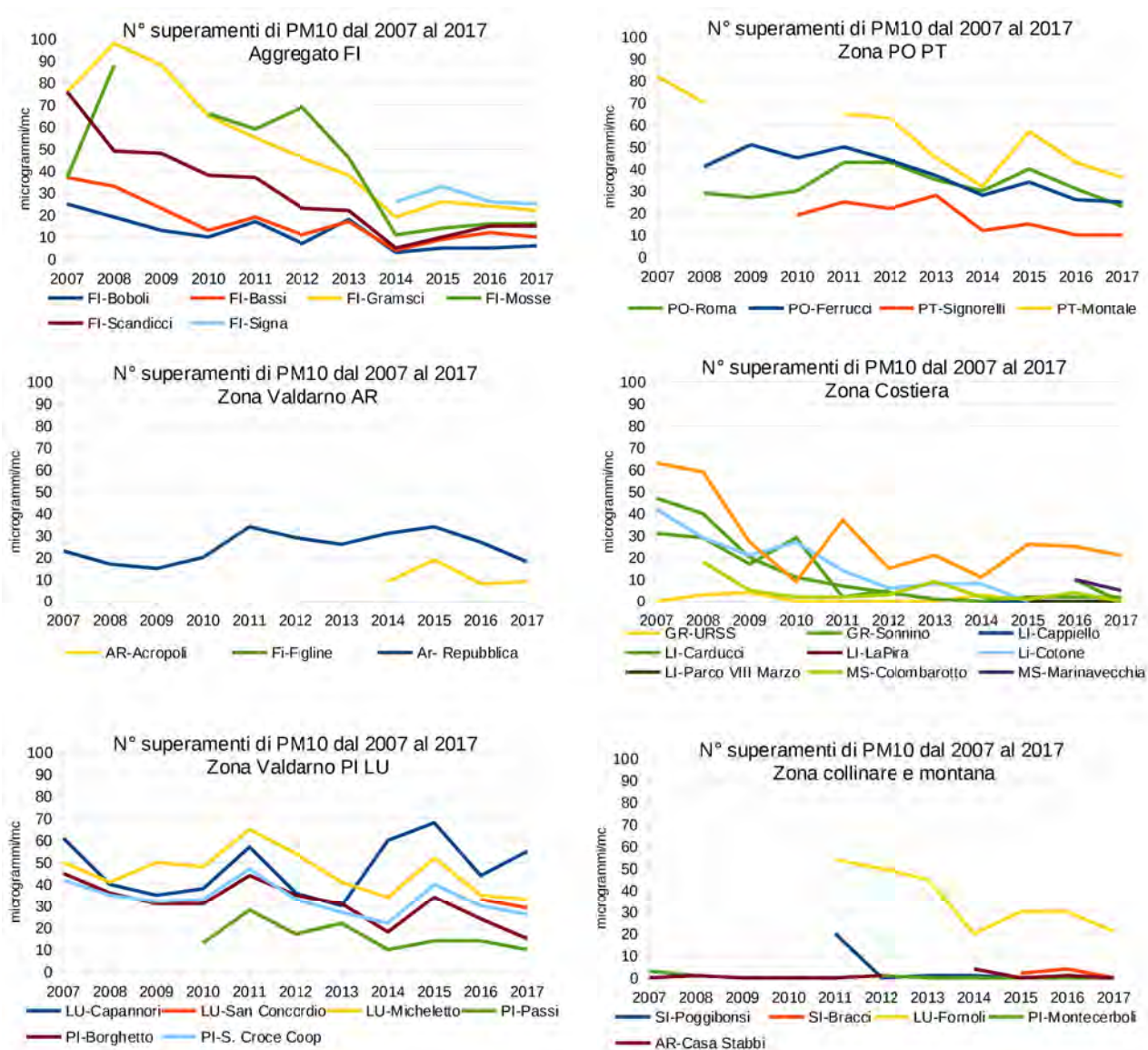
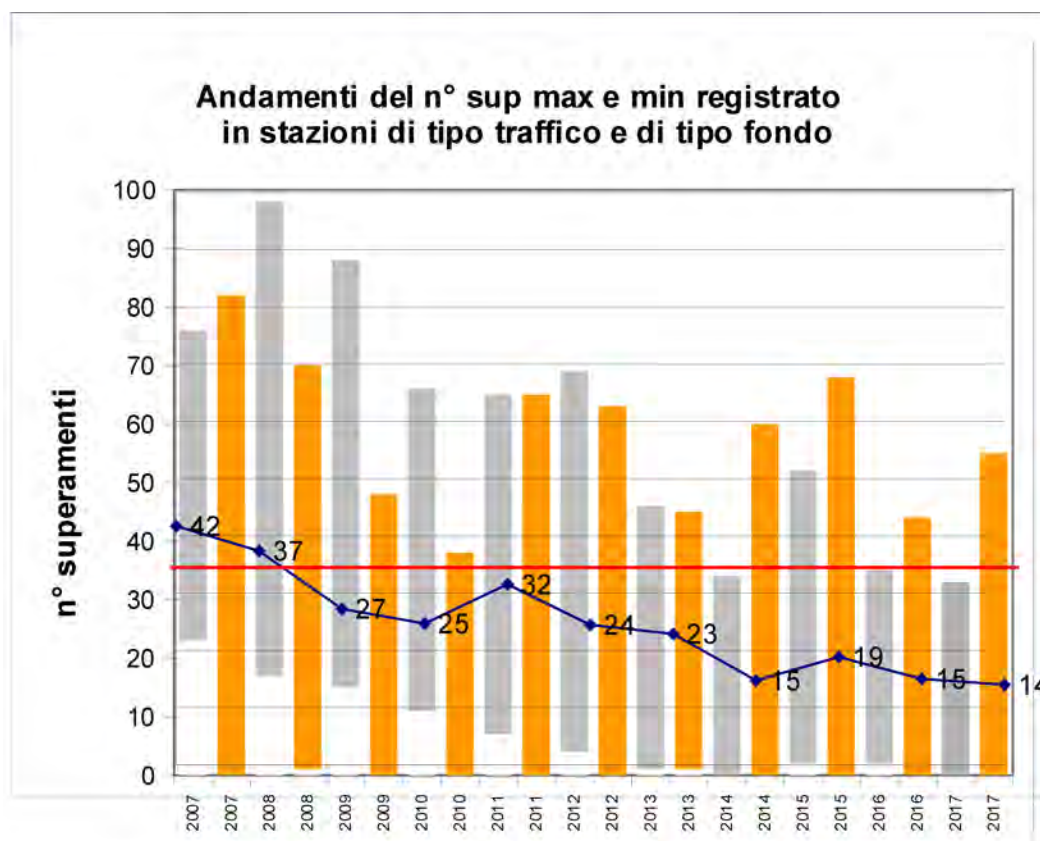


Grafico 4.1.10. PM10 - n° superamenti valore giornaliero $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - Andamenti 2007-2017 per zone.



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 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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). I dati relativi all'ultimo biennio sono costanti.

Grafico 4.1.11 PM10 – Andamenti del numero massimo e minimo di superamenti dal 2007 al 2017 per tipologia di stazione.



Fondo range max-min



Traffico range max-min



Media annuale n° superamenti di tutte le stazioni



Limite annuale di 35 superamenti

4.2. Particolato PM 2,5.

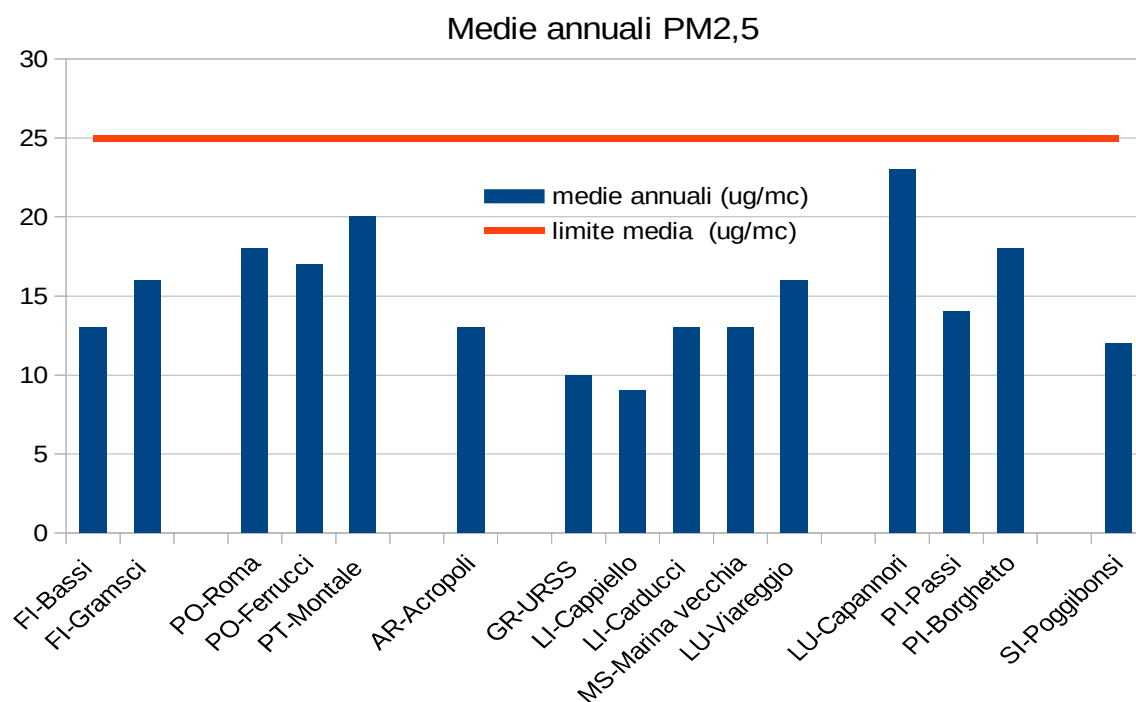
Per il PM_{2,5} gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2017 sono stati confrontati con il valore limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per il PM_{2.5} corrisponde alla media annuale di 25 µg/m³.

Tabella 4.2.1. PM_{2.5} - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2017.

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	16	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	18	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	17	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	20	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	13	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	10	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	9	
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	13	
	UI	MS	Massa	MS- MarinaVecchia	13	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	16	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	23	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	14	
		PI	Pisa	PI-Borghetto	18	
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	12	
Media regionale PM _{2,5} (µg/m ³)					15	
Media regionale stazioni di tipo fondo					15	
Media regionale stazioni di tipo traffico					15	

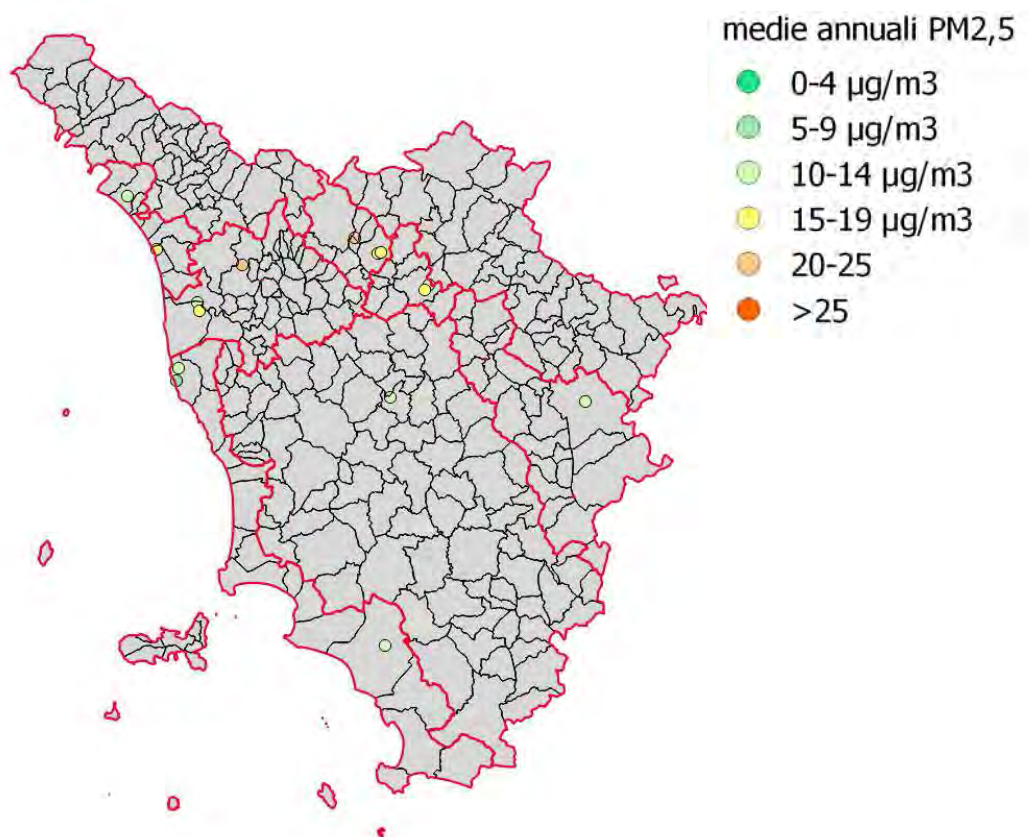
Il limite normativo di 25 µg/m³ riferito all'indicatore della media annuale, nel 2017 è stato ampiamente rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale. I valori più alti di PM_{2,5} sono stati registrati dalla stazione di tipo fondo di LU-Capannori (UF), con media annuale pari a 23 µg/m³, seguita da PT-Montale (SF) con media pari a 20 µg/m³. Le stesse stazioni hanno registrato i valori medi di PM₁₀ più elevati tra tutte le stazioni di tipo fondo della Rete Regionale (31 e 27 µg/m³).

Grafico 4.2.1. PM2,5- Medie annuali 2017



Le medie annuali di PM2,5 si sono mantenute sotto il valore limite di normativa in tutta la regione. Le concentrazioni medie più elevate sono state registrate nella zona del Valdarno pisano e Piana lucchese e nella Zona di PO e PT, confermando il panorama degli anni precedenti.

Figura 4.2.1. Medie annuali di PM_{2,5} per stazione.

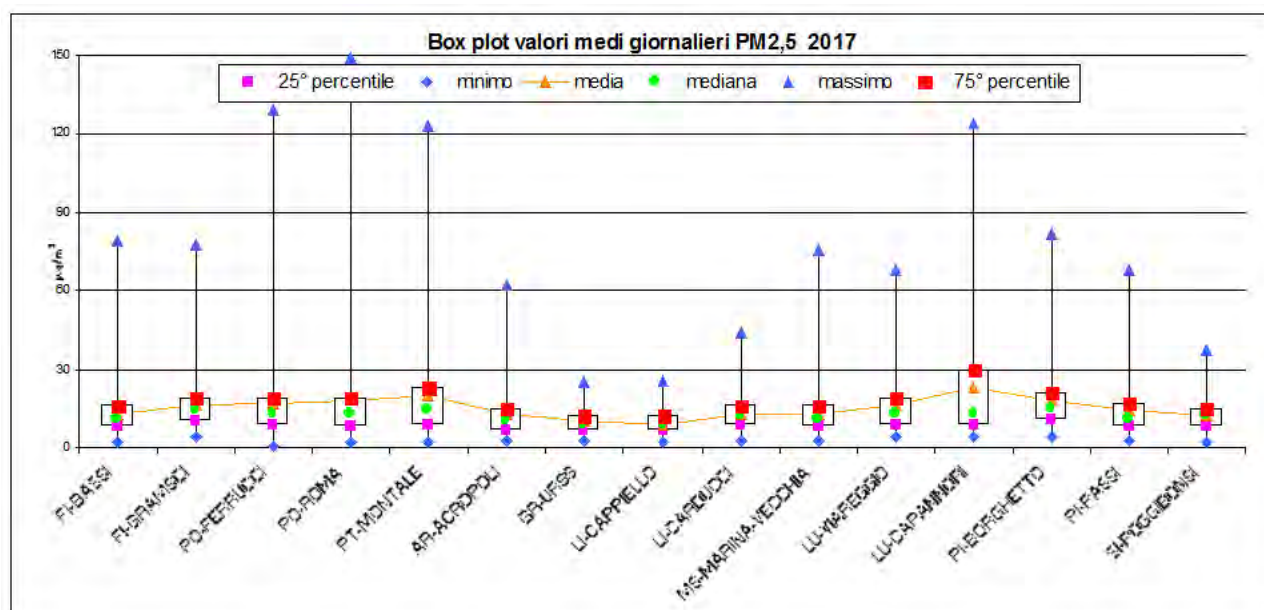


L'OMS¹ per il PM_{2,5} ha indicato come valore guida una media annua di concentrazione pari a 10 µg/m³, valore ben più restrittivo rispetto al valore indicato dal D.lgs.155/2010. I valori medi di PM_{2,5} registrati nel 2017 sono tutti superiori al valore guida dell'OMS, eccetto che per le due stazioni di fondo di GR-UrSS e LI-Cappiello.

Anche per il PM_{2,5} 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. PM_{2,5} – Box plot valori medi giornalieri - Andamenti 2007-2017 per le stazioni di rete regionale



Come si nota dal grafico per tutte le stazioni la variabilità dei valori medi giornalieri è piuttosto ridotta per i primi 3 quartili (75% valori medi giornalieri), mentre il baffo che rappresenta il 4° quartile è esteso in particolare per le stazioni che hanno avuto massimi elevati (zona PO-PT e Lucca).

Tabella 4.2.2. Rapporto % tra PM_{2,5} e PM₁₀ nella stazioni di tipo fondo ed in quelle di tipo traffico

Zona	Tipo	Stazione	PM ₁₀ medie annuali (ug/mc)	PM _{2,5} medie annuali (ug/mc)	% PM _{2,5} /PM ₁₀	media zona %
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	20	13	65%	61%
	UT	FI-Gramsci	28	16	57%	
Zona PO e PT	UF	PO-Roma	25	18	72%	72%
	UT	PO-Ferrucci	24	17	71%	
	SF	PT-Montale	27	20	74%	
Valdarno AR	UF	AR-Acropoli	19	13	68%	68%
Zona Costiera	UF	GR-URSS	17	10	59%	58%
	UF	LI-Cappiello	17	9	53%	
	UT	LI-Carducci	23	13	57%	
	UT	MS-Marina vecchia	21	13	62%	
	UF	LU-Viareggio	26	16	62%	
Valdarno PI LU	UF	LU-Capannori	31	23	74%	68%
	UF	PI-Passi	22	14	64%	
	UT	PI-Borghetto	27	18	67%	
Zona Collinare Montana	UF	SI-Poggibonsi	19	12	63%	63%
media fondo					65%	
media traffico					63%	

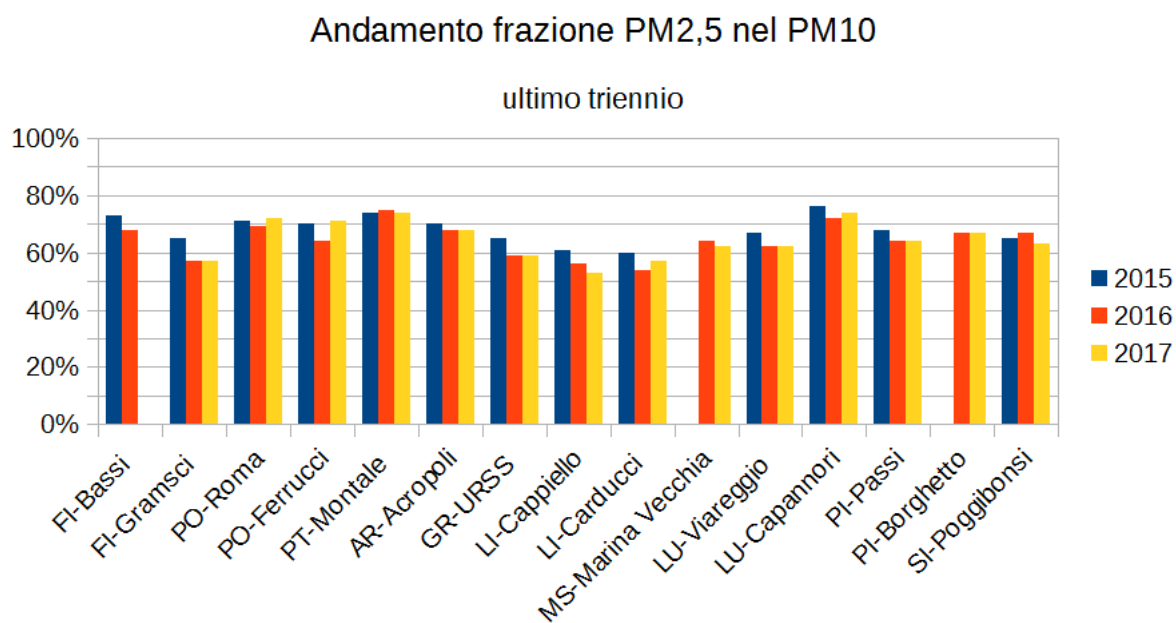
Le percentuali medie di frazione di PM_{2,5} nel PM₁₀ sono state per le stazioni di fondo comprese tra il massimo di 74% a PT-Montale ed a LU-Capannori ed un minimo di 53 % a LI-Cappiello, con media regionale pari al 65 %; per le stazioni di traffico sono state comprese tra il massimo di 71% presso PO-Ferrucci e 57 % di LI-Carducci e FI-Gramsci, con media 63 %. Si conferma la prevalenza della frazione di PM_{2,5} nel PM₁₀ delle stazioni di fondo, in particolare il PM_{2,5} prevale nei casi in cui i valori medi di PM₁₀ e di PM_{2,5} sono più elevati.

Tabella 4.2.3. Confronto percentuale di PM_{2,5} nel PM₁₀ ultimo triennio.

Zona	Tipo zona e stazione	Nome stazione	% PM _{2,5} /PM ₁₀		
			2015	2016	2017
Aggl. Firenze	UF	FI-Bassi	73%		65%
	UT	FI-Gramsci	65%	68%	57%
Zona PO PT	UF	PO-Roma	71%	69%	72%
	UT	PO-Ferrucci	70%	64%	71%
	SF	PT-Montale	74%	75%	74%
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	70%		
Zona costiera				68%	68%
	UF	GR-URSS	65%	59%	59%
	UF	LI-Cappiello	61%	56%	53%
	UT	LI-Carducci	60%	54%	57%
	UT	MS-Marina Vecchia	-	64%	62%
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Viareggio	67%	62%	62%
	UF	LU-Capannori	76%	72%	74%
	UF	PI-Passi	68%	64%	64%
	UT	PI-Borghetto	-	67%	67%
Zona collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	65%	67%	63%

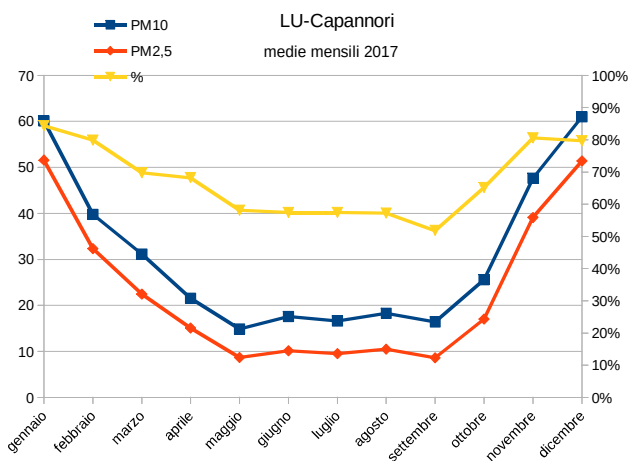
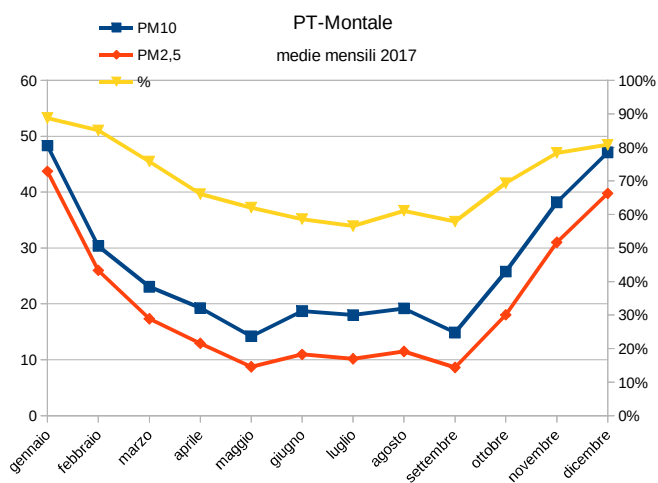
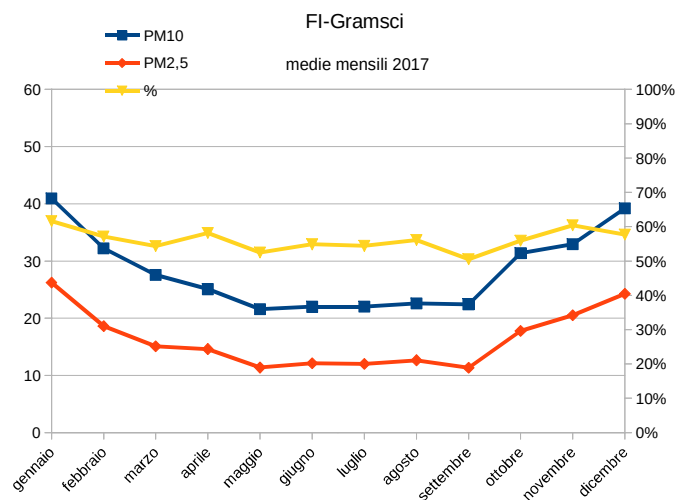
Dal confronto con gli anni precedenti si può notare che tra il 2015 ed il 2016, analogamente al calo delle concentrazioni medie si era verificato un calo della porzione % del PM_{2,5} nel PM₁₀, che non si è verificato l'anno successivo.

Grafico 4.2.3. PM_{2,5}- Confronto frazioni PM_{2,5} nel PM₁₀ ultimo triennio



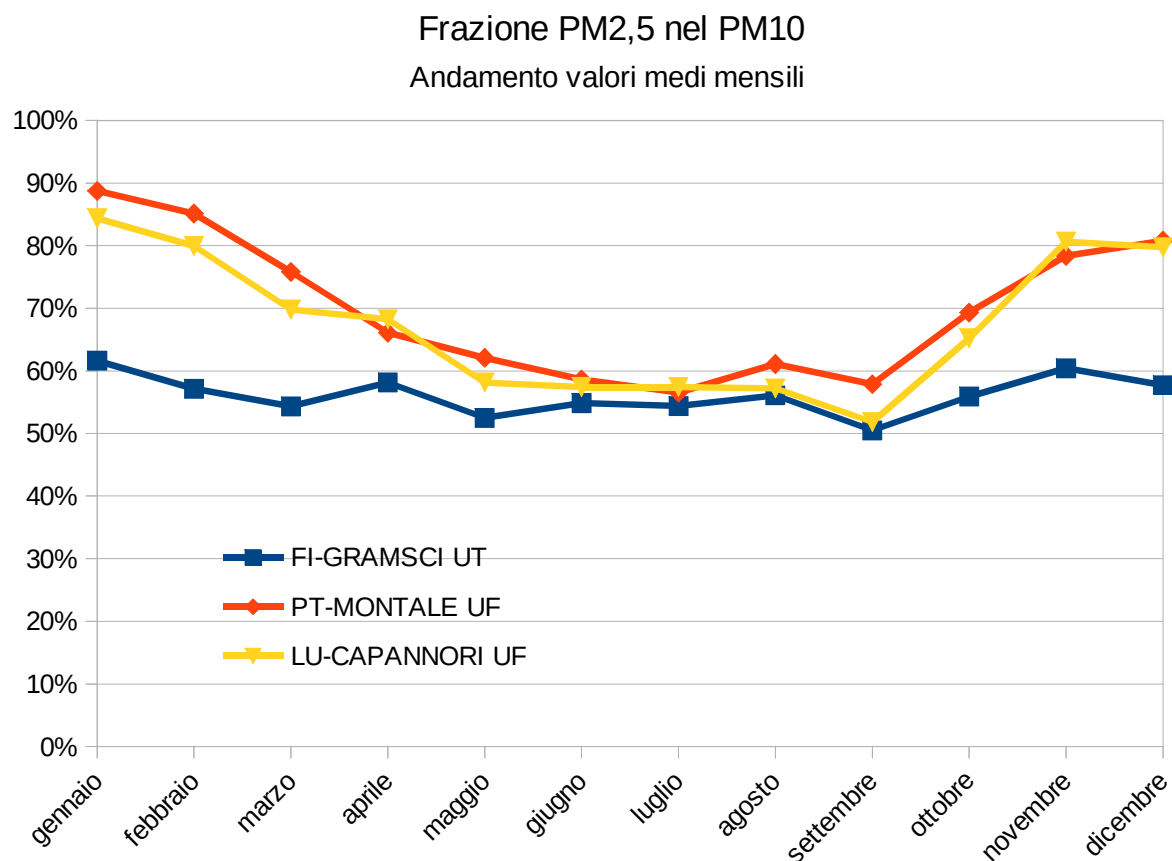
Sono stati studiati gli andamenti delle medie mensili di PM10, PM2,5 e del loro rapporto per le stazioni più significative: FI-Gramsci rappresentativa delle stazioni di traffico e PT-Montale e LU-Capannori per le stazioni di fondo.

Grafici 4.2.4. Andamento medie mensili di PM10 e PM2,5 nel 2017.



Si nota che, per la stazione di traffico, la variazione della percentuale di PM_{2,5} nel PM₁₀ non varia significativamente nell'arco dell'anno mentre per le due stazioni di fondo, la percentuale di PM_{2,5} cresce in modo più significativo nei mesi invernali rispetto al periodo estivo.

Grafico 4.2.5. Confronto della variazione della percentuale di frazione PM_{2,5} nel PM₁₀ nelle stazioni di traffico e di fondo.



ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2017)

Si riportano di seguito le tabelle ed i grafici relativi agli andamenti delle medie annuali di PM 2.5 dal 2007 al 2017 per ogni stazione di rete regionale.

Tabella 4.2.4. PM_{2,5} Medie annuali - Andamenti 2007-2017 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	2017
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	-	-	-	*	16	16	14	12	16	13	13
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	-	-	-	*	21	20	19	16	20	17	16
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	21	20	18	22	22	22	20	17	20	18	18
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	-	-	-	-	-	-	-	*	19	16	17
	SF	PT	Montale	PT-Montale	-	-	-	-	-	-	19	19	23	21	20
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	*	14	16	13	13
Zona costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	-	-	-	11	12	11	11	10	11	10	10
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	-	-	-	-	9	11	10	9
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	16	16	14	14	16	14	13	13	15	13	13
	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	-	-	-	-	-	-	-	-	*	14	13
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	-	-	-	-	-	-	-	14	18	16	16
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	-	-	-	-	-	-	-	21	25	21	23
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	-	-	-	16	18	16	16	14	17	14	14
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	-	-	-	-	-	-	-	-	*	18	18
Zona Collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	11	12	11	13	12	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 (senza superamento) del valore limite è LU-Capannori (nel 2015 media annuale pari a 25 µg/m³).

Grafico 4.2.6. PM_{2,5} - Medie annuali - Andamenti 2007-2017 per le stazioni di rete regionale.

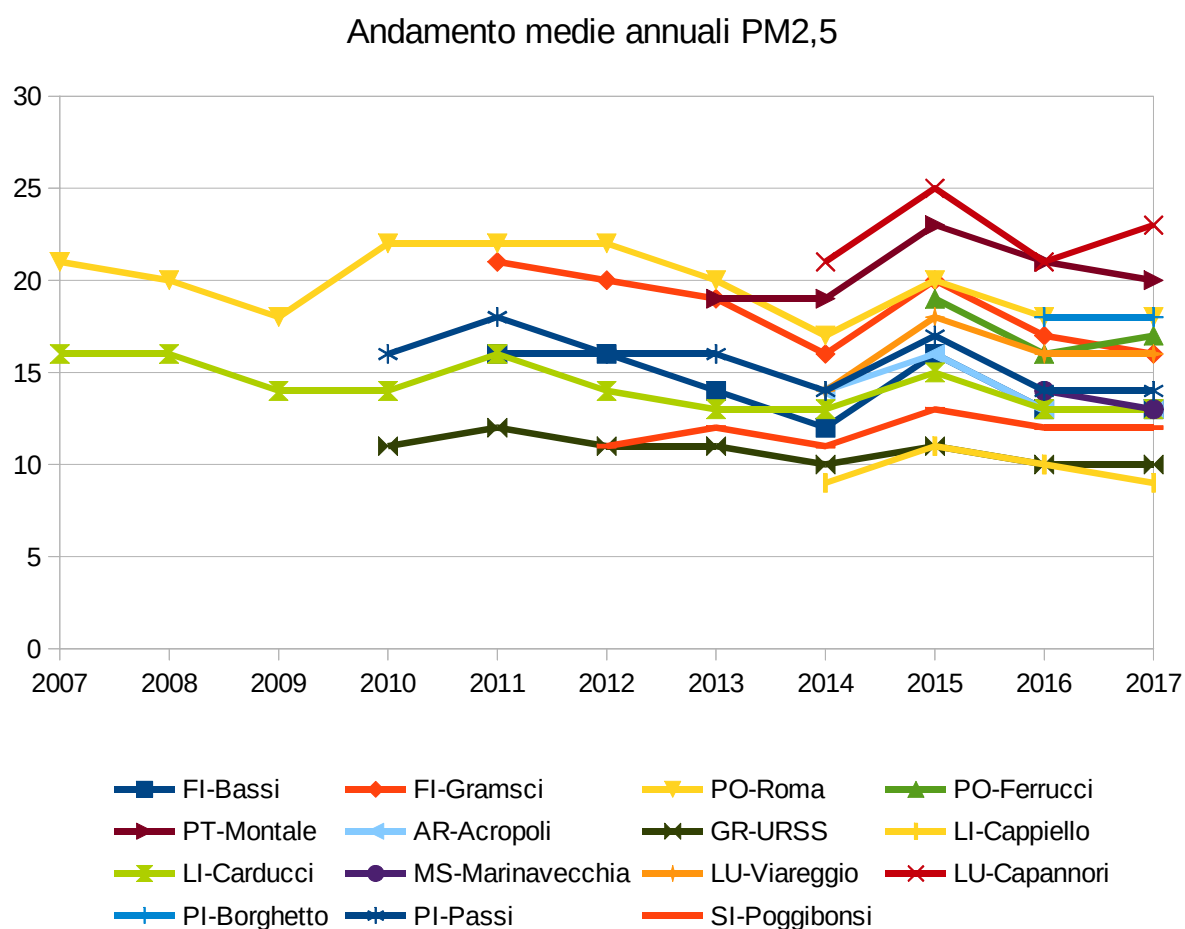
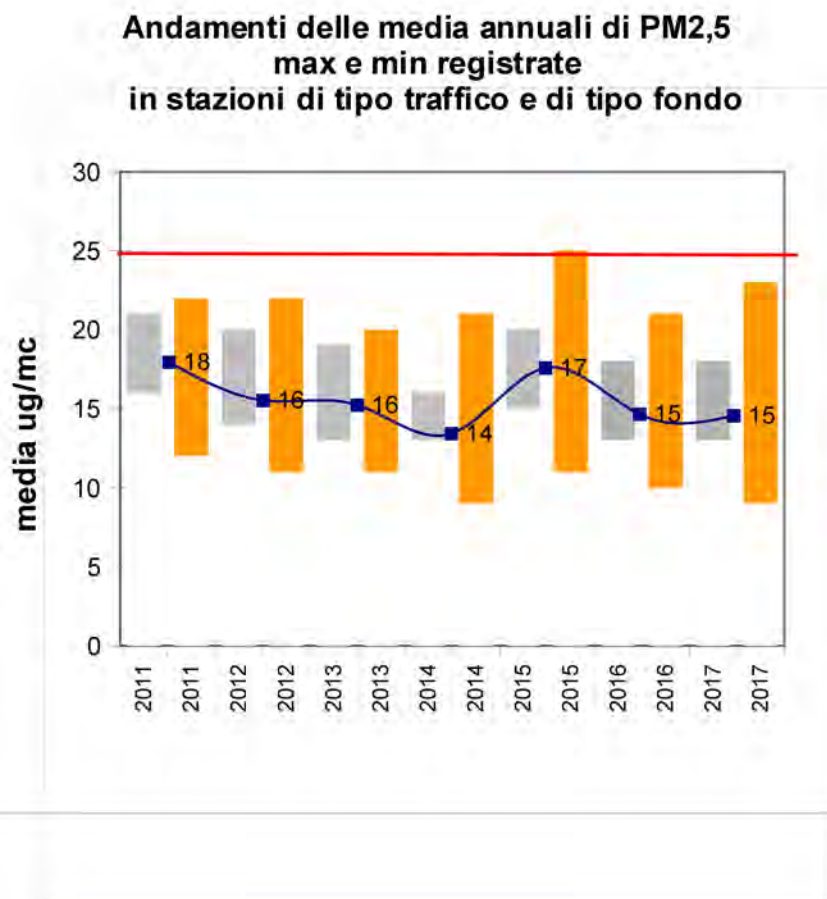


Grafico 4.2.7. PM2,5 – Andamenti del massimo e del minimo delle medie annuali dal 2007 al 2017 per tipologia di stazione.



Fondo range max-min



Traffico range max-min



Media annuale di tutte le stazioni



Limite annuale di 25 µg/m³

4.3. NO₂ e NO_x

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2017 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, da calcolarsi soltanto nelle stazioni rappresentative per la protezione della vegetazione.

Tabella 4.3.1. NO₂ - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2017

Zona	Class Zona stazione	Prov	Comune	Nome stazione	N° medie orarie > 200 µg/m ³	V.L.	Media annuale (µg/m ³)	V.L.
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	0	18	25	40
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	1		64	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	0		42	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	0		28	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	0		21	
	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	0		10	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0		33	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	0		32	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	0		24	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	0		20	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0		16	
	UF	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	*		*	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	0		39	
Zona Costiera	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	0		3	
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0		16	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	0		39	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		16	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	0		36	
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0		22	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0		15	
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0		14	
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	0		17	
	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	0		21	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	0		28	
Zona	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	0		25	
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	0		26	
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	0		28	
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	0		11	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	0		19	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	0		36	
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce Coop	0		25	
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0		19	
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	0		42	
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	0		14	
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0		4	
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0		2	

Media annuale complessiva Rete Regionale	24
Media annuale stazioni di tipo fondo urbano e suburbano	18
Media annuale stazioni di tipo traffico urbano	38

*efficienza minore del 90 %: 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nel 2017, su tutte le stazioni attive della Rete Regionale, è stato superato in tre stazioni di traffico. La concentrazione media regionale è nel 2017 pari a 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, il valore medio annuale registrato presso le stazioni di traffico è stato di 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ed il valore medio delle stazioni di fondo è stato di 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rispetto al 2016 è aumentata la concentrazione media delle stazioni di traffico di 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e c'è stata una stazione in più (SI-Bracci) che non ha rispettato il limite per la media annuale.

I superamenti del limite di normativa sono avvenuti in tre stazioni di traffico di cui: due sono collocate nel Comune di Firenze: FI-Gramsci e FI-Mosse, che hanno registrato medie pari a 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ una è collocata nel comune di Siena: SI-Bracci che ha registrato media pari a 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

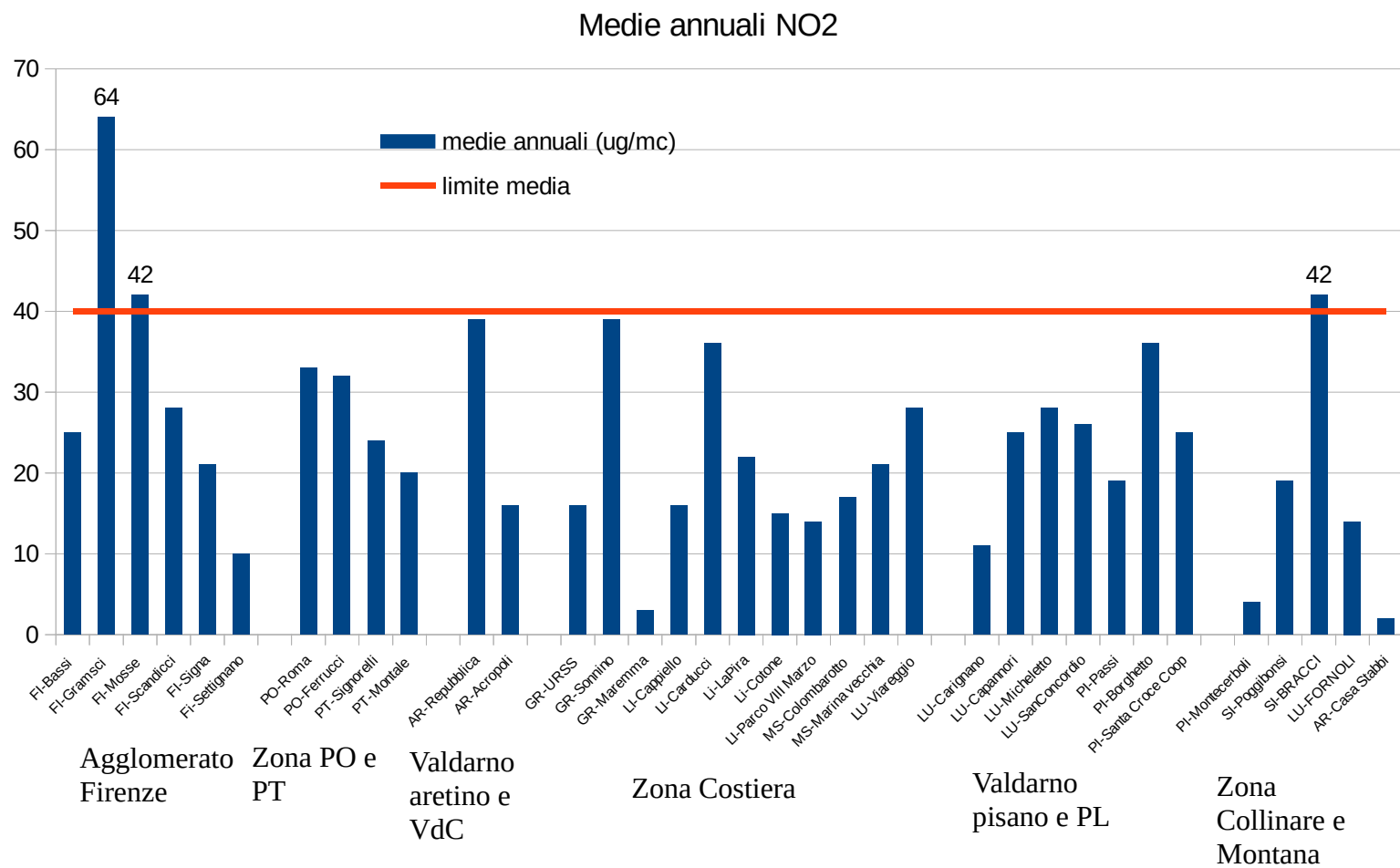
Il limite di 18 superamenti della media oraria di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è invece stato rispettato in tutte le stazioni di Rete Regionale, essendosi verificato un unico episodio di superamento del valore limite orario presso la stazione di Viale Gramsci a Firenze.

Il valore guida definito dall'OMS¹ per la media annuale di NO_2 è equivalente a quello della normativa nazionale (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre per il valore orario il valore guida è 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il quale non sono ammessi superamenti nell'arco dell'anno.

Quindi:

- il 91 % delle medie annuali di NO_2 hanno rispettato la soglia dell'OMS come media annuale;
- il 97 % delle stazioni non ha registrato alcun superamento superamenti del valore orario rispettando pienamente le indicazioni dell'OMS (unica eccezione FI-Gramsci con un evento orario).

Grafico 4.3.1- Biossido di azoto- medie annuali 2017



Analizzando le medie annuali 2017 delle stazioni di fondo zona per zona, esclusi i siti rurali, si ottiene che:

- il fondo medio di NO₂ più elevato si trova nei territori centro settentrionali della regione, Zona PO-PT (26 µg/m³) , Agglomerato di Firenze (25 µg/m³) e Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese (24 µg/m³);
- valori di fondo di NO₂ molto contenuti si trovano nella Zona Costiera (18 µg/m³) e nella Zona del Valdarno aretino e Valdichiana (16 µg/m³);
- la zona 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.

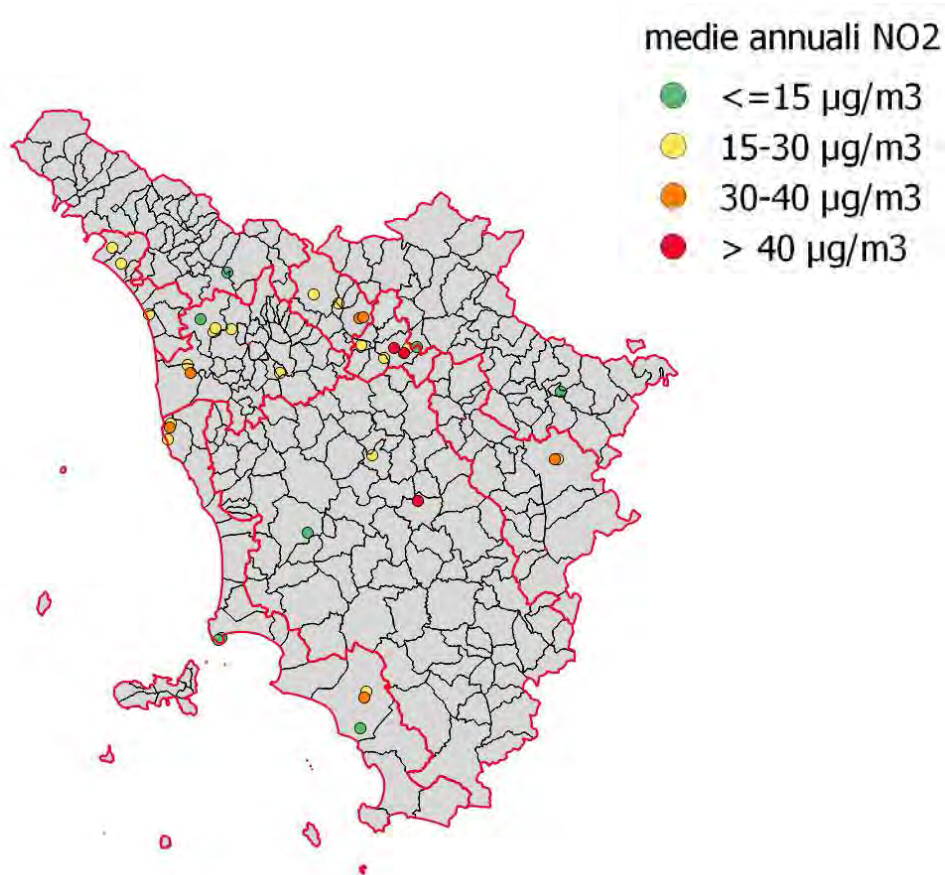
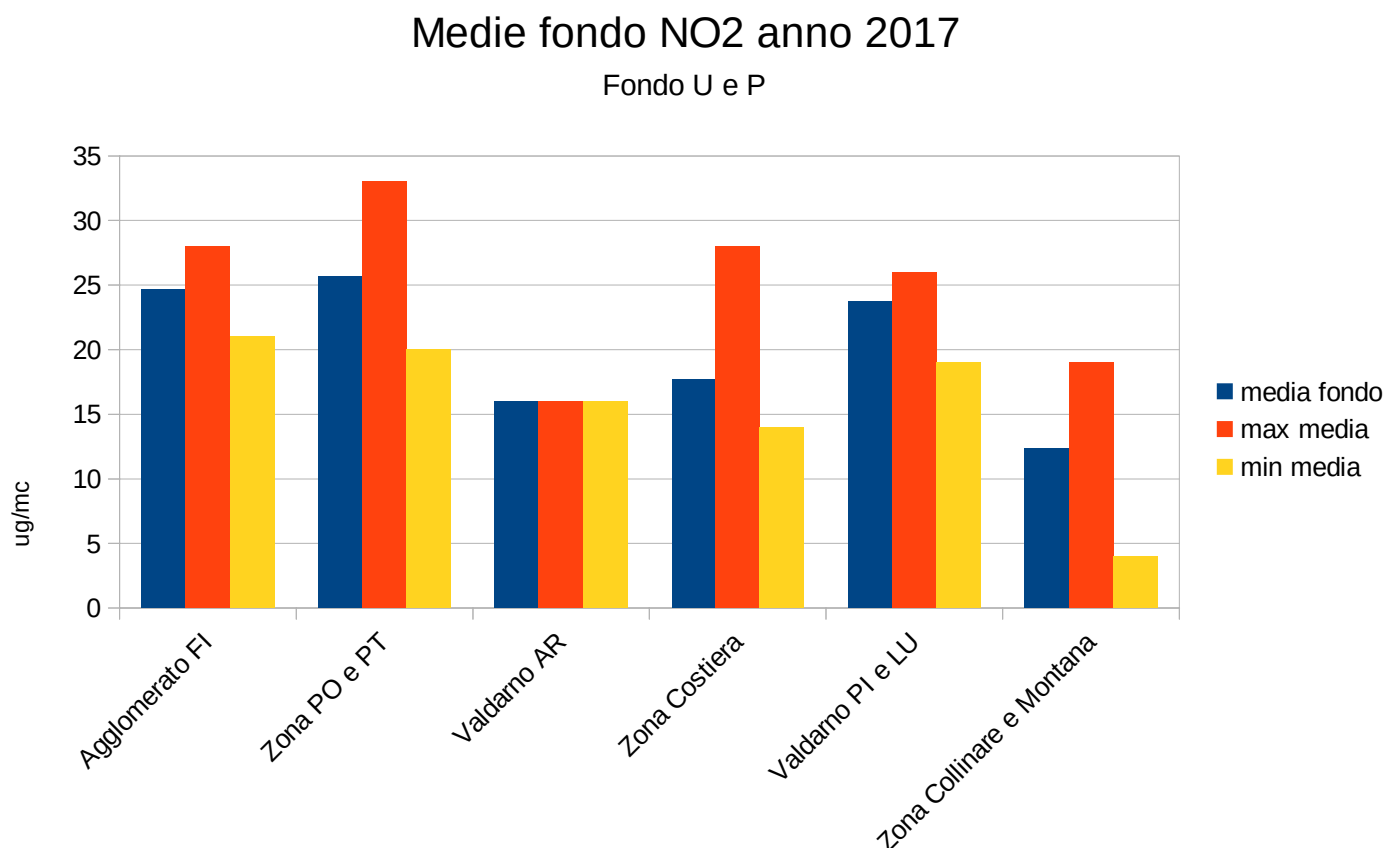


Grafico 4.3.2. NO₂ Medie annuali anno 2017, per Zona



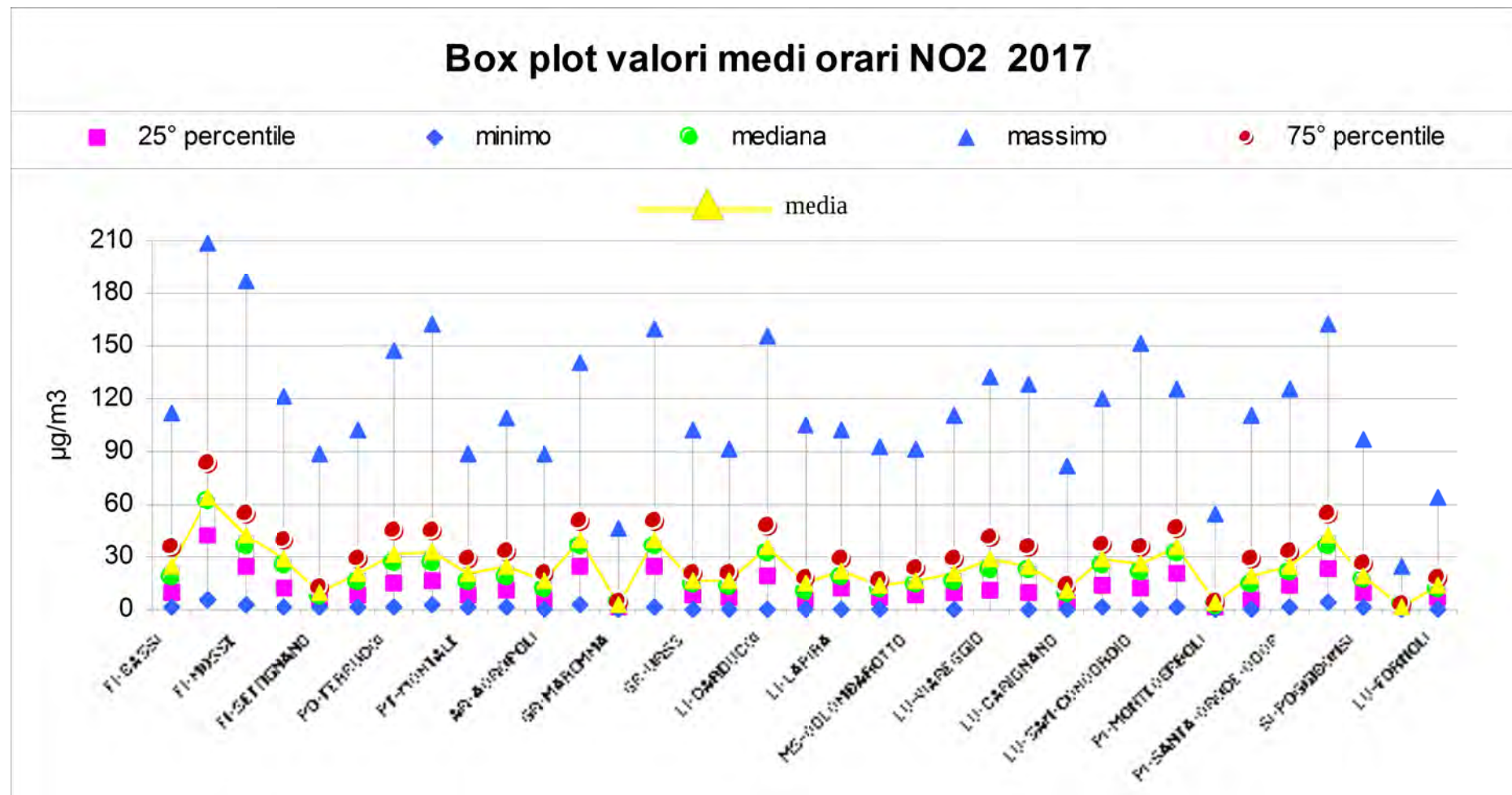
E' stato elaborato il grafico box plot ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) sulle concentrazioni medie orarie di NO₂ per le stazioni di rete regionale con l'obiettivo di dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati.

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 PM_{2,5}.

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 con ampiezza generalmente maggior nelle stazioni di traffico.

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

Grafico 4.3.3. Box plot dei valori medi orari di NO₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2017)

Tabella 4.3.2. Biossido di azoto – Medie annuali - Andamenti 2007-2017 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class	Prov	Comune	Nome stazione	Medie annuali in µg/m³										
					V.L. = 40 µg/m³										
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	46	50	45	34	38	30	23	22	25	23	25
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	83	92	98	102	103	82	62	65	63	65	64
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	67	68*		87	67	67	59	45	46	41	42
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	44	40	38	34	33	33	29	28	30	28	28
	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	-	-	21	24	21	21
	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	16	16	16	13	13	14	10	8	10	9	10
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	-	36	33	30	32	36	33	27	32	31	33
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	*	*	45	48*	*		27	34	32	31	32
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	23	27	30	26	26	25	25	23	25	24	24
	SF	PT	Montale	PT-Montale	24	21	24	26	20	17	18	15	20	19	20
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	20	24	22	22	25	24	20	17	18	18	16
	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	46	50	46	45	48	44	39	39	40	35*	39

* efficienza minore del 90% , -parametro non attivo

Zona	Class	Prov	Comune	Nome stazione	Medie annuali in µg/m³										
					V.L. = 40 µg/m³										
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Zona costiera	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	-	-	-	5	3	5	5	4	3	3	3
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	*	21	22	20	19	20	20	20	16	16	16
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	43	43	44	54	47	40	-	-	-	37	39
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	24	21	*	-	*	26	29	19	19	16	16
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	49	53	56	44	48	60	50	41	40	33	36
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	-	-	-	*	23	21	22
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	23	24	24	19	18	17	16	17	17	15	15
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	-	-	-	*	15	14	14
	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	-	-	-	-	-	-	-	-	*	21	17
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	-	21	27	34	24	*	20	18	21	18	21
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	60	50	37	34	32	38	26	26	31	28	28
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	*	41	43	32	35	38	27	26	29	26	25
	UF	LU	Lucca	LU-SanConcordio	-	-	-	-	-	-	-	-	*	26	26
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	-	-	-	35	35	37	30	30	33	28	28
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	-	-	-	-	*	14	13	10	12	10	11
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	22	21	20	19	21	21	20	16	21	19	19
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	40	36	39	39	43	37	36	33	37	36	36
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-S. Croce	29	25	29	29	25	28	28	23	25	25	25
Zona Collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	21	19	20	18	18	17	19
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	-	-	-	*	39	37	42
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	-	-	-	*	21	17	15	12	13	13	14
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	-	-	-	-	-	*	5	9	9	5	4
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	6	7	7	6	5	5	3	2	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 2017 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 di alcune stazioni di traffico urbano.

Grafico 4.3.4. Biossido di azoto – Medie annuali - Andamenti 2007-2017 per le stazioni di rete regionale.

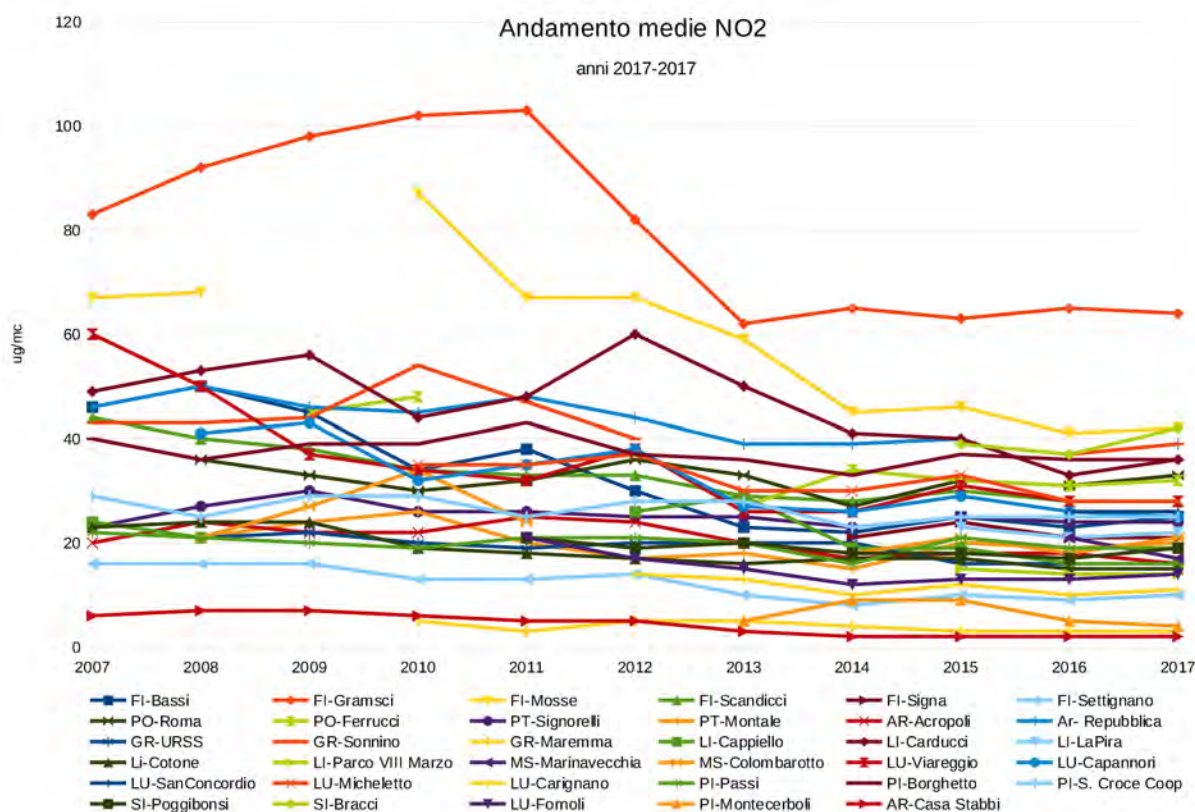


Grafico 4.3.5. Biossido di azoto – Medie annuali - Andamenti 2007-2017 zona per zona.

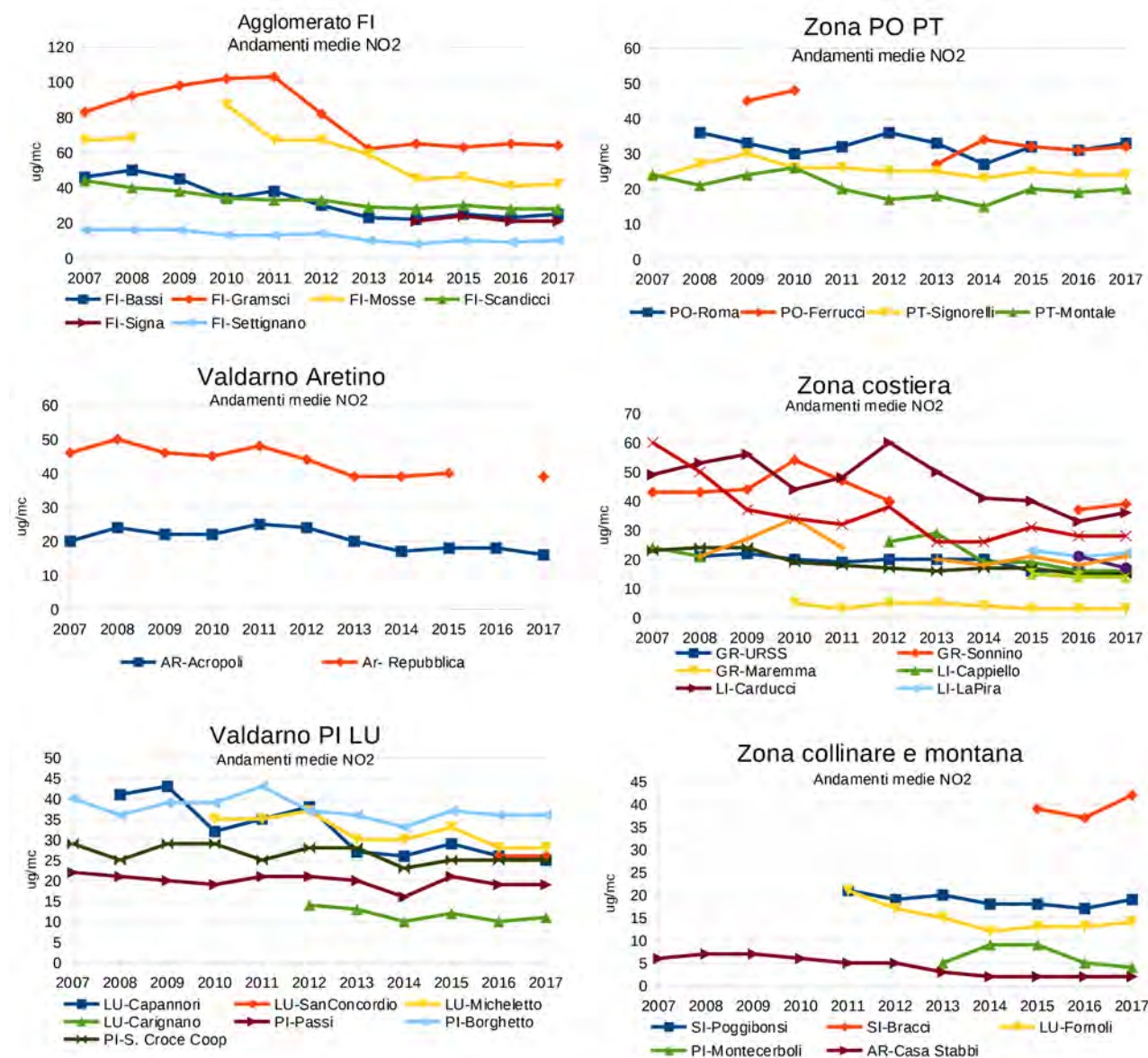
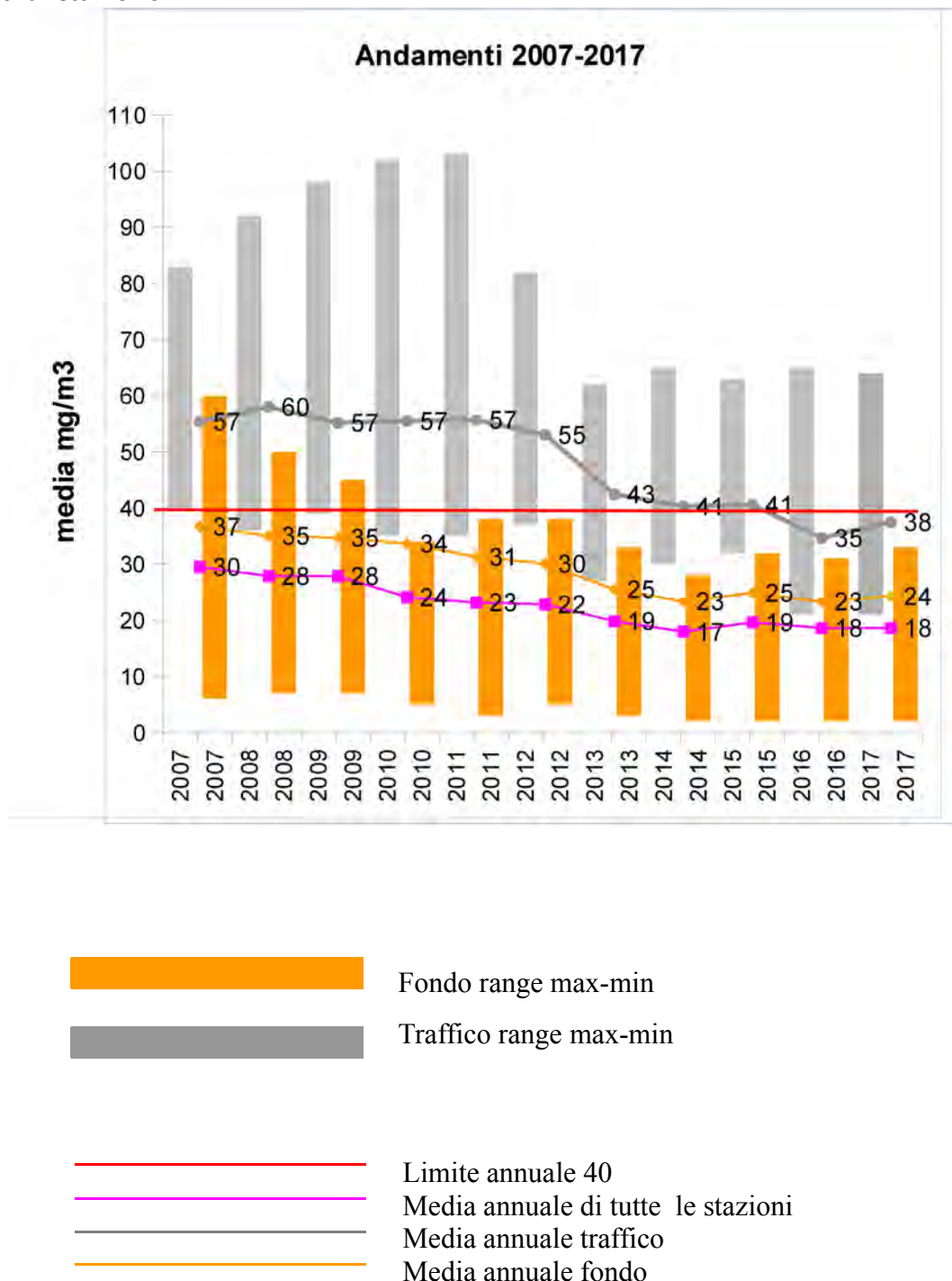


Grafico 4.3.6. NO₂ – Andamenti della concentrazione media annuale dal 2007 al 2017 per tipologia di stazione.



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 il valore massimo ben lontano dal rispetto del valore limite.

Tabella 4.3.3. NOx - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2017.

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.

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 4.4.1a. O3 - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2017.

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		
					2017	Media 2015-2017	2017	Media 2017	2013-2017
Agg. Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	62	63	31640		27379
	U	FI	Signa	FI-Signa	64	56	31539		28082
Zona pianure interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	34	30	23099		20757
	S	PT	Montale	PT-Montale	61	59	31772		25215
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	33	41	25037		26020
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	46	48	26790		24509
	S	PI	Pisa	PI-Passi	8	7	10406		12783
	S	PI	Sanra Croce sull'Arno	PI-Santacroce	2	2	8782		8565
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	41	30	25127		19687
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	*	28	*		23404

* serie non valida

Il parametro Ozono, presenta una situazione critica per quanto riguarda entrambi gli indicatori, il valore obiettivo per la protezione della popolazione, e il valore obiettivo per la protezione della vegetazione, in gran parte del territorio della Regione Toscana.

Nel corso dell'anno 2017, si sono verificati gli episodi di superamento del valore soglia di informazione di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ riportati nella tabella e nel grafico seguente:

Tabella 4.4.1b. O3 – Superamenti soglia di informazione anno 2017.

Zona	Stazione	N° ore superamento soglia di informazione
Agglomerato Firenze	FI-SETTIGNANO	3
	FI-SIGNA	2
Zona delle pianure interne	PT-MONTALE	3
Zona delle pianure costiere	LU-CARIGNANO	1

Non ci sono stati superamenti della soglia di allarme.

Nel 2017 in 7 stazioni su 9 che hanno ottenuto serie valide 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.

L'indicatore calcolato come media dei superamenti avvenuti negli ultimi tre anni sono superiori nel 80 % delle stazioni. La situazione è critica in tutte le zone toscane: Agglomerato di Firenze, Zona della Pianure Interne e Zona delle Pianure Costiere.

Grafico 4.4.1a. O3 _Indicatori di ozono 2017: Obiettivo per la protezione della popolazione

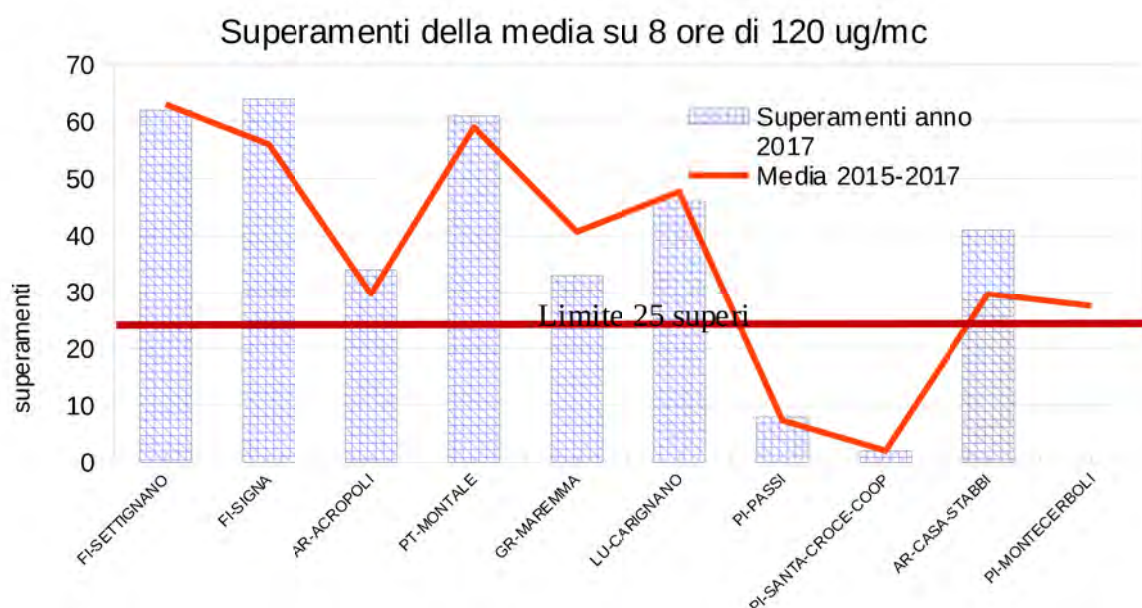
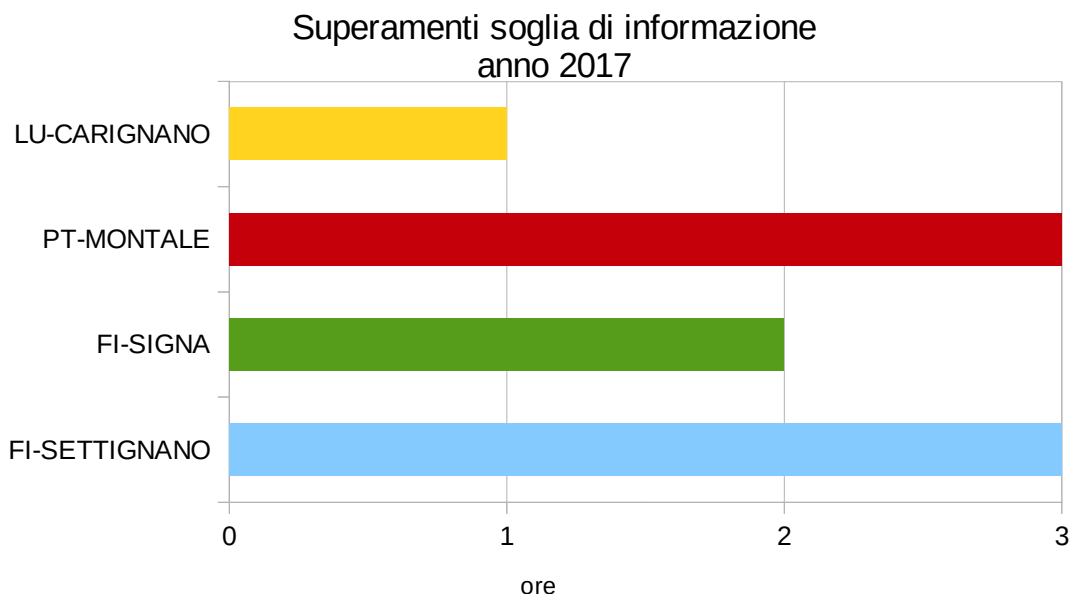
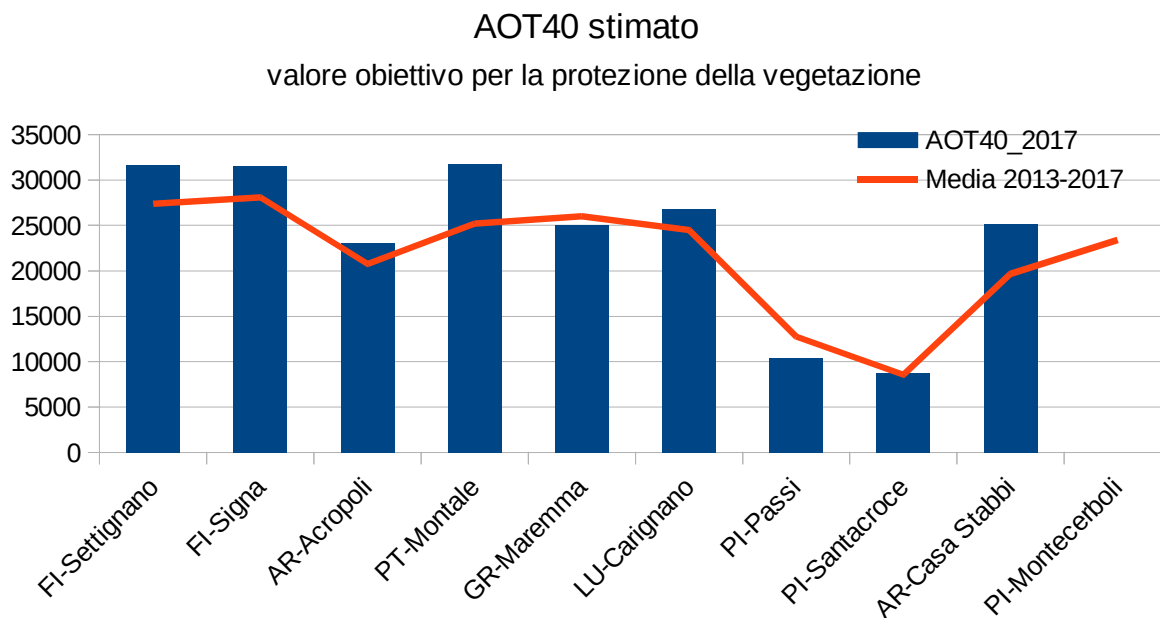


Grafico 4.4.1b. O3 – Superamenti soglia di informazione anno 2017.



Per quanto riguarda il valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40, la situazione nei confronti del limite del D.Lgs155/2010 è analoga con l'80 % dei valori degli indicatori superiori al valore obiettivo.

Grafico 4.4.2. O3 _Indicatori di ozono 2017: Obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40



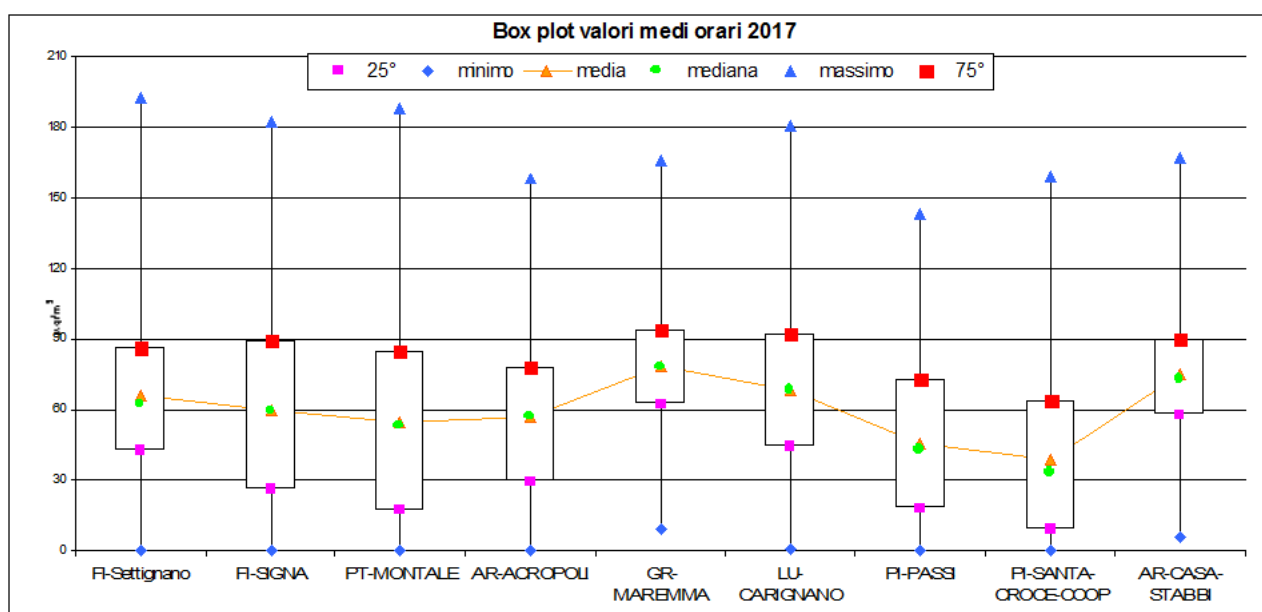
L'OMS per O₃ indica:

- 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 2017 dalle stazioni di RR si ottiene che il 100 % cento delle stazioni della nostra regione 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 2017.



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.

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 quasi nulli per tutte le stazioni e massimi medi orari elevati.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2017)

Si riportano in tabella i trend degli indicatori di Ozono calcolati dal 2007 al 2017,

Tabella 4.4.2. O3 – Valore obiettivo per la protezione della salute umana_ Andamenti 2007-2017 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	Media 2015-2017
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	59	42	41	43	43	36	42	48	63
	U	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	-	38	40	56
Zona pianure interne	S	PT	Montale	PT-Montale	52	60	58	47	33	22	35	44	59
	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	16	11	8	32	37	30	25	24	30
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	5	12	13	25	26	28	29	36	41
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	38	24	30	36	43	34	40	38	48
	S	PI	Pisa	PI-Passi	14	12	9	9	16	13	15	5	7
	S	PI	Sanra Croce sull'Arno	PI-Santacroce					5	4	4	2	2
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	17	11	21	40	41	32	23	24	30
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	28	29	35	52	54	49	36	25	28*

* Indicatore calcolato escludendo i dati 2017

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.

Grafico 4.4.4. O3 _Andamenti 2007- 2017. N° superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.

Andamento indicatore per la protezione umana

N° sup media 8 di 120 mg/mc

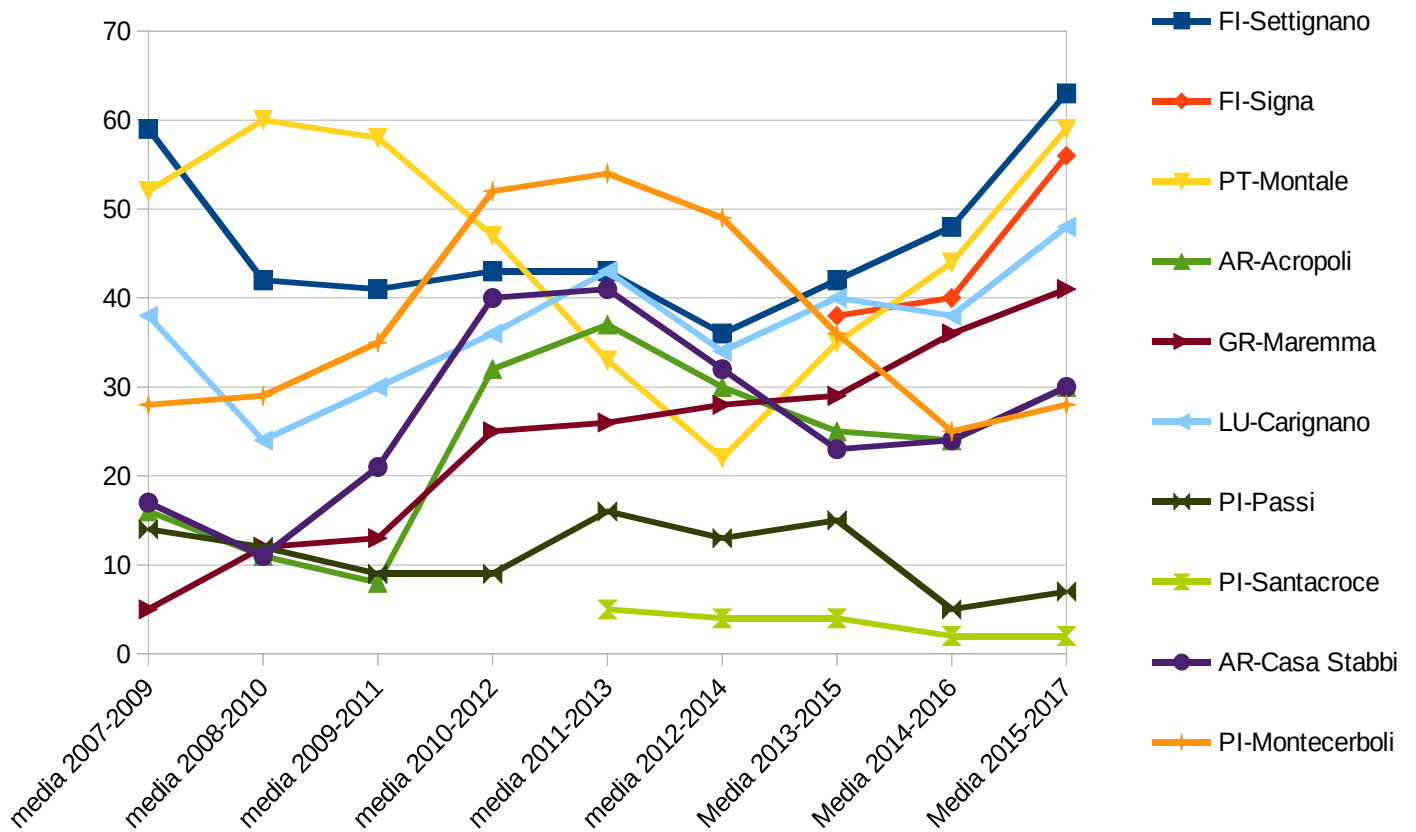


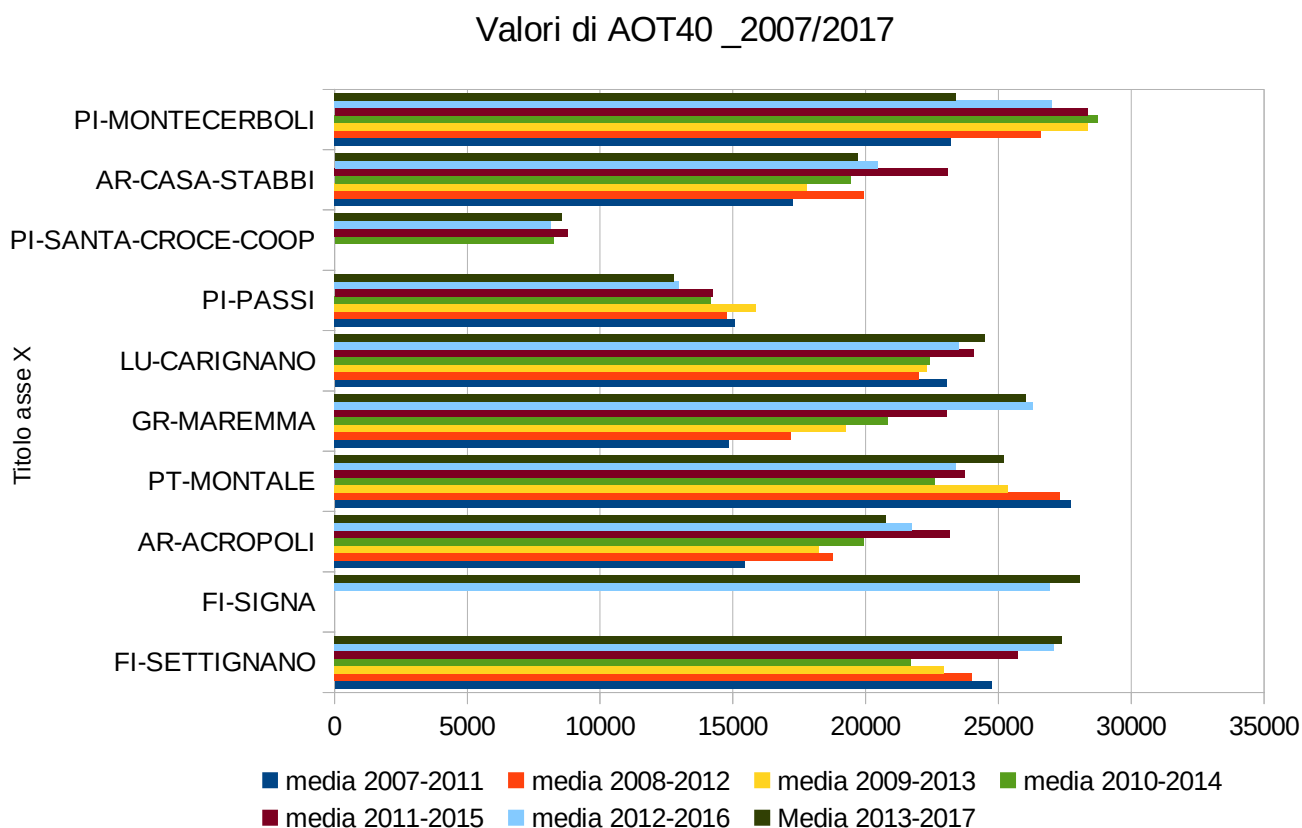
Tabella 4.4.3. O3 - Valore obiettivo per la protezione della vegetazione_ Andamenti 2007-2017 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class. stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	AOT40 Maggio/Luglio						
					Valore obiettivo per la protezione della vegetazione						
					18000 come media su 5 anni						
					media 2007-2011	media 2008-2012	media 2009-2013	media 2010-2014	media 2011-2015	Media 2012-2016	Media 2013-2017
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	24736	24011	22938	21693	25748	27078	27379
	U	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	26930	28082
Zona pianure interne	S	PT	Montale	PT-Montale	27715	27325	25352	22585	23746	23410	20757
	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	15458	18749	18252	19952	23179	21757	25215
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	14857	17186	19254	20830	23053	26314	26020
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	23044	22020	22300	22420	24075	23532	24509
	S	PI	Pisa	PI-Passi	15084	14792	15871	14177	14229	12978	12783
	S	PI	Sanra Croce sull'Arno	PI-Santacroce	-	-	-	8249	8793	8153	8565
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	17271	19945	17784	19429	23101	20446	19687
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	23214	26603	28371	28747	28344	27010	*23404

* Indicatore calcolato escludendo i dati 2017

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 4.4.5. O3 _Andamenti 2007- 2017. AOT40



Dalle elaborazioni dei dati relativi alle concentrazioni di ozono registrati nell'ultimo decennio 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.arp.at.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/mappa_ozono_lamma).

4.5. CO

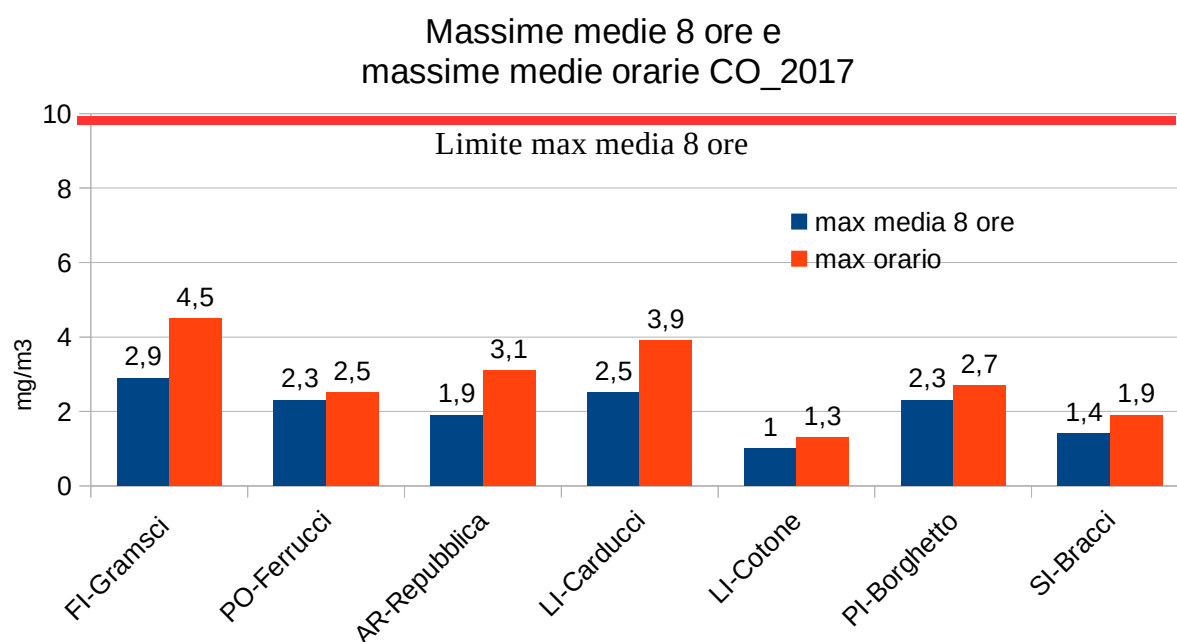
Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2017 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per il CO corrisponde alla media massima giornaliera calcolata su 8 ore che deve essere minore di 10 mg/m³.

Tabella 4.5.1. CO - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2017

Zona	Class.	Provincia Comune		Nome stazione	Anno 2017 Media massima giornaliera calcolata su 8 ore (mg/m ³)	Valore limite (mg/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	2,9	10
Zona Prato Pistoia	UT	P O	Prato	PO-Ferrucci	2,3	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	1,9	
Zona costiera	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	2,5	
	UI	LI	Piombino	LI-Cotone	1	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	2,3	
Zona Collinare e Montana	UT	SI	Siena	SI-Bracci	1,4	

Come si evince dalla tabella i valori di CO registrati da tutte le stazioni di rete regionale 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 2017.

Grafico 4.5.1. CO_ massime orarie e medie massime giornaliere su 8 ore, 2017.



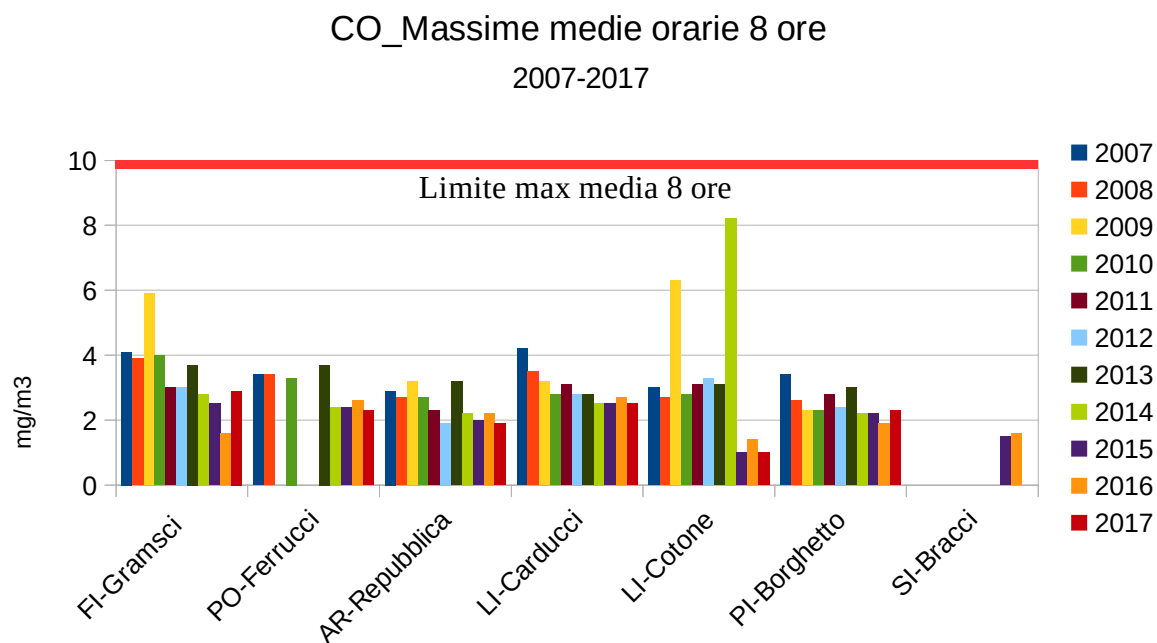
Il valore indicato dall'OMS per questo inquinante è pari al limite indicato dal D.lgs 155/2010, media massima su 8 ore inferiore a 10 mg/m³. In Toscana le concentrazioni di Monossido di Carbonio sono quindi ampiamente inferiori ai valori indicati dall'OMS.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2017)

Tabella 4.5.2. Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 ore _ Andamenti 2007-2017

Zona	Class.	Provincia Comune	Nome stazione	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore V.L. (10 mg/m³)											
				2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Agglomerato Firenze	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	4,1	3,9	5,9	4	3	3	3,7	2,8	2,5	1,6	2,9	
Zona Prato Pistoia	UT	Prato (PO)	PO-Ferrucci	3,4	3,4	*	3,3	*	*	3,7	2,4	2,4	2,6	2,3	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT	Arezzo (AR)	AR-Repubblica	2,9	2,7	3,2	2,7	2,3	1,9	3,2	2,2	2	2,2	1,9	
Zona costiera	UT	Livorno (LI)	LI-Carducci	4,2	3,5	3,2	2,8	3,1	2,8	2,8	2,5	2,5	2,7	2,5	
	SI	Piombino (LI)	LI-Cotone	3	2,7	6,3	2,8	3,1	3,3	3,1	8,2	1	1,4	1	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	Pisa (PI)	PI-Borghetto	3,4	2,6	2,3	2,3	2,8	2,4	3	2,2	2,2	1,9	2,3	
Zona Collinare e Montana	UT	Siena SI)	SI-Bracci	-	-	-	-	-	-		*	1,5	1,6	1,4	

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



Negli ultimi anni la massima media giornaliera su 8 ore si è mantenuta in tutte le stazioni di Rete Regionale ben al di sotto dei valori limite di normativa.

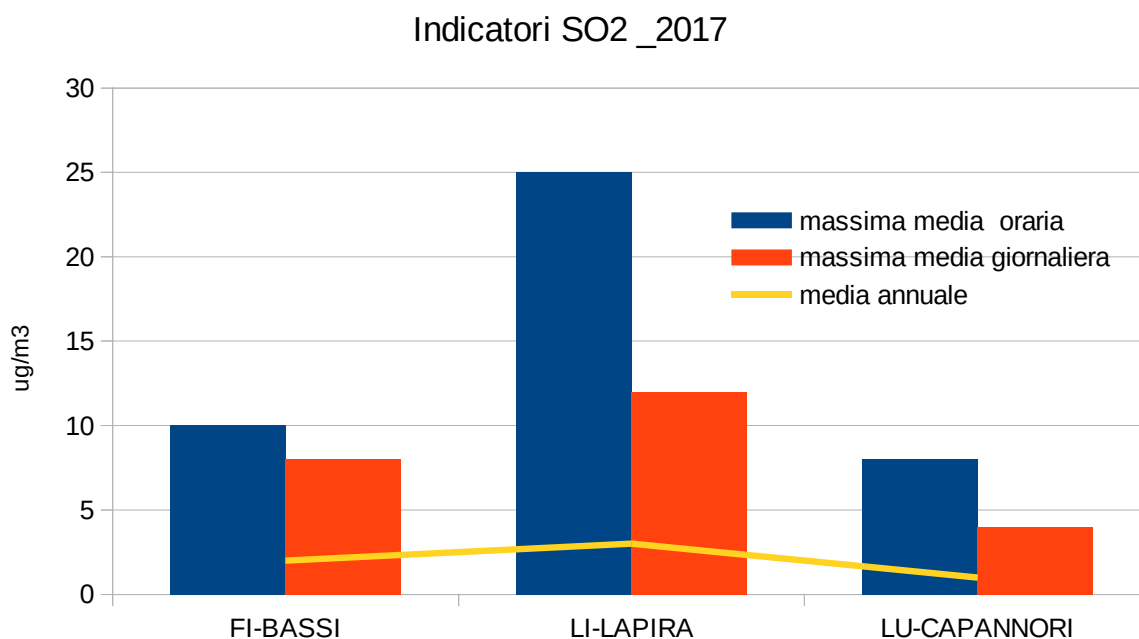
4.6. SO₂

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2017 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 24.

Tabella 4.6.1. SO₂ - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2017.

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 =10)	24	0 (max =8)	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 =25)		0 (max =12)	

Grafico 4.6.1. SO₂ – Medie e massime orarie annuali 2017.



I valori di SO₂ registrati durante il 2017 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 ed è stato rispettato presso tutte e tre le stazioni di rete regionale che non hanno mai registrato valori medi giornalieri superiori a 20 µg/m³.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2016)

Tabella 4.6.2. SO₂ - Andamenti 2007-2017 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class	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	2017
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Capannori (LU)	LU-Capannori	-	-	-	-	-	*	0	0	0	0	0
Zona Costiera	UF	Livorno (LI)	LI-La Pira	-	-	-	-	-	-	-	*	0	0	0

Zona	Class	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	2017
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Capannori (LU)	LU-Capannori	-	-	-	-	-	*	0	0	0	0	0
Zona Costiera	UF	Livorno (LI)	LI-La Pira	-	-	-	-	-	-	-	*	0	0	0

Zona	Class	Provincia Comune	Nome stazione	Media annuale µg/m ³										
				2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	2	2	2	1	1	2	*	3	2	2	2
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Capannori (LU)	LU-Capannori	-	-	-	-	-	*	2	2	1	1	1
Zona Costiera	UF	Livorno (LI)	LI-La Pira	-	-	-	-	-	-	-	*	4	5	3

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.

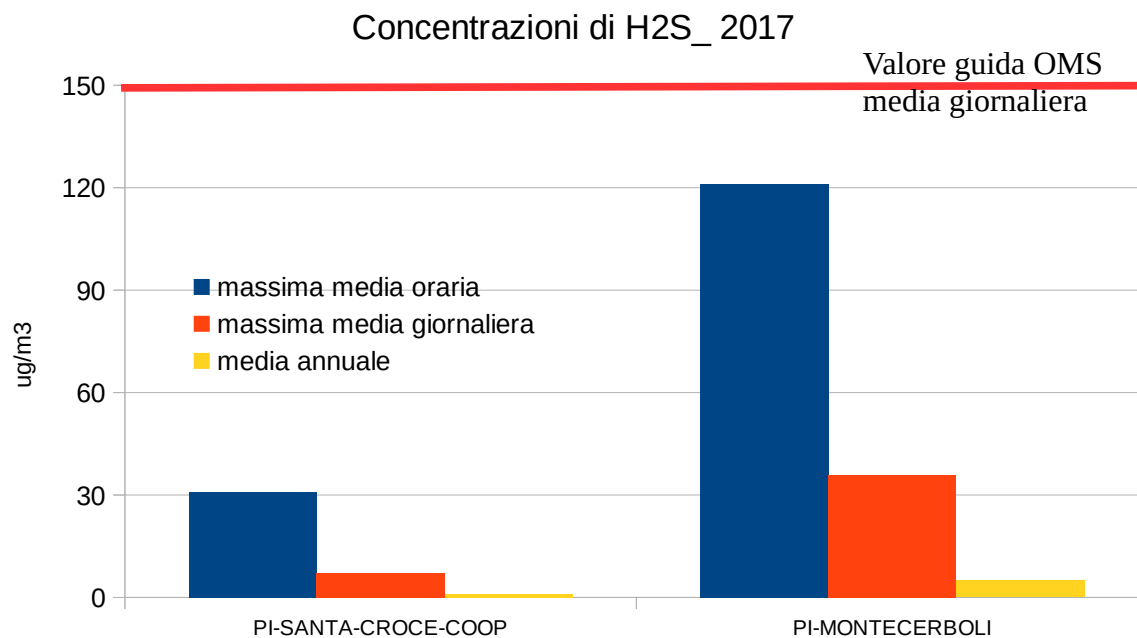
Tabella 4.7.1. H₂S _ Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2017.

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	1	7	31
Zona collinare e montana	S F I	Pisa	Pomarance	PI-Montecerboli	5	36	121

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 24% del valore limite del OMS.

Grafico 4.7.1. H_2S – Medie annuali, medie massime giornaliere e massime orarie annuali 2017.



ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2017)

Tabella 4.7.2. H2S Medie annuali _Trend 2007-2017

Zona	Class. stazione	Provincia Comune	Nome stazione	Media annuale (µg/m³)										
				2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	S F I	Santa Croce sull'Arno (PI)	PI-SantaCroce	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Zona collinare e montana	S F I	Pomarance (PI)	PI-Montecerboli	12	8	5	6	5	6	6	7	6	4	5

Tabella 4.7.3. H2S_Medie massime giornaliere registrate _Trend 2007-2017

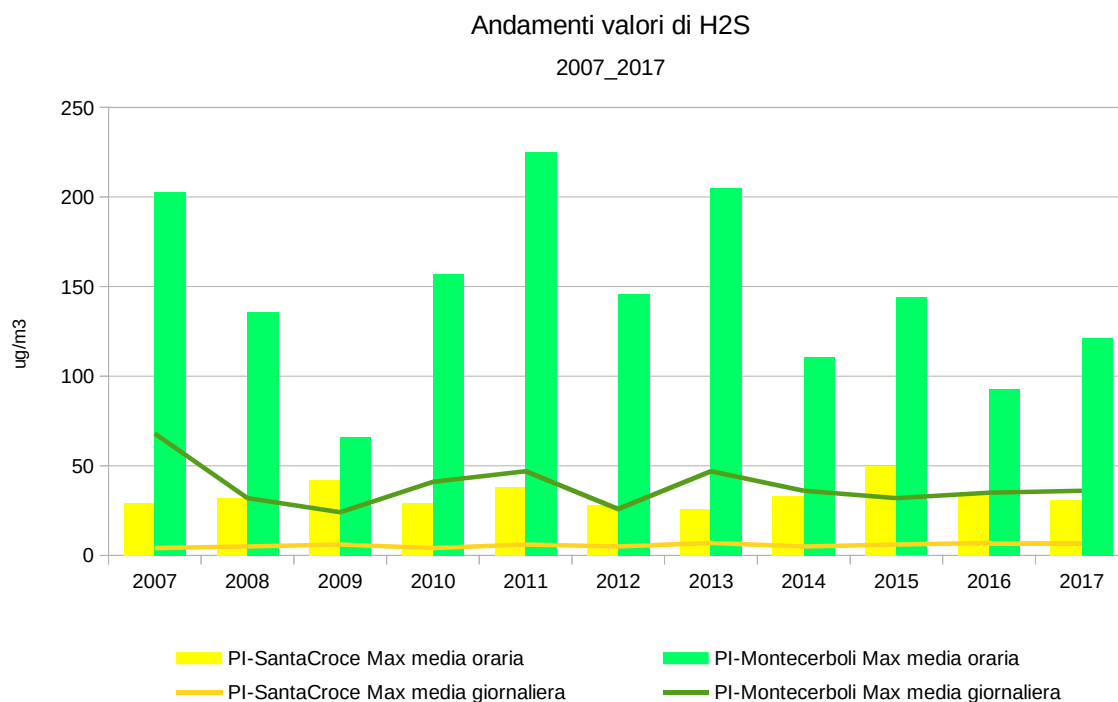
Zona	Class. stazione	Provincia Comune	Nome stazione	Massima media giornaliera (µg/m³)										
				2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	S F I	Santa Croce sull'Arno (PI)	PI-SantaCroce	4	5	6	4	6	5	7	5	6	7	7
Zona collinare e montana	S F I	Pomarance (PI)	PI-Montecerboli	68	32	24	41	47	26	47	36	32	35	36

Tabella 4.7.4. H2S Massime medie orarie _Trend 2007-2017

Zona	Class. stazione	Provincia Comune	Nome stazione	Massima media oraria (µg/m³)										
				2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	S F I	Santa Croce sull'Arno (PI)	PI-SantaCroce	29	32	42	29	38	28	26	33	50	34	31
Zona collinare e montana	S F I	Pomarance (PI)	PI-Montecerboli	203	136	66	157	225	146	205	111	144	93	121

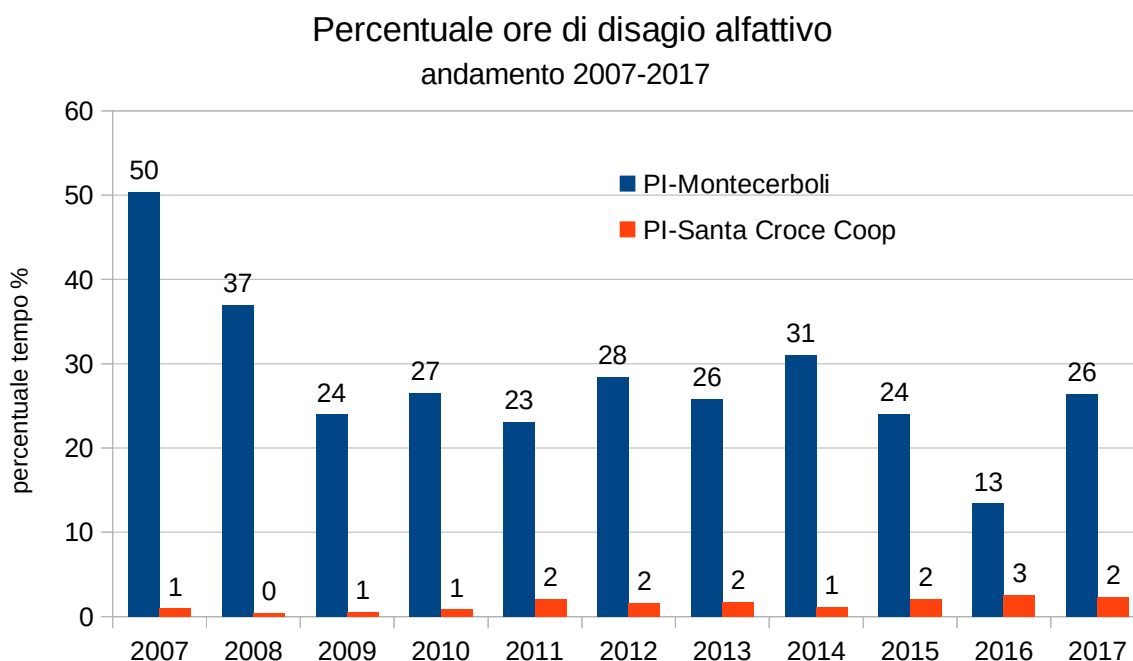
I trend mostrano che presso entrambe le stazioni i valori registrati si sono mantenuti su livelli nettamente inferiori a quelli indicati dall'OMS, per tutti gli anni in cui il monitoraggio è stato attivo.

Grafico 4.7.2. Medie massime giornaliera ed oraria _Trend 2007-2017 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.

Grafico 4.7.3. H2S _Percentuali orarie con valori sopra la soglia olfattiva_Trend 2007-2017



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 sempre stato inferiore al 2,5%;

- la popolazione della zona rappresentata dalla stazione di PI-Montecerboli negli ultimi anni è stata sottoposta a disagi di tipo olfattivo rilevanti, in quanto la percentuale di tempo in cui si è verificato un disagio olfattivo è stata nell'intorno o superiore al 25% (eccetto il 2016).

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 2017.

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 2017.

Zona	Class.	Provincia Comune	Nome stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V.L.
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	1,4 (max oraria 8,8)	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	2,5 (max oraria 15,9)	
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	0,7 (max oraria 6,6)	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Lucca (LU)	LU-San Concordio	1,4 (max oraria 10,3)	
Zona costiera	UF	Livorno (LI)	LI-LaPira	0,8 (max oraria 10,9)	
	UF	Piombino (LI)	LI-ParcoVIII III	0,5 (max oraria 7,5)	
	SI	Piombino (LI)	LI-Cotone	0,5 (max oraria 7)	

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 50 % del limite, mentre i valori di fondo urbano sono nettamente minori. 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 pari a 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e la zona di PO-PT e costiera dove i valori medi benzene sono stati 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 e massime orarie di benzene 2017.

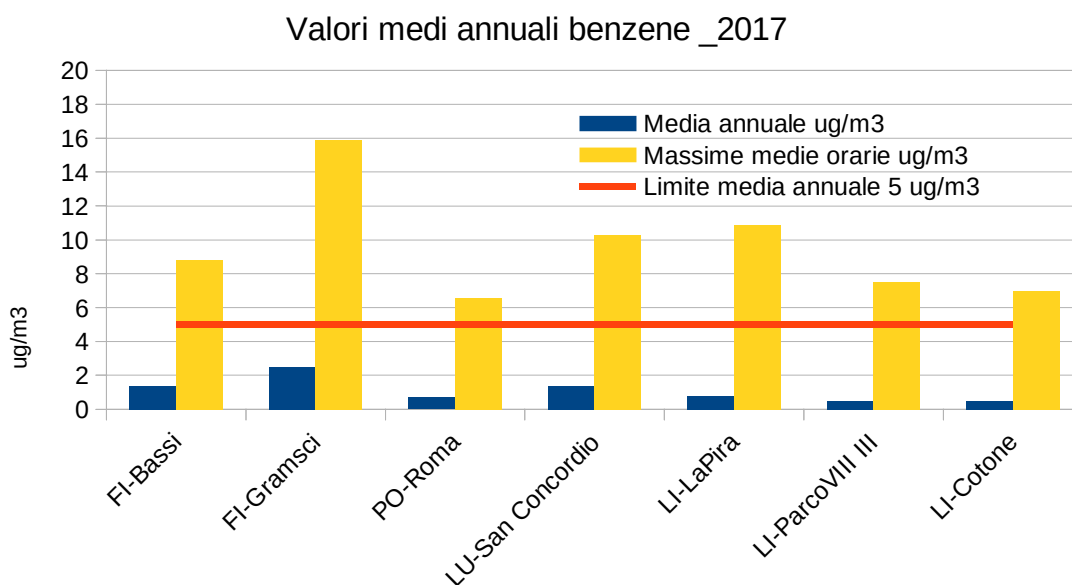
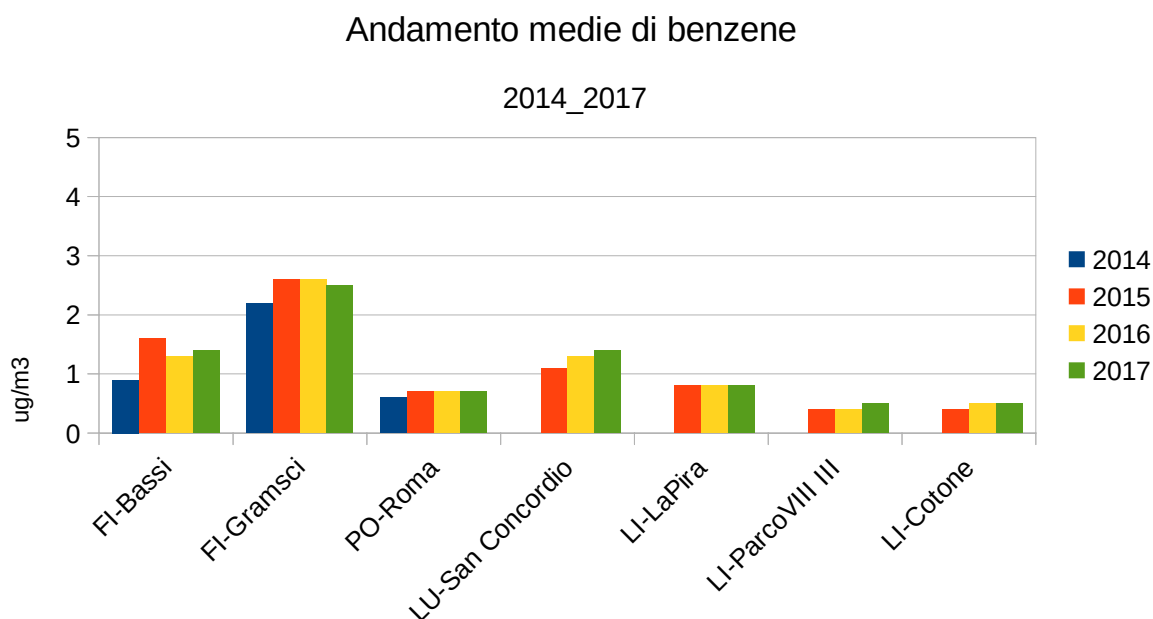


Tabella 4.8.2. Benzene_trend medie annuali registrate dal 2014 al 2017

Zona	Class.	Provincia Comune	Nome stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
				2014	2015	2016	2017
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	0,9*	1,6	1,3	1,4
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	2,2*	2,6	2,6	2,5
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	0,6	0,7	0,7	0,7
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Lucca (LU)	LU-San Concordio	-	1,1*	1,3	1,4
Zona costiera	UF	Livorno (LI)	LI-LaPira	*	0,8	0,8	0,8
	UF	Piombino (LI)	LI-ParcoVIII III	-	0,4*	0,4	0,5
	SI	Piombino (LI)	LI-Cotone	-	0,4*	0,5	0,5

* serie non valida, riportata a scopo indicativo

Grafico 4.8.2. Benzene_trend medie annuali registrate dal 2014 al 2017

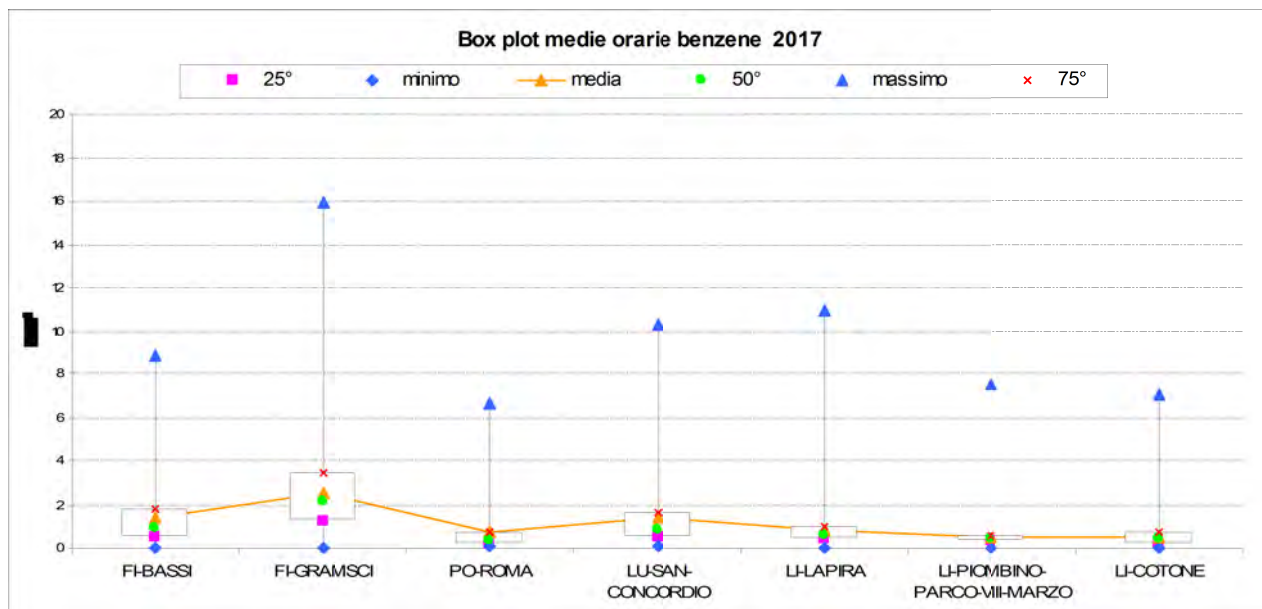


I dati medi annuali di benzene registrati negli ultimi anni sono stati costanti per tutti i siti di monitoraggio confermando una situazione molto positiva nei confronti del limite del D.lgs.155/2010.

Il valore di riferimento indicato dall'OMS per il benzene è pari ad una media annuale di $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 si mantengono 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 2017



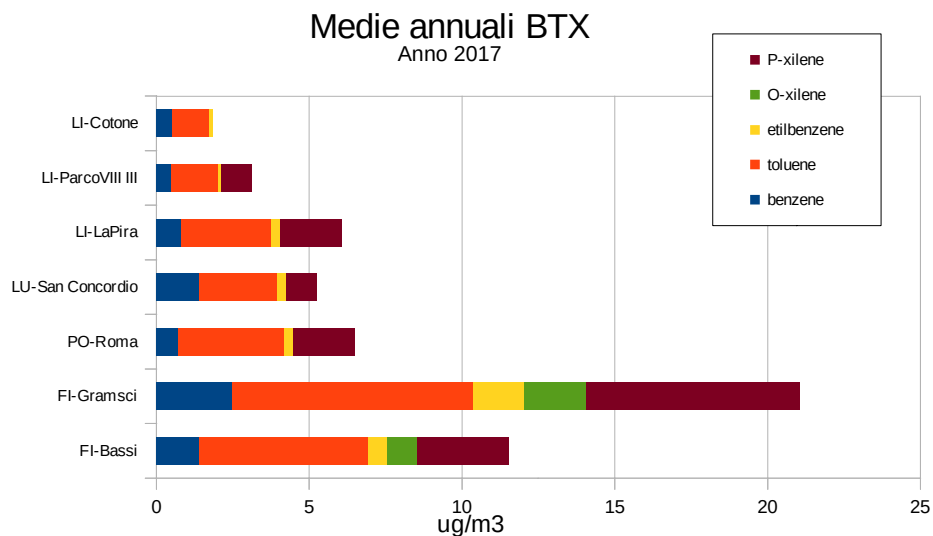
Le distribuzioni statistiche dei dati orari di benzene delle stazioni di rete regionale mostrano una grande prevalenza dei valori bassi di concentrazione. Il 75% dei dati orari registrati sono stati inferiori a 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per tutte le stazioni di fondo e per la stazione industriale, più elevati per il sito di traffico con il 75% dei valori comunque inferiore a 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sono stati calcolati i valori medi annuali di toluene, etilbenzene, o-xilene e p-xilene per tutte le stazioni di Rete Regionale.

Tabella 4.8.3.Valori medi benzene e derivati, anno 2017.

Zona	Class.	Provincia Comune	Nome stazione	Medie annuali BTX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
				benzene	toluene	etilbenzene	O-xilene	P-xilene
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	1,4	5,5	0,6	1	3
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	2,5	7,9	1,7	2	7
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	0,7	3,5	0,3	0	2
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Lucca (LU)	LU-San Concordio	1,4	2,6	0,3	0	1
Zona costiera	UF	Livorno (LI)	LI-LaPira	0,8	3,0	0,3	0	2
	UF	Piombino (LI)	LI-ParcoVIII III	0,5	1,5	0,1	0	1
	SI	Piombino (LI)	LI-Cotone	0,5	1,2	0,1	0	0

Grafico 4.8.4.Valori medi benzene e derivati, anno 2017.



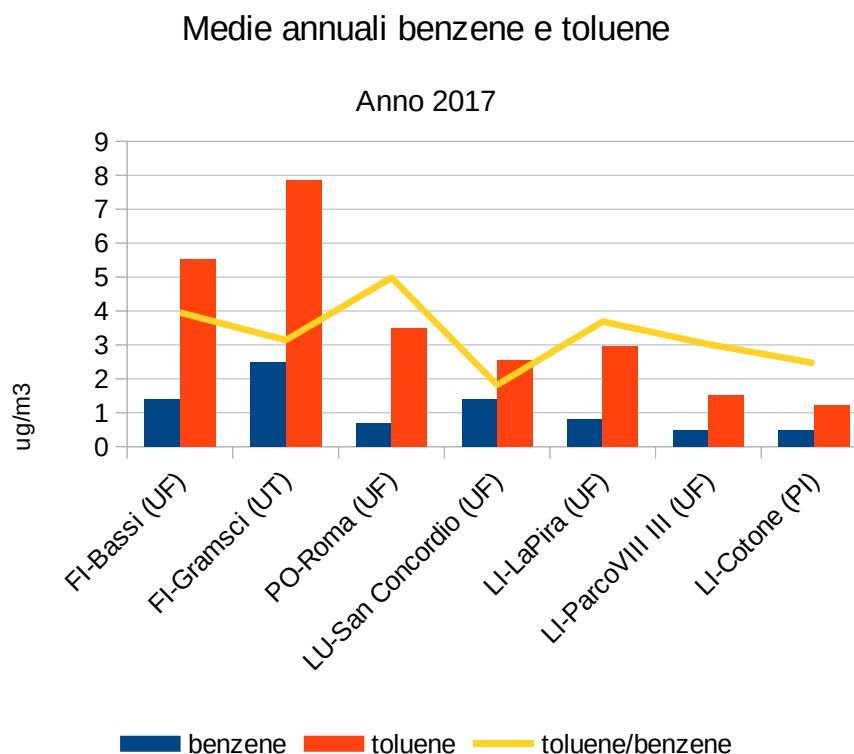
Dai valori riportati in tabella e nel grafico, si può notare che, come per il benzene, i valori più elevati sono quelli che sono stati rilevati nelle due stazioni di Firenze. I valori medi annuali sono comunque molto contenuti in tutta la regione.

Sono stati confrontate le concentrazioni medie annuali di benzene e di toluene stazione per stazione.

Tabella 4.8.4. Valori medi annuali di benzene e toluene e loro rapporto.

STAZIONE	Medie 2017 (ug/m3)		
	benzene	toluene	toluene/benzene
FI-Bassi (UF)	1,4	5,5	4,0
FI-Gramsci (UT)	2,5	7,9	3,1
PO-Roma (UF)	0,7	3,5	5,0
LU-San Concordio (U	1,4	2,6	1,8
LI-LaPira (UF)	0,8	3,0	3,7
LI-ParcoVIII III (UF)	0,5	1,5	3,0
LI-Cotone (PI)	0,5	1,2	2,5

Grafico 4.8.5. Valori medi annuali 2017 di benzene e toluene e loro rapporto.

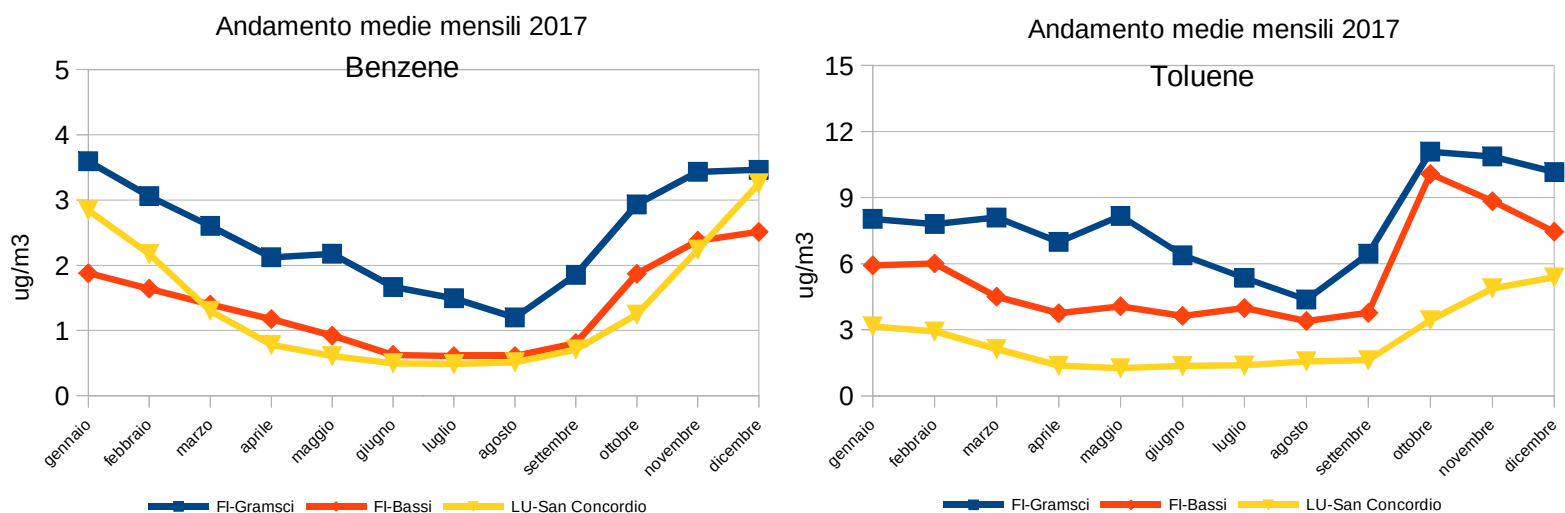


Per le stazioni che abbiamo ritenuto più significative sono state calcolate le medie mensili di benzene e di toluene e sono stati analizzati i loro andamenti nell'arco dell'anno 2017.

Tabella 4.8.5. Valori medi mensili di benzene e toluene stazioni di : FI-Gramsci (UT), FI-Bassi (UF) e LU-San Concordio (UF), anno 2017.

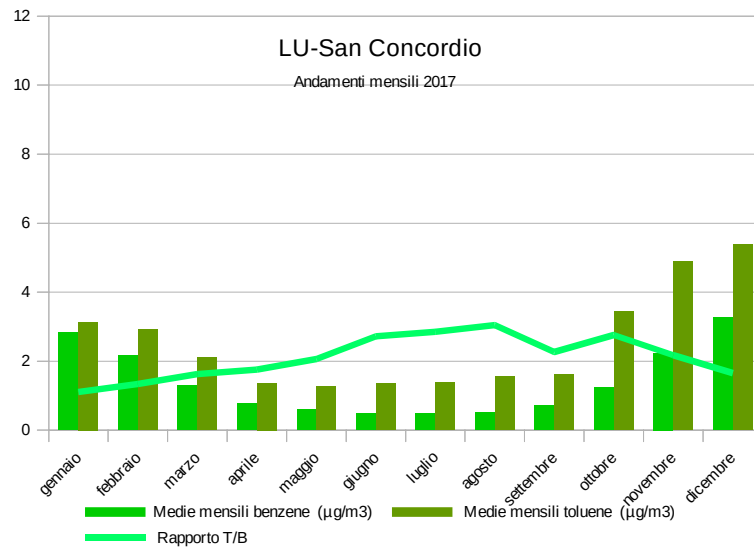
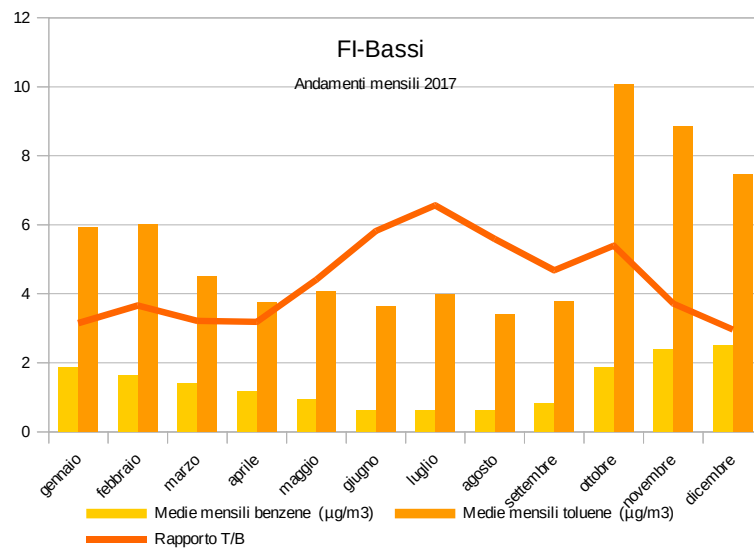
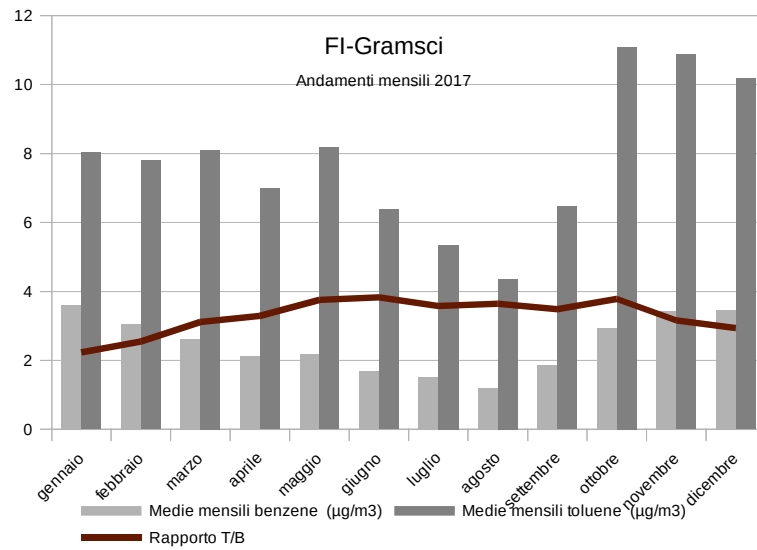
Anno 2017	Medie mensili benzene (µg/m ³)			Medie mensili toluene (µg/m ³)		
	FI-Gramsci	FI-Bassi	LU-San Concordio	FI-Gramsci	FI-Bassi	LU-San Concordio
gennaio	3,6	1,9	2,8	8,0	5,9	3,1
febbraio	3,1	1,6	2,2	7,8	6,0	2,9
marzo	2,6	1,4	1,3	8,1	4,5	2,1
aprile	2,1	1,2	0,8	7,0	3,7	1,4
maggio	2,2	0,9	0,6	8,2	4,1	1,3
giugno	1,7	0,6	0,5	6,4	3,6	1,3
luglio	1,5	0,6	0,5	5,4	4,0	1,4
agosto	1,2	0,6	0,5	4,4	3,4	1,6
settembre	1,9	0,8	0,7	6,5	3,8	1,6
ottobre	2,9	1,9	1,2	11,1	10,1	3,4
novembre	3,4	2,4	2,2	10,9	8,8	4,9
dicembre	3,5	2,5	3,3	10,2	7,5	5,4

Grafici 4.8.6. a e b. Valori medi mensili di benzene e toluene stazioni di : FI-Gramsci (UT), FI-Bassi (UF) e LU-San Concordio (UF), anno 2017.



L'andamento delle concentrazioni medie mensili di benzene nell'arco del 2017 mostra che i livelli medi di benzene subiscono un abbassamento con l'avvicinarsi della stagione primaverile ed estiva, per crescere nuovamente in autunno: per le stazioni del comune di Firenze ciò avviene in modo piuttosto graduale mentre presso la stazione di LU-San Concordio il cambiamento di mese in mese è più marcato. Per quanto riguarda il toluene, il profilo del grafico indica un andamento delle concentrazioni medie simile a quello del benzene ma meno accentuato. Per le stazioni di Firenze il picco massimo di benzene si verifica a dicembre-gennaio mentre per il toluene ad ottobre.

Grafici 4.8.7. a, b e c. Valori medi mensili per stazione: FI-Gramsci (UT), FI-Bassi (UF) e LU-San Concordio (UF), anno 2017.



5. INQUINANTI RILEVATI CON CAMPAGNE DISCONTINUE: INDICATORI E CONFRONTO CON IL VALORE LIMITE O OBIETTIVO, ANNO 2017.

La DGRT n.1025/2010 e la DGRT 964/15 prevedono:

- il monitoraggio del benzo(a)pirene in 7 stazioni della rete regionale,
- il monitoraggio di altri sei congeneri 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) oltre al benzo(a)pirene nel sito di interesse regionale situato a FI-Bassi,
- il monitoraggio di arsenico in 4 stazioni di rete regionale,
- il monitoraggio di nichel e cadmio in 3 stazioni della rete regionale,
- il monitoraggio di piombo in una stazioni di rete regionale (UT)

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.	Prov	Comune	Nome stazione	Parametri monitorati					
					B(a)P	IPA 6 congeneri	As	Ni	Cd	Pb
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	X	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*		X**	X**	X**	X**
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli			X	X*	X*	X*

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

(**) Parametro non previsto dalla DGRT 964/15 ma per il quale è stato effettuato un monitoraggio, che però non ha rispettato i criteri di omogeneità e distribuzione nell'arco dell'anno pertanto i relativi indicatori non sono rappresentativi.

Tutti i monitoraggi riportati in tabella sono avvenuti in base a quanto previsto dalle norme tecniche in vigore.

Oltre ai siti previsti dalla DGRT 964/15, nel 2017 è stato effettuato il monitoraggio del Benzo(a)pirene presso la stazione di AR-Acropoli. Il monitoraggio dei metalli oltre ai siti previsti dalla DGRT 964/15, è stato effettuato (soltanto nei primi mesi dell'anno) anche presso i siti di LU-San Concordio e di AR-Acropoli, inoltre dato che il campionamento e l'analisi seguono la solita procedura, sono stati monitorati in ogni sito coinvolto i quattro metalli As, Ni, Cd e Pb.

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 (UNI 12341).

I siti di monitoraggio sono 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 2017 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 nell'anno e quindi gli indicatori sono da ritenersi rappresentativi. Ciò è valido anche per il monitoraggio avvenuto presso la stazione di AR-Acropoli

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 - 2017. Elaborazione degli indicatori

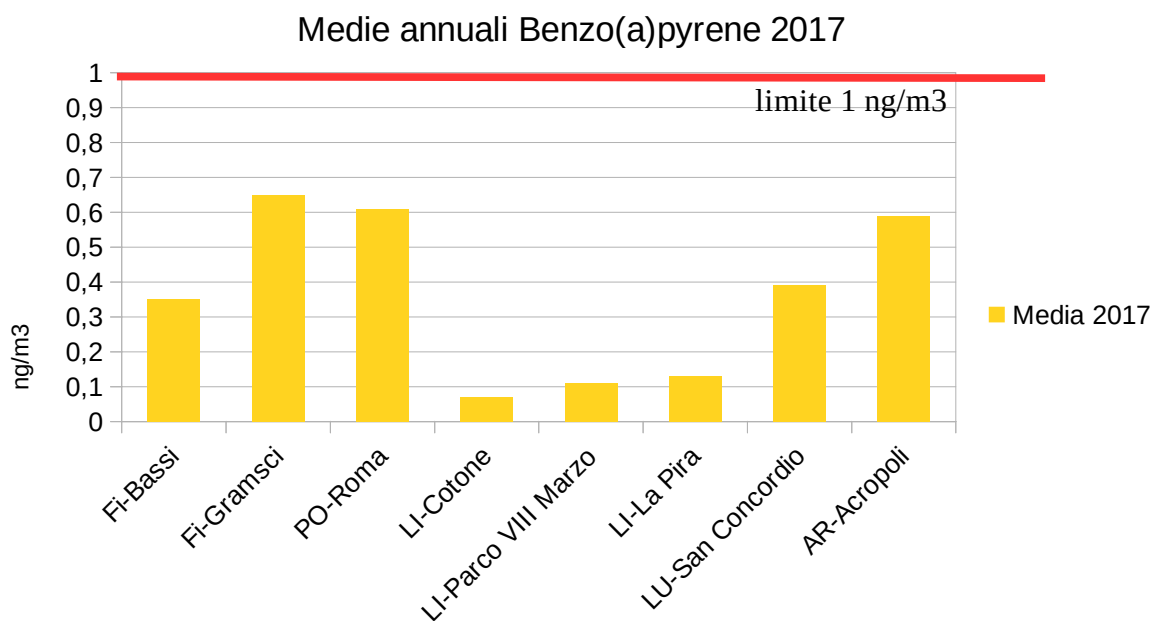
Zona	Class.	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale 2017 (ng/m ³)	Valore obiettivo (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	Fi-Bassi	0,35	1,0
	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0,65	
Zona PO-PT	UF	PO	Prato	PO-Roma	0,61	
Zona costiera	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0,07	
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0,11	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0,13	
Zona valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	0,39	
Zona del Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0,59	

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, anche se è presente una notevole differenza tra i valori medi di Benzo(a)pyrene registrati nelle zone della Toscana:

- le medie annuali della Zona Costiera sono state molto contenuti in tutti e tre i siti con minimo pari a 0,07 ng/m³ massimo pari a 0,13 ng/m³ ;
- per l'agglomerato di Firenze i valori medi annuali vanno da un minimo di 0,35 ng/m³ per la stazione di fondo ad un massimo di 0,65 ng/m³ per la stazione di traffico;
- per la Zona del Valdarno pisano e piana lucchese, la media della stazione di fondo è pari a 0,39 ng/m³ , simile alla media del fondo dell'agglomerato;
- le medie più alte del fondo sono state registrate nelle zone di PO-PT, dove la media è stata pari a 0,61 ng/m³ e la zona del Valdarno aretino e Valdichiana con concentrazione media di 0,59 ng/m³.

Grafico 5.1.1. Benzo(a)pirene. Medie annuali 2017



L'OMS ha indicato come valore di riferimento per il Benzo(a)pirene una media annuale di 0.12 ng/m^3 . Confrontando questo riferimento con i valori medi di Benzo(a)pirene ottenuti in Toscana si nota che per tutte le zone dove è stato attivato il monitoraggio essi sono risultati 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.

Sono stati analizzati e riportati in grafico gli andamenti delle medie mensili del Benzo(a)pirene nel 2017.

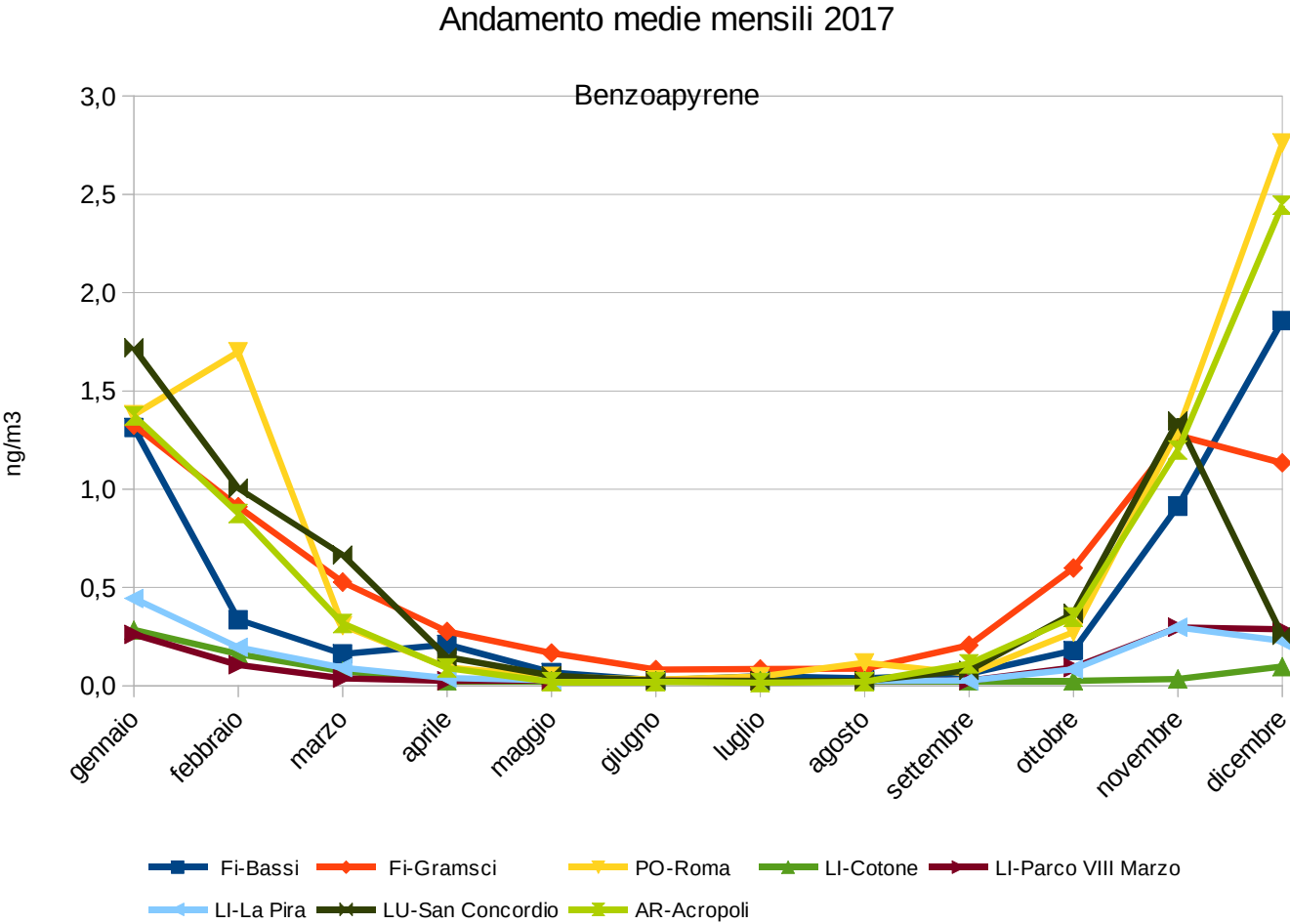
Tabella 5.1.2. Andamenti mensili Benzo(a)pirene - 2017.

medie mensili 2017 (ng/m3)												
Stazione	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
Fi-Bassi	1,31	0,34	0,16	0,21	0,07	0,03	0,05	0,04	0,06	0,18	0,91	1,86
Fi-Gramsci	1,33	0,91	0,53	0,28	0,17	0,08	0,09	0,09	0,21	0,60	1,27	1,13
PO-Roma	1,38	1,70	0,31	0,09	0,05	0,03	0,05	0,12	0,06	0,27	1,30	2,76
LI-Cotone	0,28	0,16	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,10
LI-Parco VIII Marzo	0,26	0,11	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,09	0,30	0,29
LI-La Pira	0,44	0,20	0,09	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,08	0,30	0,23
LU-San Concordio	1,72	1,00	0,67	0,15	0,05	0,03	0,03	0,03	0,08	0,37	1,35	0,26
AR-Acropoli	1,37	0,88	0,32	0,09	0,02	0,02	0,02	0,02	0,11	0,35	1,20	2,45
LU-Capannori*						0,02		0,02		0,49		3,5

*Sono stati riportati anche le medie relative a 4 campioni mensili relativi alla stazione di LU-Capannori, nel periodo giugno-dicembre 2017. I risultati ottenuti in questo sito sono in linea con le medie mensili delle altre stazioni per i mesi estivi ed autunnali, mentre il valore elevato della media del benzoapyrene relativo a dicembre rispecchia gli alti valori di PM10 e PM2,5 che hanno caratterizzato il sito di Capannori l'ultimo mese del 2017, in coincidenza anche di un importante incendio.

Il profilo del grafico sottoriportato evidenzia quando le concentrazioni di benzoapyrene nei campioni di PM10, siano più elevate nei mesi autunnali ed invernali per diminuire in modo sostanziale con la primavera e l'estate. Questo andamento è più marcato nei siti dove i valori medi sono più elevati (zone interne) mentre per le stazioni della zona costiera l'andamento è meno accentuato in quanto anche nei mesi autunnali ed invernali le concentrazioni medie sono molto contenute.

Grafico 5.1.2. Andamenti mensili Benzo(a)pirene - 2017.



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

Tabella 5.1.3. Benzo(a)pirene. Andamenti 2007-2017

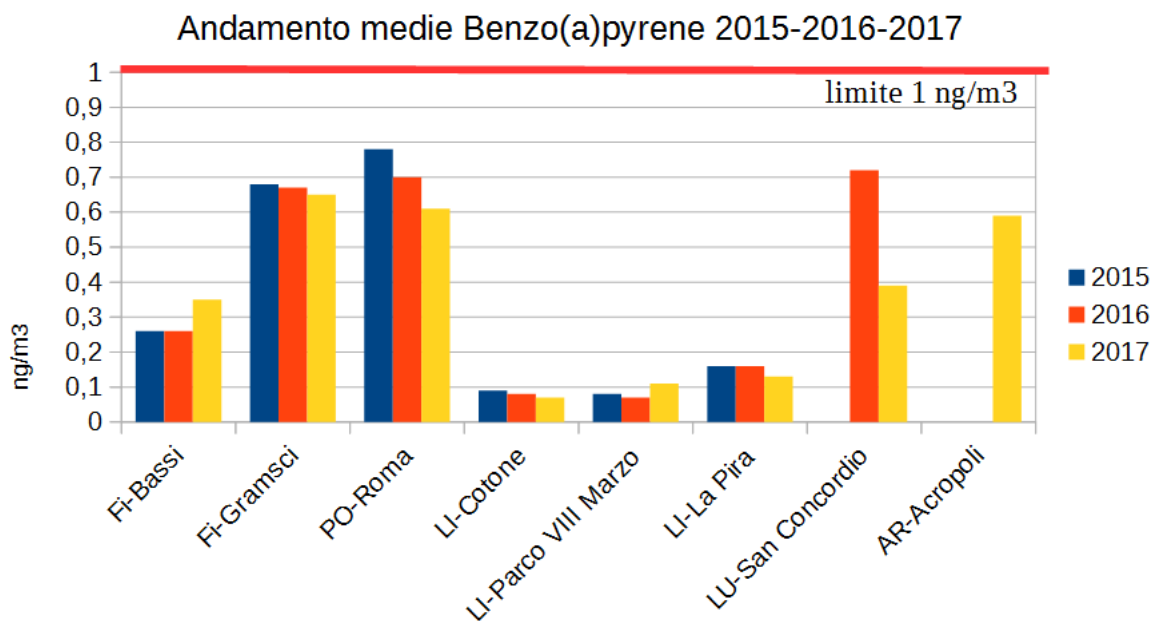
Zona	Class	Nome stazione	Concentrazioni medie annuali (ng/m ³)										
			Valore Obiettivo 1.0 ng/m ³										
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Agglomerato Firenze	UF	Fi-Bassi	0,34	0,13	0,17	0,12	0,26	0,30	0,30	0,26	0,26	0,26	0,35
	UT	Fi-Gramsci	-	-	-	-	0,51	-	0,44	0,58	0,68	0,67	0,65
Zona PO-PT	UF	PO-Roma	-	-	-	-	-	-	-	-	0,78	0,70	0,61
Zona costiera	SI	LI-Cotone	0,95*	0,66*	0,65*	-	0,17*	0,37*	0,67*	0,33	0,09	0,08	0,07
	UF	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,07	0,11
	UF	LI-La Pira	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	0,16	0,13
Zona valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-San Concordio	-	-	-	-	-	-	-	-	0,79**	0,72	0,39
Zona del Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,59

*dati ottenuti tramite compionatore ad alto volume

** serie non rappresentativa

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

Grafico 5.1.3. Benzo(a)pirene. Medie annuali _ Andamenti 2015-2017



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 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.

Dal 2017 le analisi dei campioni relativi ai 7 di IPA di FI-Bassi vengono effettuate dal laboratorio dell'ARPA Veneto che si occupa di tutti i siti di interesse nazionale. I dati di seguito riportati sono stati gentilmente anticipati informalmente da ARPA Veneto e sono utilizzati per mero confronto indicativo con gli andamenti degli anni precedenti.

In tabella sono riportati i valori delle medie annue registrate dal 2013 al 2017 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 2017 appare simile ai precedenti anni. Le differenze osservate dovranno essere valutate nel tempo.

Tabella 5.1.4. IPA FI-Bassi - medie annue 2013 – 2017

IPA	media annua ng/m3				
	2013	2014	2015	2016	2017
benzo(a)pirene	0,3	0,26	0,26	0,26	0,35
benzo(a)antracene	0,22	0,2	0,18	0,18	0,29
benzo(b)fluorantene	0,41	0,33	0,34	0,32	0,36
benzo(j)fluorantene	0,29	0,2	0,23	0,24	-
benzo(k)fluorantene	0,22	0,17	0,2	0,19	0,18
indeno(1,2,3-cd)pirene	0,42	0,36	0,28	0,26	0,28
dibenzo(a,h)antracene	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03
crisene	-	-	-	-	0,32

IPA	Rapporto tra i vari congeneri e il benzo(a)pirene				
	2013	2014	2015	2016	2017
benzo(a)antracene	0,73	0,77	0,69	0,7	0,82
benzo(b)fluorantene	1,37	1,27	1,31	1,23	1,03
benzo(j)fluorantene	0,97	0,77	0,88	0,89	---
benzo(k)fluorantene	0,73	0,65	0,77	0,7	0,52
indeno(1,2,3-cd)pirene	1,4	1,39	1,08	0,98	0,80
dibenzo(a,h)antracene	0,1	0,11	0,19	0,13	0,08
crisene	-	-	-	-	0,91

Grafico 5.1.4. a IPA FI-Bassi - Medie annue 2013 – 2017

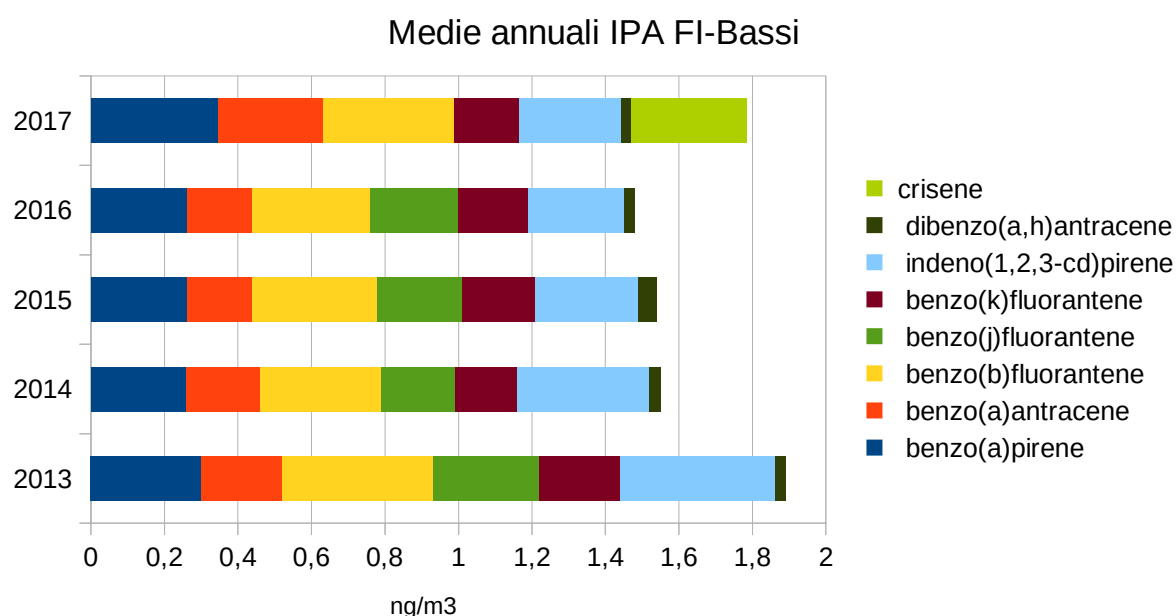
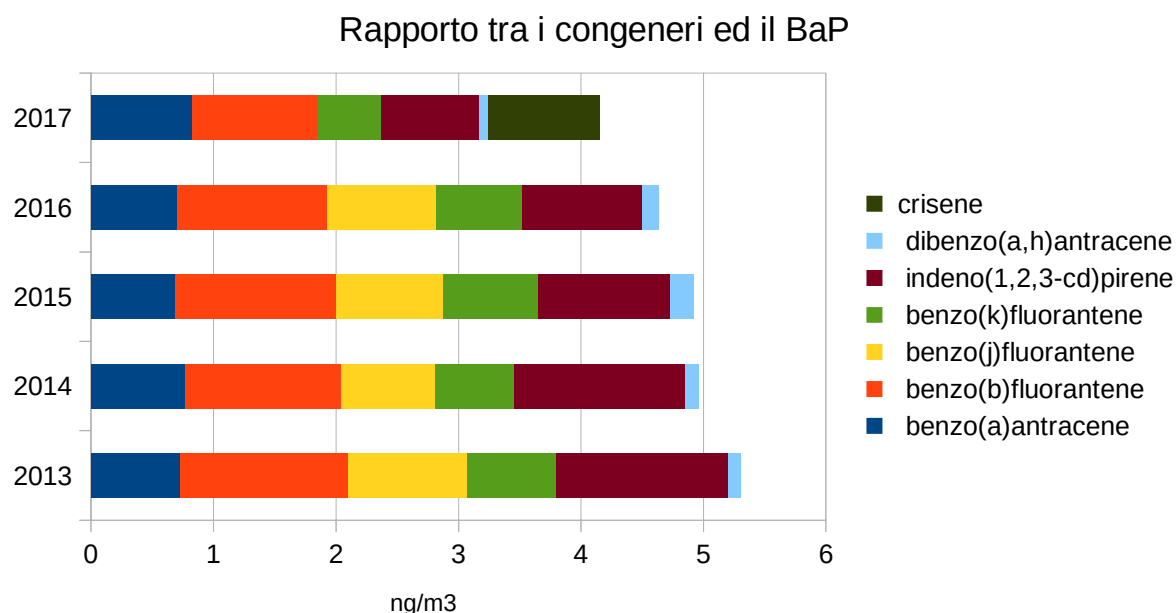


Grafico 5.1.4. b IPA FI-Bassi -Rapporto tra i congeneri 2013 – 2017



Dal 2013 al 2017 la distribuzione delle concentrazioni dei congeneri di IPA analizzati si è mantenuta costante. Per quanto riguarda il 2017, le leggeri differenze evidenziate dal grafico sono compatibili con l'incertezza del metodo e sono da attribuirsi al cambiamento di analiti indagati (crisene al posto del benzo(J)fluorantene ed al cambiamento di laboratorio di analisi).

Sono state calcolate e riportate in tabella e nel grafico sottostante le medie mensili relative al 2017 per ciascuno dei 7 IPA analizzati sui filtri del sito nazionale di FI-Bassi.

Tabella 5.1.5. IPA FI-Bassi - medie mensili 2017

FI_Bassi	medie mensili (ng/m3)											
	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
. Benzo(a)pirene	1,31	0,34	0,16	0,21	0,07	0,03	0,05	0,04	0,06	0,18	0,91	1,86
. Benzo(a)antracene	0,81	0,14	0,08	0,11	0,04	0,02	0,03	0,02	0,04	0,10	0,40	4,45
. Crisene	0,98	0,22	0,10	0,11	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,11	0,39	4,67
. Benzo(b)fluorantene	1,22	0,35	0,18	0,18	0,07	0,03	0,04	0,03	0,07	0,17	0,70	3,14
. Benzo(k)fluorantene	0,63	0,18	0,09	0,10	0,06	0,01	0,03	0,02	0,03	0,09	0,34	1,45
. Dibenzo(a,h)antracen	0,08	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,17
. Benzo(g,h,i)perilene	1,32	0,54	0,36	0,48	0,21	0,07	0,09	0,07	0,14	0,30	0,98	1,72
. Indeno(1,2,3-cd)piren	0,84	0,29	0,17	0,27	0,08	0,03	0,04	0,03	0,06	0,18	0,70	1,41

Grafico 5.1.5.a IPA FI-Bassi - distribuzioni mensili 2017 dei congeneri IPA

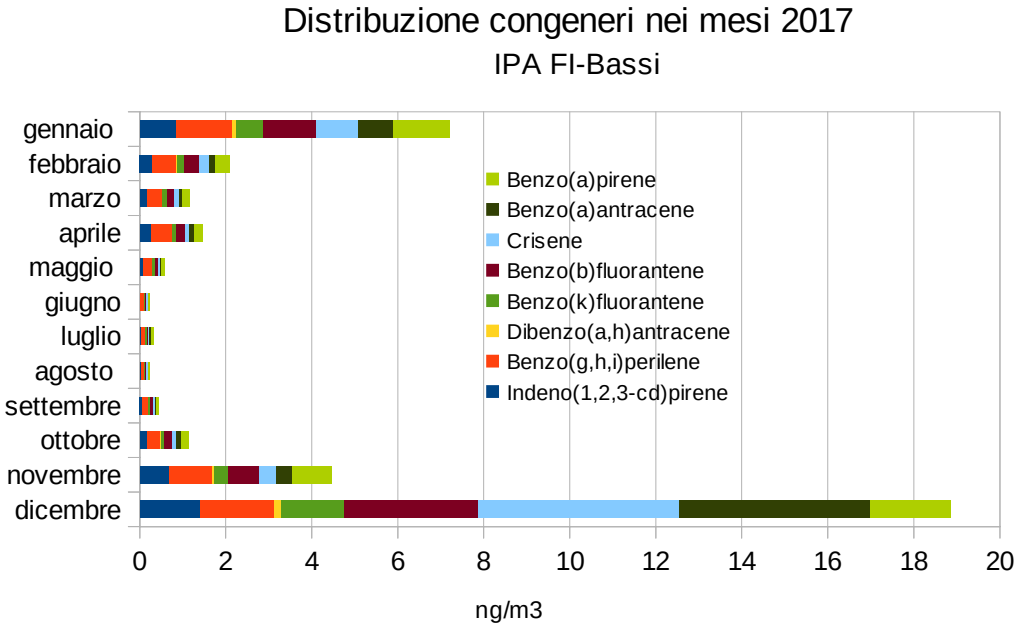
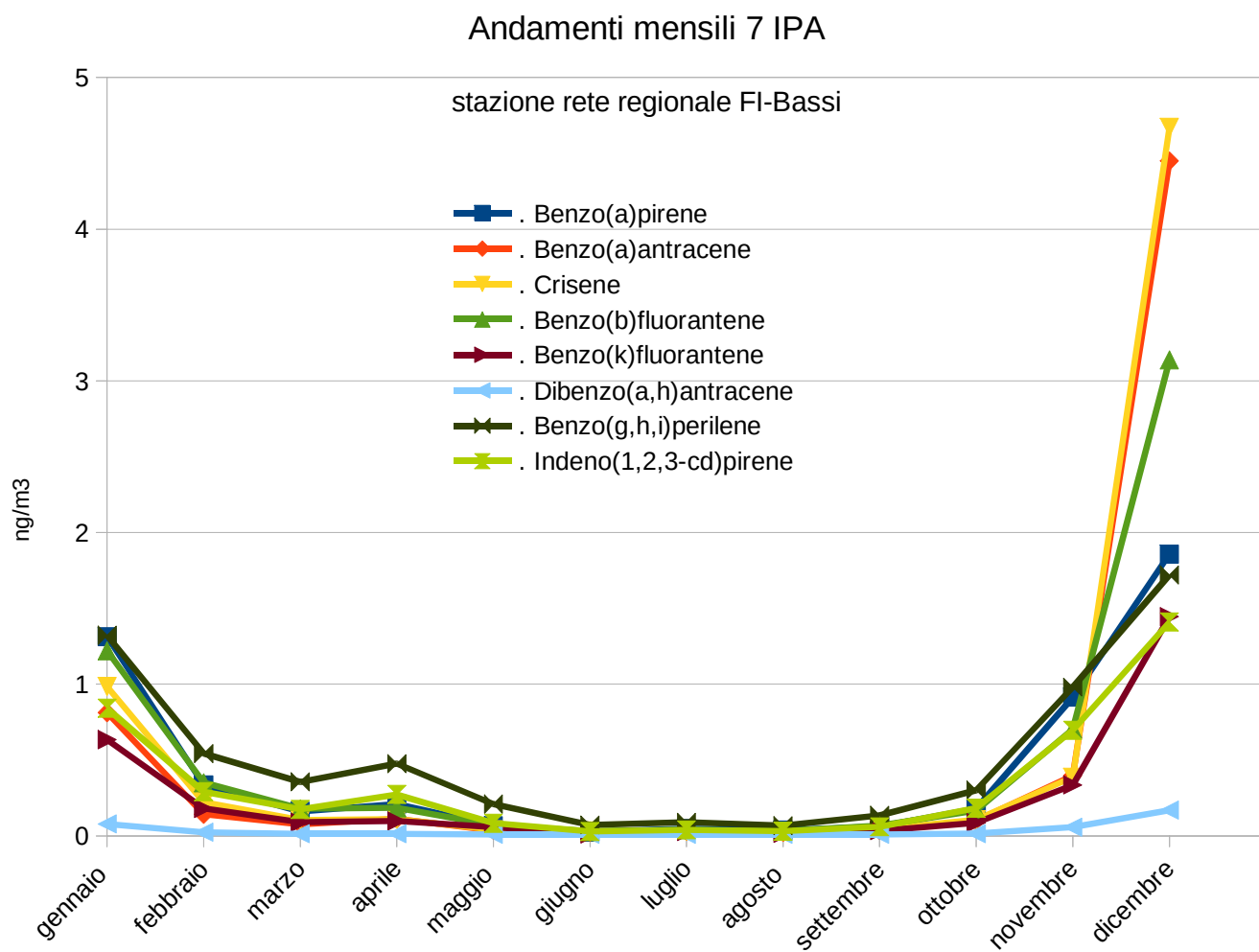


Grafico 5.1.5.b IPA FI-Bassi - medie mensili 2017



Gli andamenti delle concentrazioni delle medie mensili, hanno tutti il medesimo profilo.

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 2017 sono stati effettuati i monitoraggi dei metalli presso tutte le stazioni previste dalla DGRT 964/15 a cui è stato aggiunto il sito di PI-Montecerboli.

Tutte le campagne di monitoraggio 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- 2017. Elaborazione degli indicatori

Zona	Class. Zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale Piombo 2017 (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	1,9	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	2,8	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	1,2	

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

Tabella 5.2.2 . Arsenico- 2017. Elaborazione degli indicatori

Zona	Class. zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale Arsenico 2017 (ng/m ³)	Valore obiettivo Arsenico (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0,6	6,0
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0,5	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0,5	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0,5	

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

Tabella 5.2.3 . Cadmio- 2017. Elaborazione degli indicatori

Zona	Class. zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale Cadmio 2017 (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	0,2	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0,2	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0,2	

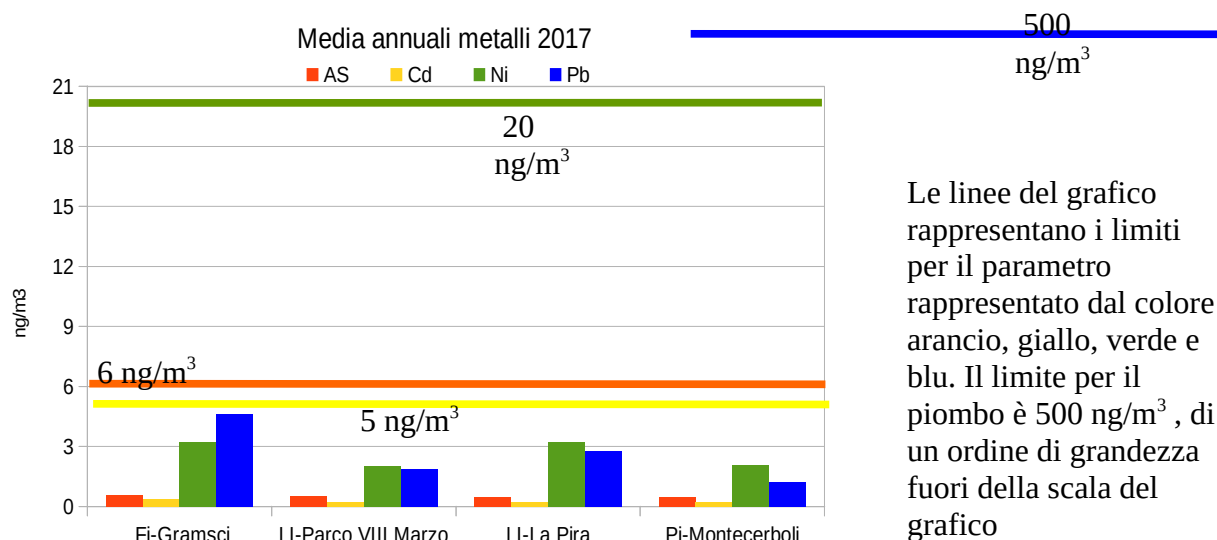
*Efficienza < del 50%, dati riportato a scopo conoscitivo

Tabella 5.2.4 . Nichel- 2017. Elaborazione degli indicatori

Zona	Class. zona e stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale Nichel 2017 (ng/m ³)	Valore obiettivo Nichel (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	3,3	20,0
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	3,2	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	2,0	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	2,1	

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

Grafico 5.2.1. Metalli pesanti_ indicatori 2017



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 di FI-Gramsci e negli altri siti di indagine sono inferiori di ben 2 ordini di grandezza al valore limite, con media annuale massima del sito di traffico pari allo 0,9% del V.L.;
- le concentrazioni di As e di Cd sono di un ordine di grandezza inferiori al valore limite, con una grande maggioranza delle concentrazioni rilevate sotto i limiti di rivelabilità strumentale;
- le concentrazioni medie di Nichel trovate in tutti e 4 i siti sono ampiamente inferiori al valore obiettivo, con media massima del sito di traffico pari al 16% del valore obiettivo.

L'OMS ha indicato come valore limite di riferimento per il Piombo una media annuale di 500 ng/m³, pari al limite del D.Lgs. 155/2010, pertanto la situazione della nostra regione rispetta per il Piombo il valore 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_2017 Piombo

Zona	Class.	Nome stazione	Piombo Valore limite: 500 ng/m³			
			Concentrazioni medie annue (ng/m³)			
			2014	2015	2016	2017
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	5	4,8	4,6	4,6
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII Marzo	*	3,2	2,3	1,9
	UF	LI-La Pira	*	5,6	5	2,8
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	*	*	*	1,2

* non disponibile

Tabella 5.2.6. Andamenti 2014_2017 Arsenico

Zona	Class.	Nome stazione	Arsenico Valore limite: 6 ng/m ³			
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)			
			2014	2015	2016	2017
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,6	0,5	0,5	0,6
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII Marzo	*	0,7	0,4	0,5
	UF	LI-La Pira	*	1,1	1,1	0,5
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	*	*	*	0,5

* non disponibile

Tabella 5.2.7. Andamenti 2014_2017 Cadmio

Zona	Class.	Nome stazione	Cadmio Valore limite: 5 ng/m ³			
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)			
			2014	2015	2016	2017
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,4	0,5	0,4	0,4
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII Marzo	*	0,1	0,1	0,2
	UF	LI-La Pira	*	0,2	0,5	0,2
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	*	*	*	0,2

* non disponibile

Tabella 5.2.8. Andamenti 2014_2017 Nichel

Zona	Class.	Nome stazione	Nichel Valore limite: 20 ng/m ³			
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)			
			2014	2015	2016	2017
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	2,7	2,7	3,2	3,3
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII Marzo	*	3,1	2,5	3,2
	UF	LI-La Pira	*	4	3,7	2
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	*	*	*	2,1

* non disponibile

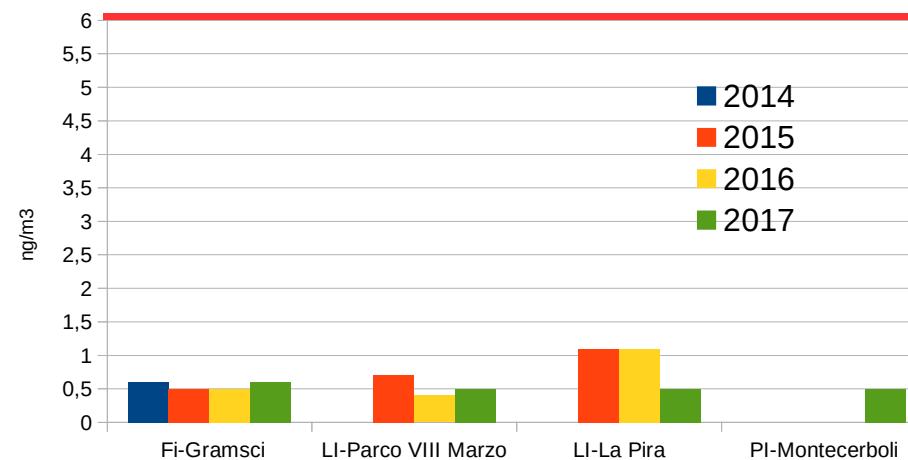
Dai valori riportati in tabella si può concludere che da quando è stato attivato il monitoraggio dei metalli, i valori medi annuali di Piombo, Arsenico, Nichel e Cadmio sono sempre stati molto contenuti e nettamente inferiori ai valori di riferimento.

Grafico 5.2.2. Andamenti 2014_2017 Metalli pesanti e confronto con i limiti (linea rossa).

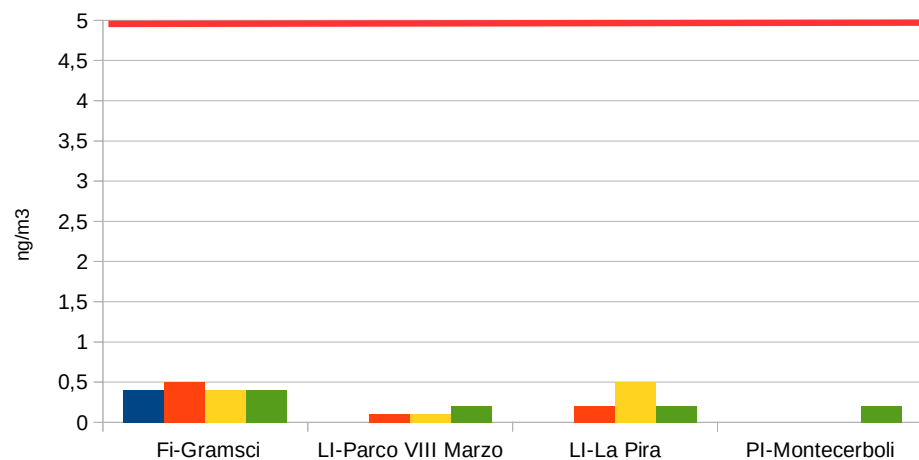
Andamento Pb 2014-2017



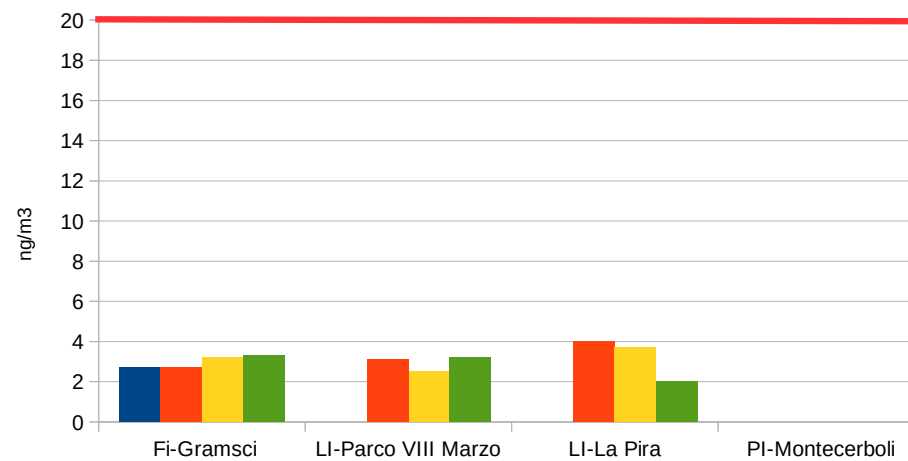
Andamento As 2014-2017



Andamento Cd 2014-2017



Andamento Ni 2014-2017



6. CONCLUSIONI DEL MONITORAGGIO DELLE STAZIONI DI RETE REGIONALE

L'analisi degli indicatori di monitoraggio della qualità della aria nell'anno 2017 ottenuti dal monitoraggio della Rete Regionale evidenzia una situazione complessivamente positiva per la Toscana, confermandone la criticità relativamente a 3 inquinanti: PM₁₀, NO₂ ed O₃.

PM₁₀: il limite di 40 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni di RR, 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 la stazione di LU-Capannori nella "Zona Valdarno pisano e Piana lucchese" e la stazione di PT-Montale nella "Zona Prato Pistoia", confermandone la criticità.

PM_{2,5}: il limite normativo di 25 µg/m³ come media annuale non è stato superato in nessuna delle stazioni della RR. I valori più alti di PM_{2,5} 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.

NO₂: il valore limite di 40 µg/m³ come media annuale non è stato rispettato presso tre stazioni di traffico: FI-Mosse e FI-Gramsci che si trovano nel comune di Firenze e SI-Bracci che si trova nel comune di Siena. 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.

Ozono: sia il valore obiettivo per la protezione della popolazione che il valore obiettivo per la protezione della vegetazione non sono stati rispettati per l'80% dei siti confermandone la criticità di questo parametro. Si sono verificati sporadici superamenti della soglia di informazione per l'Ozono, per un numero complessivo di 9 ore annuali.

CO, SO₂ e benzene: Il monitoraggio 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 circa un quarto 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 una situazione eterogenea per quanto riguarda le concentrazioni di fondo di Benzo(a)Pyrene che nella zona costiera sono molto bassi mentre nelle zone interne sono leggermente più elevati.

Metalli pesanti: il monitoraggio relativo al 2017 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 nei siti oggetto di monitoraggio.

Sezione 2 -Monitoraggio di interesse locale

Si riporta l'informazione sui monitoraggi effettuati tramite la strumentazione non facente parte della rete regionale nel 2017. I dati ottenuti sono riportati nelle rispettive relazioni. Per alcune delle campagne è stato già prodotto il relativo rapporto di monitoraggio che è disponibile in:

<http://www.arpat.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.

Stazione non regionale attiva nel 2017:

Provincia	Comune	Nome	Tipo sito	Inquinanti monitorati
Pisa	Pontedera	PI-Pontedera	Urbana Traffico	NOx, CO, PM10

Campagne discontinue svolte durante il 2017, con mezzi mobili:

Nome e Località dell'indagine	Provincia	Parametri monitorati	Inizio campagna	Fine campagna	Campagna indicativa
Collesalveti- Fraz. Stagno via della Costituzione	Livorno	NOx, PM10, SO2, CO, BTEX, DV, VV.	01/09/17	01/02/18	No
Rosignano – Piazza del mercato	Livorno	NOx, PM10, SO2, CO, DV, VV.	01/03/17	01/02/18	Sì
Livorno – Porto Fortezza Vecchia	Livorno	NOx, PM10, SO2, CO, BTEX, DV, VV.	01/10/17	In corso	Sì
Livorno – Porto Darsena Toscana Ovest	Livorno	NOx, PM10/PM2,5, SO2, CO, BTEX, DV, VV	01/11/17	In corso	Sì
San Miniato – Fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica	Pisa	NOx, PM10/PM2,5 , SO2/H2S, DV, VV	01/12/16	01/09/17	Sì
Santa Croce sull'Arno – Via delle Querce Rosse	Pisa	NOx, PM10/PM2,5 , SO2/H2S, DV, VV	01/12/16	01/10/17	Sì
Montopoli in Val d'Arno fraz. San Romano	Pisa	NOx, PM10/PM2,5 , SO2/H2S, DV, VV	01/01/17	01/11/17	Sì
Fucecchio (FI), Via dei Cerchi	Pisa	NOx, PM10/PM2,5 , SO2/H2S, DV, VV	01/02/17	01/11/17	Sì
Pomarance C/o sito PI-Montecerboli	Pisa	CO, NOx ,SO2, PM10/PM2,5, O3, BTEX	01/07/16	01/03/17	Sì
Porcari C/o sito LU-Porcari	Lucca	NOx, PM10, frazioni del particolato con OPC, DV,VV	01/12/16	01/12/17	No
Acropoli C/o sito AR-Acropoli	Arezzo	As, Cd, Ni Pb	01/01/17	01/05/17	Sì
Acropoli C/o sito AR-Acropoli	Arezzo	Benzo(a)pyrene	01/01/17	01/12/17	Sì
Chiusi Scalo - Chiusi (SI) Piazza Nigra	Siena	CO, NOx, SO2, O3, PM10/PM2,5	11/01/17	30/01/17	Sì
Piancastagnaio (SI) Loc. La Rota	Siena	CO, NOx, SO2, O3, PM10/PM2,5, BTEX	01/01/17	01/02/17	Sì
Poggibonsi C/o sito SI-Poggibonsi	Siena	Benzo(a)pyrene	01/01/17	01/03/17	Sì

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:

1. dopo ogni intervento di manutenzione preventiva,
2. dopo ogni intervento di manutenzione correttiva,
3. ogni volta che la verifica di span impostata in automatico ne indica la necessità,
4. 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
Analizzatori/ Campionatori PM10/PM2,5 bicanali e PM10 monocanali (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 (verifica esterna)• Confronto dati forniti in continuo per lettura beta e risultati gravimetrici ottenuti sui filtri dello stesso analizzatore (verifica interna)

Per quanto riguarda gli analizzatori di ossidi di azoto, monossido di carbonio e di benzene, gli operatori del CRTQA effettuano campagne di disseminazione di campioni di miscele gassose in bombole, con le quali vengono effettuate le letture in serie dagli strumenti della RR.

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, coordinata dall'INRIM come previsto dalla normativa. 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 2017.

Le verifiche effettuate sugli strumenti hanno coinvolto i 10 strumenti della RR allora attivi, di questi 3 sono stati sostituiti in seguito con nuovi analizzatori e nuovamente confrontati con il primario.

I risultati sono stati molto positivi, con la restituzione di rette di taratura con coefficienti "SLOPE" compresi tra 0,96 ed 1,01 e coefficienti "OFFSET" compresi tra -0,65 e 1,3 ppb. Le incertezze restituite dall'intero processo metrologico di correlazione con il riferimento nazionale, sono contenute ed inferiori al limite del 15% indicato dalla normativa sia se calcolate al valore obiettivo per la salute umana di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sia 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

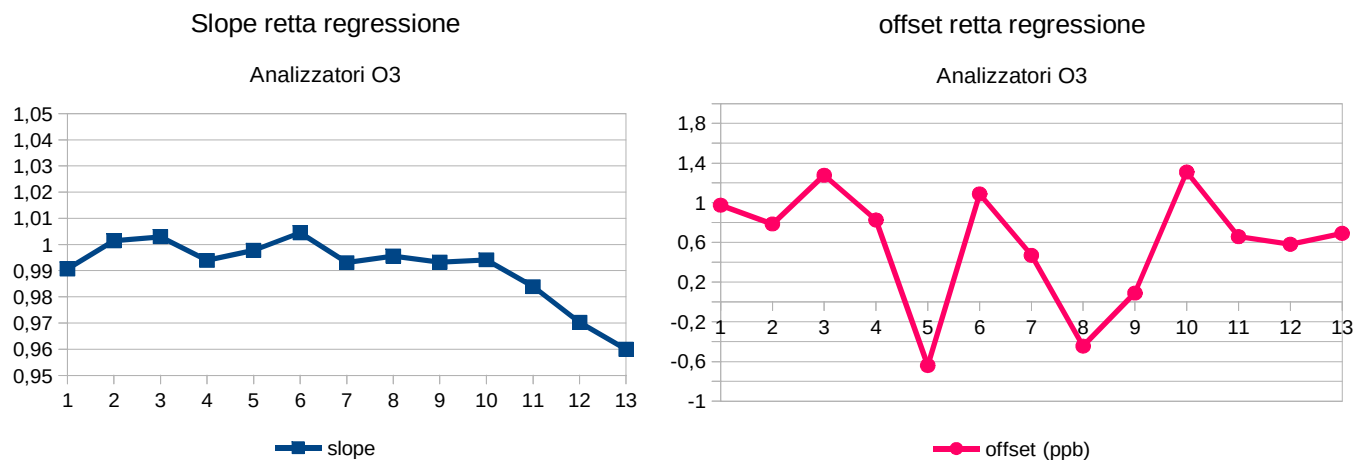
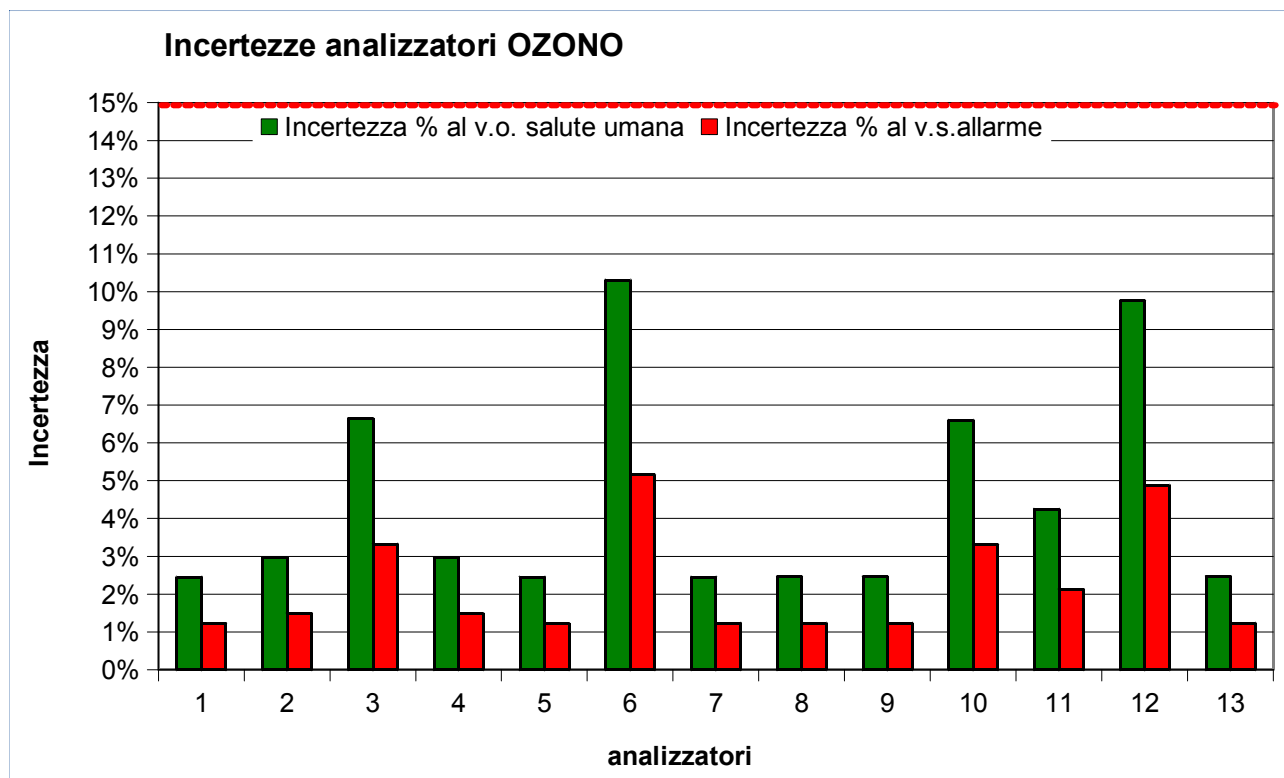


Grafico 3.1.2 – Risultati verifiche su analizzatori di ozono: incertezza al valore obiettivo per la salute umana (120 ppb) ed al valore soglia di allarme (240 ppb)



3.2. VERIFICHE EFFETTUATE SUI CAMPIONATORI /ANALIZZATORI DI PM10 E DI PM2,5 DI RETE REGIONALE.

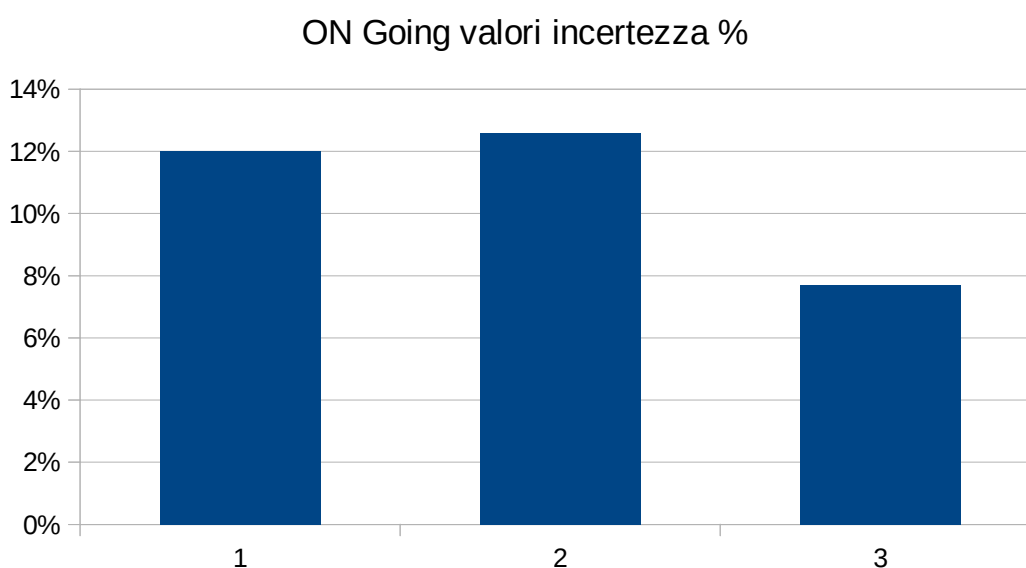
Le verifiche sulla strumentazione di PM10 e di PM2,5 sono state effettuate durante il 2017 con le modalità riportate in tabella 3.2.1.

Nel 2017 sono stati coinvolti 3 analizzatori SWAM per effettuare le verifiche con modalità "On going", che prevedono un confronto tra dato fornito in continuo e dato gravimetrico ottenuto con un riferimento esterno, su un set di almeno 80 filtri relativi a giorni distribuiti uniformemente nell'anno solare. Le stazioni interessate sono state tre ed i risultati ottenuti sono stati molto buoni, nel pieno rispetto dei parametri di normativa.

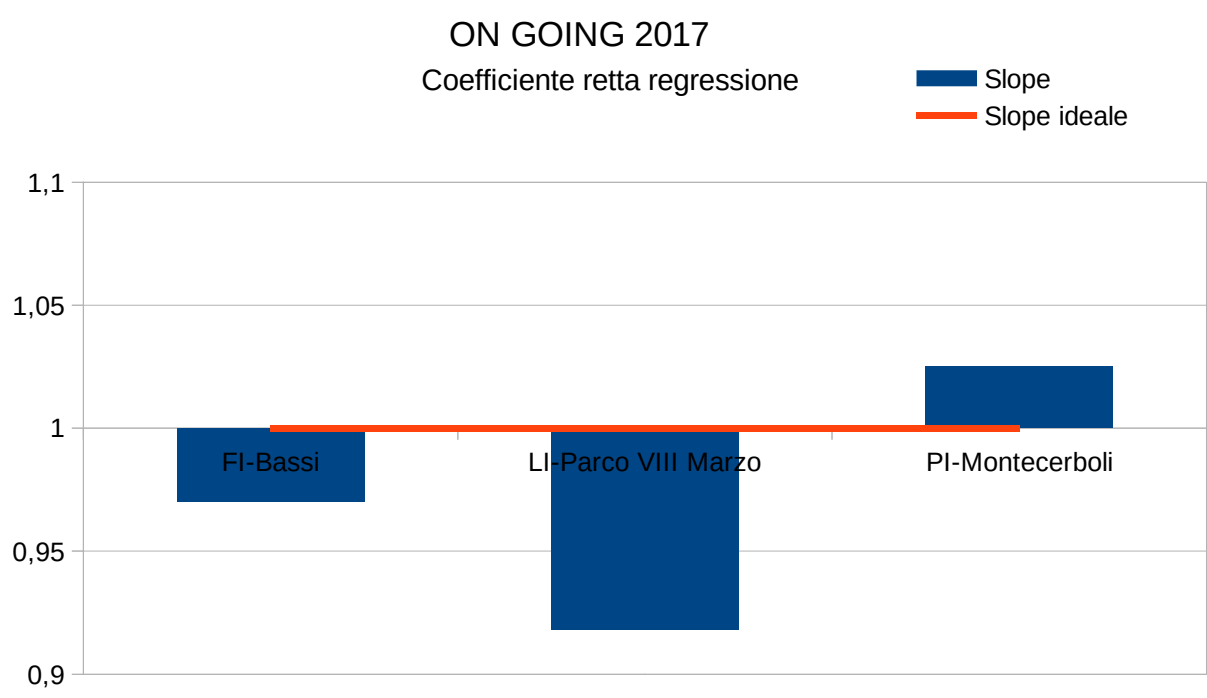
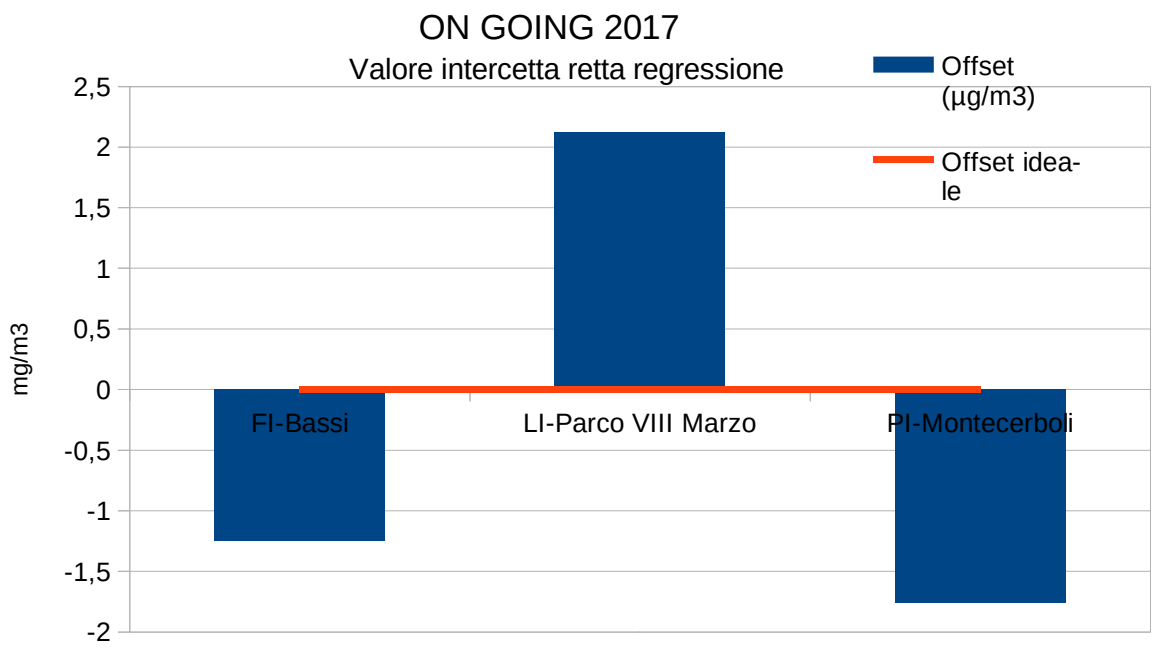
Tabella 3.2.1 – Risultati verifiche su strumentazione PM effettuate come ON GOING: incertezza al valore limite per la media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, R^2 , pendenza ed intercetta della retta.

ON GOING	Incertezza	coefficiente retta regressione	intercetta retta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	12%	0,97	-1,3
2	13%	0,92	2,1
3	8%	1,03	-1,76

Grafico 3.2.1 – Risultati ON GOING: incertezza al valore limite per la media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



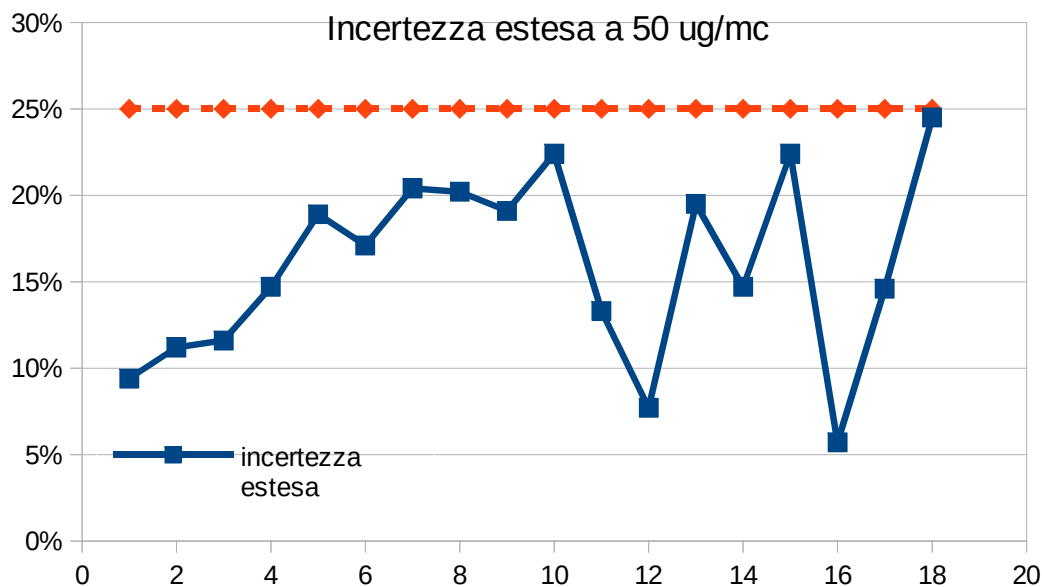
Grafici 3.2.2 e 3.2.3. Risultati ON GOING: intercetta e coefficiente retta regressione lineare



Nel 2017 sono state effettuate 34 campagne di verifica di almeno 15 giorni consecutivi ciascuna, sugli analizzatori della rete regionale.

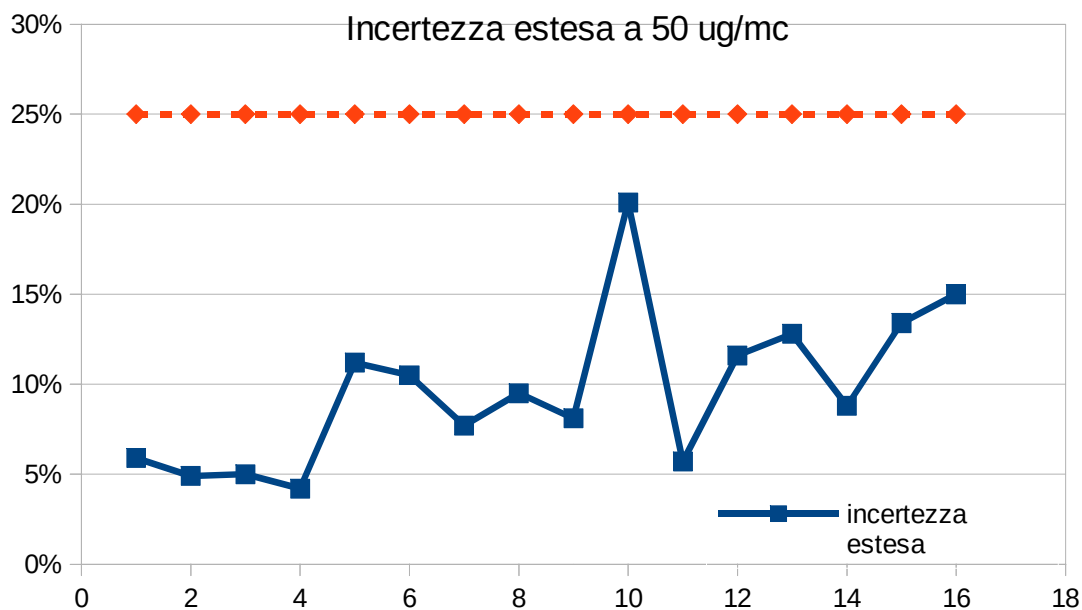
Si riportano in grafico i risultati degli audit con riferimento esterno, che hanno dato esito positivo nel 100% dei casi.

Grafico 3.2.4 – Risultati audit: incertezza al valore limite per la media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Anche per quanto riguarda le verifiche interne, nel 100% dei casi l'incertezza ottenuta è risultata inferiore al valore di norma.

Grafico 3.2.5 – Risultati verifiche interne: incertezza al valore limite per la media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Allegato 1

Valori delle statistiche di base calcolate sui valori medi giornalieri per il PM10 e per il PM2,5 e sui valori medi orari per gli altri indicatori.

Tabella 1. PM10

Stazione	25° percentile	minimo	media	50° percentile	massimo	75° percentile	90,4° percentile
FI-Boboli	12	1	18	17	93	22	27
FI-Bassi	13	2	20	18	91	23	31
FI-Gramsci	20	7	28	25	97	33	42
FI-Mosse	14	1	22	20	125	24	34
FI-Scandicci	14	1	22	20	117	25	35
FI-Signa	14	0	23	19	131	25	42
PO-Roma	15	4	25	20	164	27	41
PO-Ferrucci	15	3	24	21	99	28	40
PT-Signorelli	12	0	20	18	82	24	33
PT-Montale	15	3	27	21	138	29	53
AR-Acropoli	13	4	19	16	75	21	31
FI-Figline	14	3	25	21	89	30	48
AR-Repubblica	16	1	24	22	85	29	40
GR-URSS	13	5	17	16	43	20	23
GR-Sonnino	18	5	24	23	50	29	36
LI-Cappiello	13	6	17	17	40	20	25
LI-Carducci	18	8	23	22	55	27	32
Li-LaPira	14	3	19	18	48	22	26
Li-Cotone	12	1	16	16	43	20	24
LI-Parco VIII Marzo	13	3	17	17	32	20	24
MS-Colombarotto	16	6	21	20	50	27	33
MS-Marina vecchia	15	5	21	19	87	25	31
LU-Viareggio	18	9	26	23	77	31	41
LU-Capannori	16	6	31	21	140	38	64
LU-Micheletto	17	4	28	23	124	33	50
LU-SanConcordio	16	2	26	21	104	31	47
PI-Passi	15	6	22	19	85	25	33
PI-Borghetto	19	8	27	25	95	31	40
PI-Santa Croce	16	3	25	22	106	30	42
PI-Montecerboli	8	0	11	11	30	14	18
AR-Casa Stabbi	5	0	10	10	30	14	19
SI-Poggibonsi	14	3	19	18	47	23	27
SI-Bracci	13	1	19	17	48	24	30
LU-Fornoli	12	2	22	17	116	27	44

Tabella 2. PM 2.5

Stazione	25° percentile	minimo	media	50° percentile	massimo	75° percentile	90,4° percentile
FI-BASSI	8	2	13	11	79	16	22
FI-GRAMSCI	10	4	16	14	78	19	27
PO-FERRUCCI	9	1	17	13	129	19	31
PO-ROMA	8	2	18	13	149	19	35
PT-MONTALE	9	2	20	14	123	23	45
AR-ACROPOLI	7	3	13	10	62	15	23
GR-URSS	7	3	10	9	25	12	14
LI-CAPPIELLO	7	2	9	9	26	12	14
LI-CARDUCCI	9	3	13	12	44	16	20
MS-MARINA-VECCHIA	8	3	13	11	76	16	23
LU-VIAREGGIO	9	4	16	13	68	19	228
LU-CAPANNORI	9	4	23	13	124	30	54
PI-BORGHETTO	11	4	18	15	82	21	30
PI-PASSI	8	3	14	11	68	17	24
SI-POGGIBONSI	8	2	12	12	37	15	21

Tabella 3. NO₂

Stazione	25° percentile	minimo	media	50° percentile	massimo	75° percentile	99,8° percentile
FI-BASSI	10	1	25	18	112	35	97
FI-GRAMSCI	42	5	64	61	208	83	163
FI-MOSSE	24	3	42	36	187	55	127
FI-SCANDICCI	12	2	28	24	121	39	97
FI-SETTIGNANO	5	1	10	7	89	12	73
FI-SIGNA	8	1	21	15	102	29	81
PO-FERRUCCI	15	1	32	26	147	45	104
PO-ROMA	17	3	33	26	162	45	111
PT-MONTALE	8	1	20	15	89	28	76
PT-SIGNORELLI	11	1	24	18	109	33	92
AR-ACROPOLI	6	0	16	11	88	20	72
AR-REPUBBLICA	24	3	39	35	140	50	116
GR-MAREMMA	2	0	3	3	46	4	18
GR-SONNINO	24	1	39	36	159	51	118
GR-URSS	8	0	16	13	102	20	86
LI-CAPPIELLO	7	0	16	12	91	21	73
LI-CARDUCCI	19	0	36	31	156	48	131
LI-COTONE	6	0	15	9	105	18	89
LI-LAPIRA	12	0	22	18	102	28	91
LI-PARCO-VIII-III	7	0	14	11	93	17	78
MS-COLOMBAROTTO	8	0	17	13	92	23	70
MS-MARINA-VECCHIA	10	0	21	15	110	28	85
LU-VIAREGGIO	11	0	28	22	132	41	107
LU-CAPANNORI	10	0	25	22	128	36	99
LU-CARIGNANO	4	0	11	8	82	14	57
LU-MICHELETTO	14	1	28	24	120	37	92
LU-SAN-CONCORDIO	12	0	26	21	151	35	101
PI-BORGHETTO	20	2	36	32	126	47	110
PI-MONTECERBOLI	1	0	4	2	55	4	43
PI-PASSI	5	0	19	14	111	28	86
PI-SANTA-CROCE	13	1	25	21	125	33	103
SI-BRACCI	23	4	42	36	162	54	140
SI-POGGIBONSI	9	1	19	16	97	26	75
AR-CASA-STABBI	2	0	2	2	24	3	10
LU-FORNOLI	7	0	14	11	64	18	55

Tabella 4. Ozono

Valori statistici sulle medie orarie OZONO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
Stazione	25° percentile	minimo	media	50° percentile	massimo	75° percentile
FI-SETTIGNANO	43	0	66	62	193	86
FI-SIGNA	26	0	60	59	182	89
AR-ACROPOLI	29	0	57	57	158	78
PT-MONTALE	17	0	55	53	188	85
GR-MAREMMA	62	9	79	78	166	94
LU-CARIGNANO	44	1	68	68	181	92
PI-PASSI	18	0	46	43	143	73
PI-SANTA-CROCE	9	0	39	33	159	64
AR-CASA-STABBI	58	6	75	73	167	90

Tabella 5. Benzene

Valori statistici sulle medie orarie Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
Stazione	25° percentile	minimo	media	50° percentile	massimo	75° percentile
FI-BASSI	0,5	0	1,4	0,9	8,8	1,8
FI-GRAMSCI	1,2	0	2,5	2,1	15,9	3,4
PO-ROMA	0,2	0,1	0,7	0,3	6,6	0,7
LU-SAN-CONCORDIO	0,5	0,1	1,4	0,8	10,3	1,6
LI-LAPIRA	0,4	0	0,8	0,6	10,9	1
LI-PIOMBINO-PARCO-VII	0,3	0	0,5	0,4	7,5	0,6
LI-COTONE	0,2	0	0,5	0,4	7	0,7

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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/ m ³
Soglia di allarme	Media massima oraria	240 µg/ m ³

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. Arsenico, Cadmio e Nichel – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI 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 2017.

Analisi avvezioni sahariane anno 2017.

Premessa

I contributi naturali, quali le avvezioni sahariane che hanno interessato il territorio regionale nell'anno 2017, 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 identificazione degli episodi, si riferisce all'art. 15 comma 1 del D.Lgs. 155/2010 ed al corrispondente art. 20 della Direttiva 2008/50/CE ed è applicata in caso di concomitante superamento del Valore Limite dell'indicatore della media giornaliera di materiale particolato PM10.

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 di 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. Le due stazioni di misurazione, sono ubicate in siti caratterizzati da una quota di 650 m (Casa Stabbi) e 353 m (Montecerboli); nell'anno 2017 sono stati registrati valori medi annuali di PM10 sovrapponibili (Casa Stabbi = $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$; Montecerboli = $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$), non sono stati registrati superamenti del valore limite della media giornaliera.

E' stata avviata una fase di analisi preliminare sulla distribuzione dei valori medi giornalieri misurati nell'anno 2017, 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 (rapporto tra frequenza assoluta ed il prodotto fra la numerosità e l'ampiezza della classe), ha messo in rilievo un punto di rottura nella distribuzione dopo la classe di concentrazione 20 - $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tale intervallo 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 tali valori soglia 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) elaborati 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 stimanti nell'anno 2017 e valori medi giornalieri PM10 stazioni di fondo regionali

DATA	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PI-MONTECERBOLI	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ AR-CASA-STABBI
26/04/2017	21	22
27/06/2017	18	24
28/06/2017	18	25
22/07/2017	22	30
03/08/2017	30	30
04/08/2017	21	23
05/08/2017	23	28
06/08/2017	18	21
09/08/2017	21	26
10/08/2017	20	21
31/08/2017	--	25

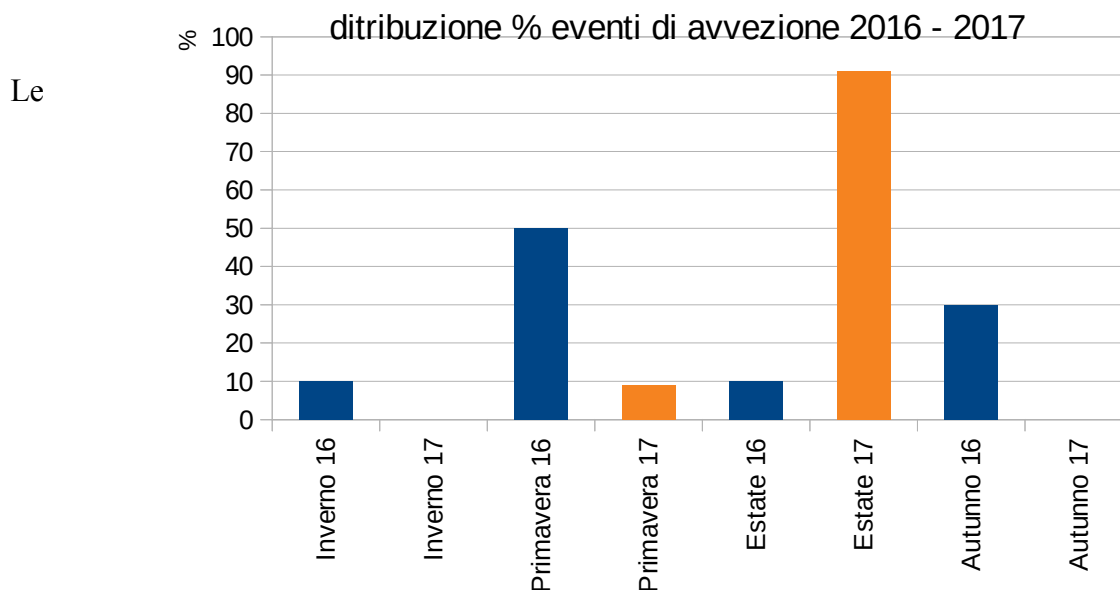
Dall'esame della tabella 1, traspare che nell'anno 2017 sono stati stimati 11 episodi di avvezioni sahariane, tali eventi naturali, caratterizzati da occasionalità, hanno avuto una frequenza significativa nell'estate con una durata massima di quattro giorni; è stato rilevato tuttavia anche un episodio nella stagione della primavera.

In corrispondenza degli undici episodi di avvezione, non sono stati registrati dalle stazioni di rete regionale casi di superamento del valore limite dell'indicatore della media giornaliera di PM10.

Rispetto all'anno precedente, il numero degli episodi di avvezione è da considerarsi sostanzialmente equivalente (anno 2016: 10 casi). Cambia invece la distribuzione temporale: nell'anno 2017 gli episodi avvezzivi si sono verificati in prevalenza nell'estate, mentre nell'anno precedente, gli episodi hanno avuto una distribuzione più ampia, riferita alle stagioni della primavera, dell'inverno e dell'autunno; queste ultime due stagioni, sono peraltro caratterizzate da valori di PM10 più elevati.

L'elaborazione grafica presentata nella pagina successiva mostra la distribuzione degli eventi di avvezione nel biennio 2016-2017.

Grafico 1 – distribuzione % stagionale degli eventi di avvezione sahariana nel biennio 2016 - 2017



mappe relative alla distribuzione spaziale della concentrazione di polvere (mineral dust) prevista nel livello più basso dell'atmosfera elaborate dal modello BSC-Dream riferite agli episodi identificati, hanno messo in evidenza un sostanziale interessamento al fenomeno dell'intrusione sahariana dell'intero territorio regionale.

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 specifici come ad esempio il 40° percentile dei trenta giorni precedenti l'episodio di avvezione. Come indicato nel documento della Commissione si evidenzia 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 avverse. 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 stesso.

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).

I risultati delle verifiche sulla strumentazione di PM appartenente alla rete regionale effettuate come ON GOING, hanno evidenziato un valore di incertezza al valore limite per la media giornaliera di 50 µg/m³ pari al 12 %.

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

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
26/04/2017	21	22	12	11	9	11
27/06/2017	18	24	12	10	6	14
28/06/2017	18	25	12	10	6	15
22/07/2017	22	30	12	10	10	20
03/08/2017	30	30	13	15	17	15
04/08/2017	21	23	13	16	8	7
05/08/2017	23	28	14	16	9	12
06/08/2017	18	21	14	16	4	5
09/08/2017	21	26	14	16	7	10
10/08/2017	20	21	15	16	5	5
31/08/2017	ND	25	NC	12	NC	13

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
26/04/2017	21	22	10	9	11	13
27/06/2017	18	24	12	12	6	12
28/06/2017	18	25	12	13	6	12
22/07/2017	22	30	15	17	7	13
03/08/2017	30	30	15	16	15	14
04/08/2017	21	23	15	16	6	7
05/08/2017	23	28	15	16	8	12
06/08/2017	18	21	15	16	3	5
09/08/2017	21	26	14	15	7	11
10/08/2017	20	21	13	15	7	6
31/08/2017	ND	25	NC	12	NC	13

ND = NON DISPONIBILE

NC = NON CALCOLATO

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 i 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
26/04/2017	21	22	12	12	9	10
27/06/2017	18	24	12	11	6	13
28/06/2017	18	25	13	11	5	14
22/07/2017	22	30	13	15	9	15
03/08/2017	30	30	14	16	16	14
04/08/2017	21	23	14	16	7	7
05/08/2017	23	28	14	16	9	12
06/08/2017	18	21	15	17	3	4
09/08/2017	21	26	15	18	6	8
10/08/2017	20	21	16	18	4	3
31/08/2017	ND	25	NC	15	NC	10

ND = NON DISPONIBILE

NC = NON CALCOLATO

Dall'esame delle tabelle 2, 3 e 4, traspare che i livelli di fondo calcolati con gli indicatori statistici sono sostanzialmente equivalenti. La stazione di Casa Stabbi risulta più sensibile agli episodi di avvezione, con contributi giornalieri leggermente più elevati che oscillano tra il 24 e il 59 % (valore medio 42 %) rispetto alla concentrazione totale di PM10. La stazione di Montecerboli presenta contributi giornalieri compresi nell'intervallo 17 – 52 % del PM10 totale con un valore medio del 35 % (elaborazione mediante l'indicatore della media delle concentrazioni di PM10 registrate nei 15 giorni ante e 15 post episodio). 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.

Nel 2017, il peso del contributo sahariano sui valori medi giornalieri di PM10 si è ridotto in maniera significativa rispetto all'anno precedente (Casa Stabbi -59 %; Montecerboli -43 %).

Sottrazione dei contributi stimati

L'operazione di sottrazione dei contributi si riferisce ai carichi di polvere sahariana giornaliera netta determinati nelle stazioni di fondo regionale nei giorni nel quale è stato individuato un episodio di intrusione. L'operazione della differenza, è applicata alle sole stazioni di rete regionale dell'area interessata all'episodio avvelativo, i cui valori delle concentrazioni abbiano 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, che tuttavia non ha determinato alcun caso di superamento del valore limite della media giornaliera nelle stazioni della rete regionale.

Conclusioni

Nell'anno 2017 sono stati stimati 11 episodi di avvezioni sahariane, tali eventi naturali hanno avuto una frequenza significativa nell'estate con una durata massima di quattro giorni.

Gli elementi rilevanti che hanno caratterizzato il contesto delle avvezioni stimate nell'anno 2017 sono rappresentati dalla distribuzione temporale degli episodi, inquadrata prevalentemente nel periodo estivo, stagione nel quale i livelli di PM10 in aria ambiente sono più ridotti e pertanto sono meno probabili casi di superamento del Valore Limite della media giornaliera e dalla riduzione, rispetto all'anno precedente (mediamente attorno al 50 %), del contributo sahariano sulle concentrazioni giornaliere di PM10.

Si ritiene pertanto non significativa la sottrazione del carico di polvere sahariana giacché non determinerebbe variazioni al quadro regionale del numero di superamenti rispetto ai 35 consentiti dalla normativa.

Allegato 4

Analisi del trend degli inquinanti (PM10, PM2,5, NO₂, Ozono) (2003-2017)

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 nel corso degli ultimi 15 anni (2003-2017) presso le stazioni di rete regionale (DGRT 964/2015) per le quali l'analisi dei trend per gli anni 2003-2016 riportata nella Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria relativa all'anno 2016 abbia evidenziato un trend statisticamente non significativo (evidenziate in grigio nelle tabelle); a queste si sono aggiunte le stazioni la cui serie storica, con l'anno 2017, ha raggiunto il numero minimo di cinque anni previsto per potere effettuare analisi statistiche sufficientemente solide (evidenziate in azzurro nelle tabelle). Per tutte le altre stazioni, vista la significatività statistica dei risultati ottenuti per gli anni 2003-2016, l'aggiornamento dell'analisi sul trend verrà effettuato successivamente in maniera periodica.

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-Kendall³ [1] o quello di Theil-Sen [2, 3]. Per questo studio, coerentemente a quanto già presentato nella precedente Relazione regionale 2016, è stato 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%.

Come già applicato per le stazioni di rete regionale analizzate nella precedente Relazione regionale, anche in questo caso delle stazioni la cui serie storica, con l'anno 2017, ha raggiunto il numero minimo di cinque anni sono state selezionate solo quelle con un numero di dati validi sufficiente (85% dei dati validi in un anno).

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.

³ Utilizzato per la stima del trend nella Relazione regionale di qualità dell'aria 2016 in relazione agli anni 2003-2015.

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 generalmente decrescente dei livelli di concentrazione come individuato anche nelle elaborazioni relative agli anni 2003-2016⁴; la situazione per l'ozono risulta essere, invece, meno soddisfacente. In questo caso, infatti, sembra esserci un'indicazione chiara di un aumento per circa metà delle stazioni mentre per le altre, in generale, il trend non risulta essere significativo; fa eccezione la stazione di PI-Passi per cui si individua un trend decrescente.

MATERIALE PARTICOLATO PM10

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003 – 2017 mostra per la maggior parte delle stazioni un trend in diminuzione. Per il 96% delle stazioni analizzate la diminuzione è statisticamente significativa (in blu nel grafico). Solo per una stazione non è possibile individuare un trend statisticamente significativo (AR-Casa Stabbi). Il valore mediano dei trend decrescenti statisticamente significativi è di $-0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno⁵ ($-0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e massimo $-2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) con variazioni anche rilevanti tra le varie zone. (Figura 1).

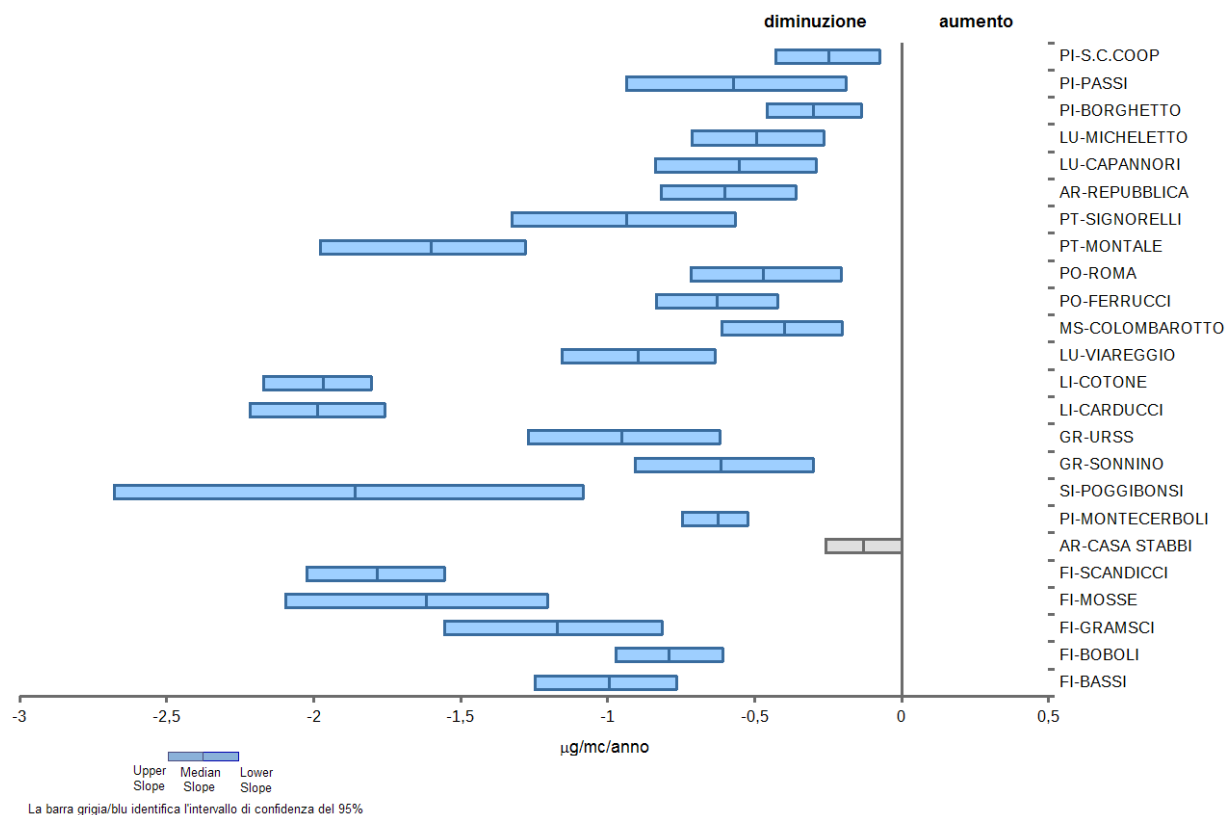


Figura 1. *Trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 (2003-2017)*

⁴ Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Regione Toscana, anno 2016

⁵ 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.

Zona	Periodo	Stazione	Slope	Lower slope	Upper slope	Significatività statistica del test (p-value)	Trend
Agglomerato	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-BASSI	-0.9938916	-1.247211	-0.7664908	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-BOBOLI	-0.7900184	-0.9730893	-0.607697	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-GRAMSCI	-1.172974	-1.556116	-0.8152187	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-MOSSE	-1.617574	-2.094312	-1.203853	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-SCANDICCI	-1.782296	-2.023835	-1.55607	< 0.001	DECRESCENTE
Zona collinare/montana	01/01/2008 – 31/12/2016	AR-CASA STABBI	-0.1290525	-0.2588527	0.001630896	0.05342237	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	PI-MONTECERBOLI	-0.622912	-0.7468956	-0.5231468	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2010 – 31/12/2016	SI-POGGIBONSI	-1.860716	-2.6789	-1.082411	< 0.001	DECRESCENTE
Zona costiera	01/01/2006 – 31/12/2017*	GR-SONNINO	-0.6136916	-0.904865	-0.2995146	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2004 – 31/12/2016	GR-URSS	-0.9524205	-1.271244	-0.6186512	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-CARDUCCI	-1.988009	-2.216679	-1.75771	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-COTONE	-1.96769	-2.169512	-1.802616	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	LU-VIAREGGIO	-0.8946853	-1.156485	-0.6351552	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2007 – 31/12/2016	MS-COLOMBAROTTO	-0.3968876	-0.6113853	-0.2013193	< 0.001	DECRESCENTE
Zona Prato/Pistoia	01/01/2003 – 31/12/2016	PO-FERRUCCI	-0.6284269	-0.8330496	-0.4222117	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	PO-ROMA	-0.4692989	-0.7170056	-0.20583	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	PT-MONTALE	-1.599202	-1.977626	-1.280406	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2009 – 31/12/2016	PT-SIGNORELLI	-0.9348631	-1.324829	-0.5653732	< 0.001	DECRESCENTE
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	01/01/2003 – 31/12/2016	AR-REPUBBLICA	-0.5998887	-0.8178964	-0.3595755	< 0.001	DECRESCENTE
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	01/01/2003 – 31/12/2016	LU-CAPANORI	-0.5536633	-0.8362081	-0.2917359	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	LU-MICHELETTA	-0.4936151	-0.7122571	-0.2643837	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	PI-BORGHETTO	-0.2998925	-0.4568359	-0.1376118	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2010 – 31/12/2016	PI-PASSI	-0.5723035	-0.9368461	-0.1898499	< 0.01	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2017	PI-S.C.COOP	-0.2480184	-0.4296417	-0.07489862	< 0.001	DECRESCENTE

* il monitoraggio presso questa stazione è stato interrotto tra il 2013 e il 2015

Tabella 1. Parametri del Test di Theil-Sen applicato alle concentrazioni medie giornaliere di PM10 e periodo considerato per l'analisi (2003-2017)

MATERIALE PARTICOLATO PM2.5

Per quanto riguarda i livelli di concentrazione di PM 2,5 si osserva, per 6 su 8 stazioni analizzate, si osserva un trend decrescente statisticamente significativo (Figura 2); mentre per la stazione di PT-Montale non è possibile individuare un trend statisticamente significativo. L'analisi statistica mostra, invece, un trend crescente per la stazione di SI-Poggibonsi.

Si osserva una differenza non irrilevante nei risultati del test applicato ai dati di PM2,5 per la valutazione del trend: il p-value associato al risultato del test statistico per le stazioni di fondo (< 0.05) risulta essere sempre inferiore a quello associato alle stazioni di traffico (< 0.001).

Come già accennato, il p-value è il risultato di un calcolo probabilistico che permette di testare la plausibilità dell'ipotesi di trend decrescente/crescente dei livelli di concentrazione del campione esaminato; quanto più esso è piccolo tanto maggiore è il livello di significatività del risultato ottenuto. In questo studio è stato considerato un intervallo di confidenza del 95% e una probabilità di errore massima (p-value) < 0.05.

I risultati ottenuti per le stazioni di fondo individuano, quindi, l'esistenza di un trend nei dati con una probabilità di errore maggiore, seppur accettabile, rispetto alle stazioni di traffico per le quali, invece, la probabilità di errore è molto ridotta.

Si osserva, inoltre, che per le stesse stazioni di fondo il test adottato individua per il PM10 un trend decrescente con p-value < 0.001.

In base a quanto sopra sembra, quindi, plausibile ipotizzare che, per le stazioni di fondo, il trend del PM2,5 non sia così ben definito come quello individuato per il PM10 e per le stazioni di traffico; questo potrebbe essere imputabile al fatto che, generalmente, la serie di dati analizzata per il PM10 è più lunga di quella del PM2,5 in quanto il monitoraggio di tale parametro è stato introdotto in rete regionale in anni successivi conformemente all'evoluzione della normativa di qualità dell'aria.

L'analisi dell'andamento nel tempo dei livelli di concentrazione di PM2,5 permetterà, nei prossimi anni, di confermare o smentire quanto ad oggi emerso.

I valore mediano dei trend decrescenti statisticamente significativi di PM_{2,5} è di -0.3 µg/m³ all'anno⁶.

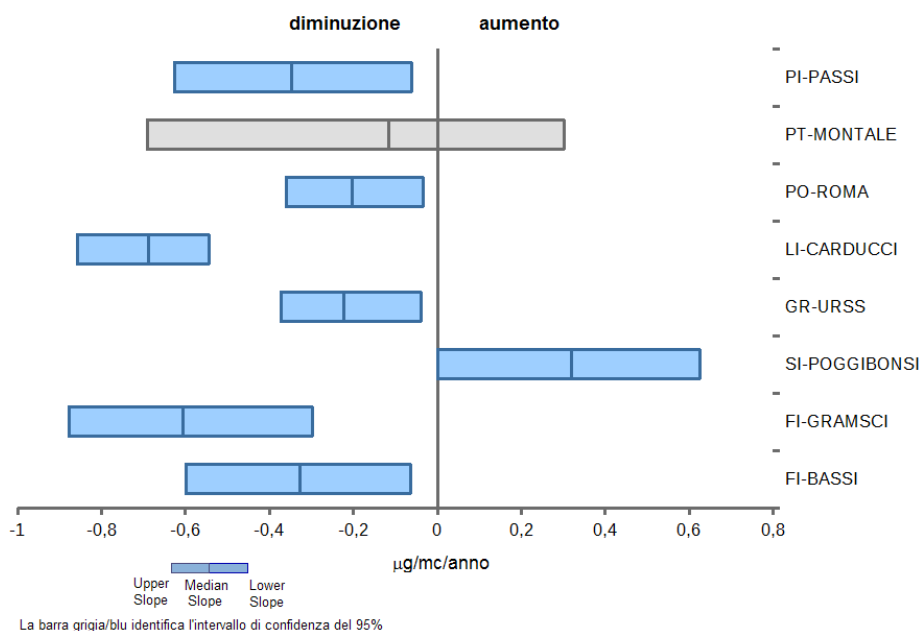


Figura 2. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{2.5} (2003-2017)

Zona	Periodo	Stazione	Slope	Lower slope	Upper slope	Significatività statistica del test (p-value)	Trend
Agglomerato	01/01/2011 – 31/12/2017	FI-BASSI	-0.3266869	-0.5979292	-0.06392066	<0.05	DECRESCENTE
	01/01/2010 – 31/12/2016	FI-GRAMSCI	-0.6060455	-0.8764413	-0.2980122	< 0.001	DECRESCENTE
Zona collinare/montana	01/01/2012 – 31/12/2017	SI-POGGIBONSI	0.347816	0.02827966	0.6536242	< 0.05	CRESCENTE
Zona costiera	01/01/2010 – 31/12/2016	GR-URSS	-0.223858	-0.3728158	-0.03793786	< 0.05	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-CARDUCCI	-0.6880754	-0.8583911	-0.5429082	< 0.001	DECRESCENTE
Zona Prato/Pistoia	01/01/2006 – 31/12/2017	PO-ROMA	-0.2020405	-0.3600789	-0.03413744	<0.05	DECRESCENTE
	01/01/2013 – 31/12/2017	PT-MONTALE	-0.1159739	-0.6913679	0.302508	0.6143573	NON SIGNIFICATIVO
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	01/01/2010 – 31/12/2016	PI-PASSI	-0.3469247	-0.6259372	-0.06074843	< 0.05	DECRESCENTE

Tabella 2. Parametri del Test di Theil-Sen applicato alle concentrazioni medie giornaliere di PM_{2.5} e periodo considerato per l'analisi (2003-2017)

BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003–2017 mostra un trend decrescente statisticamente significativo per più dell'80% delle stazioni di rete regionale. Quattro stazioni su 28 non presentano un trend statisticamente significativo (SI-Poggibonsi, PO-Roma, PI-Santa Croce Coop e LU-Micheletto). Il valore mediano dei trend decrescenti statisticamente significativi di NO₂ è di -1.0 µg/m³ all'anno⁷ con alcune variazioni tra le varie zone (Figura 3); non si distingue una differenza apprezzabile del valore mediano rilevato per le stazioni di fondo e per quelle di traffico.

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.

⁷ 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.

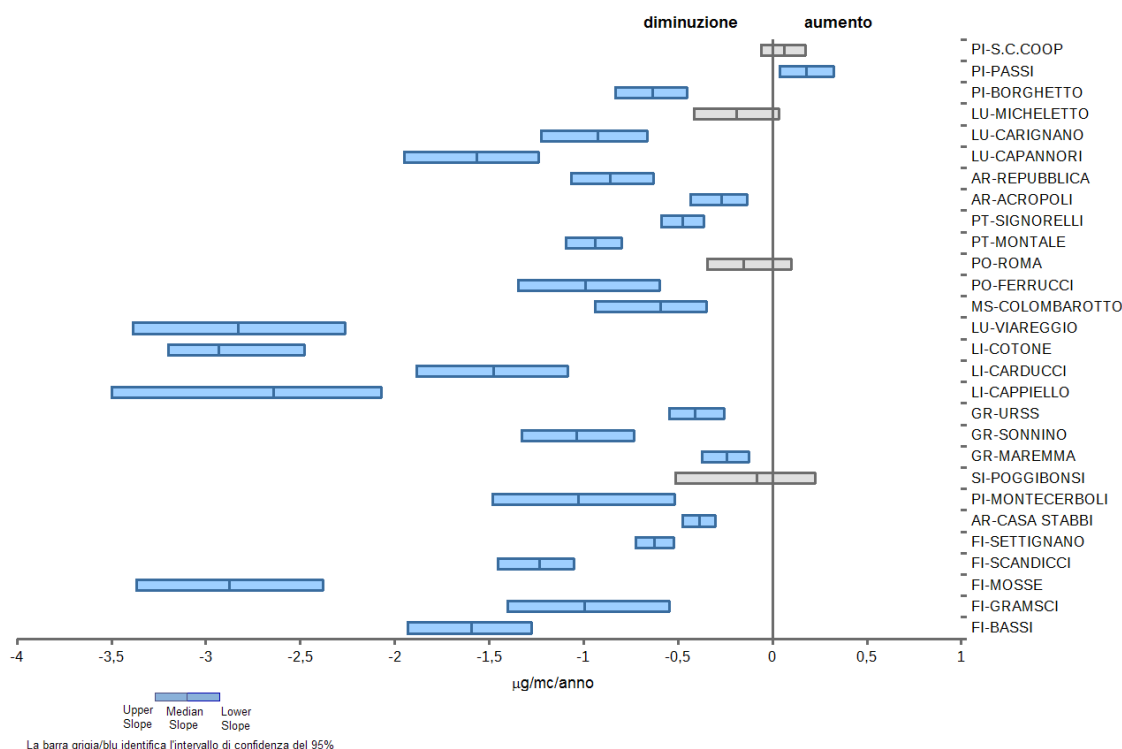


Figura 3. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di NO₂ (2003-2017)

Zona	Periodo	Stazione	Slope	Lower slope	Upper slope	Significatività statistica del test (p-value)	Trend
Agglomerato	01/01/2003 – 31/12/2016	FI-BASSI	-1.596112	-1.932727	-1.273461	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2017	FI-GRAMSCI	-0.9928786	-1.401257	-0.5470423	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	FI-MOSSE	-2.877153	-3.36648	-2.378376	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	FI-SCANDICCI	-1.232476	-1.454926	-1.048978	< 0.001	DECRESCENTE
Zona collinare/montana	01/01/2003 – 31/12/2016	FI-SETTIGNANO	-0.6260513	-0.7243732	-0.5209631	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2005 – 31/12/2016	AR-CASA STABBI	-0.3858141	-0.4770214	-0.3046546	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2010 – 31/12/2017	SI-MONTECERBOLI	-1.026942	-1.483241	-0.5186126	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2010 – 31/12/2017	SI-POGGIBONSI	-0.08224874	-0.514764	0.2252334	0.654424	NON SIGNIFICATIVO
Zona costiera	01/01/2010 – 31/12/2016	GR-MAREMMA	-0.2433737	-0.3721139	-0.1259363	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2005 – 31/12/2017*	GR-SONNINO	-1.036864	-1.327845	-0.7306706	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2004 – 31/12/2016	GR-URSS	-0.4111	-0.5476679	-0.2570725	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2012 – 31/12/2016	LI-CAPPIELLO	-2.64	-3.5	-2.07	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-CARDUCCI	-1.477179	-1.884999	-1.081738	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-COTONE	-2.931179	-3.196369	-2.477984	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2006 – 31/12/2016	LU-VIAREGGIO	-2.83087	-3.385067	-2.263904	< 0.001	DECRESCENTE
Zona Prato/Pistoia	01/01/2007 – 31/12/2016	MS-COLOMBAROTTO	-0.5912295	-0.9367011	-0.3479789	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	PO-FERRUCCI	-0.9904591	-1.346203	-0.5990508	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2017	PO-ROMA	-0.1526657	-0.3455854	0.1017114	0.2437396	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	PT-MONTALE	-0.9391522	-1.091833	-0.7959965	< 0.001	DECRESCENTE
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	01/01/2003 – 31/12/2016	PT-SIGNORELLI	-0.4766882	-0.5864156	-0.3654864	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2017	AR-ACROPOLI	-0.2679437	-0.4322204	-0.1346796	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	AR-REPUBBLICA	-0.8588372	-1.063962	-0.6292262	< 0.001	DECRESCENTE
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	01/01/2004 – 31/12/2016	LU-CAPANNORI	-1.564969	-1.949198	-1.23878	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2012 – 31/12/2016	LU-CARIGNANO	-0.9259781	-1.221724	-0.6631879	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2017	LU-MICHELETTTO	-0.191928	-0.4155617	0.03609455	0.08013356	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	PI-BORGHETTO	-0.6363012	-0.8288687	-0.4539317	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	PI-PASSI	0.1780778	0.3246752	0.03801614	< 0.05	CRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2017	PI-S.C.COOP	0.06265658	-0.05713036	0.1745522	0.2838063	NON SIGNIFICATIVO

* il monitoraggio presso questa stazione è stato interrotto tra il 2013 e il 2015

Tabella 3. Parametri del Test di Theil-Sen applicato alle concentrazioni medie giornaliere di NO₂ e periodo considerato per l'analisi (2003-2017)

OZONO (O₃)

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003–2017 mostra un trend crescente statisticamente significativo per quattro delle nove stazioni di monitoraggio della rete regionale di monitoraggio per le quali è stato possibile applicare un approccio di tipo statistico, per altre 4 stazioni non è possibile individuare un trend statisticamente significativo (Figura 4) mentre la stazione di PI-Passì mostra un trend decrescente. Il valore mediano dei trend⁸ delle quattro stazioni con trend crescente statisticamente significativo è pari a 0.5 µg/m³.

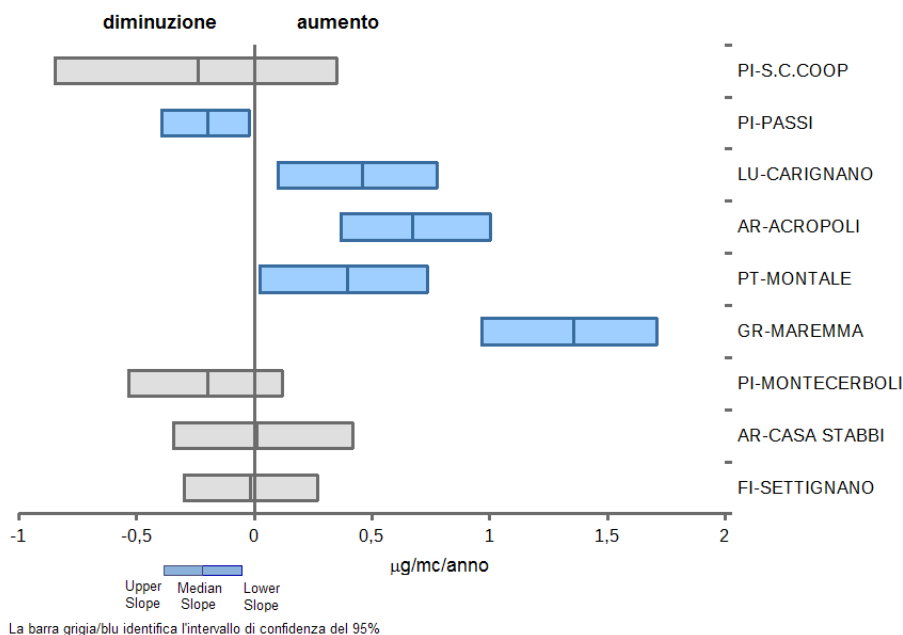


Figura 4. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di ozono (2003-2017)

Zona	Periodo	Stazione	Slope	Lower slope	Upper slope	Significatività statistica del test (p-value)	Trend
Agglomerato	01/01/2003 – 31/12/2017	FI-SETTIGNANO	-0.01610283	-0.295388	0.2696103	0.8948247	NON SIGNIFICATIVO
Zona collinare/montana	01/01/2006 – 31/12/2017	AR-CASA STABBI	0.01271083	-0.3411951	0.4194643	0.9983306	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2004 – 31/12/2017	PI-MONTECERBOLI	-0.1981557	-0.5317617	0.1208838	0.2470785	NON SIGNIFICATIVO
Zona costiera	01/01/2008 – 31/12/2017	GR-MAREMMA	1.358029	0.9687161	1.709446	< 0.001	CRESCENTE
Zona Prato/Pistoia	01/01/2006 – 31/12/2017	PT-MONTALE	0.3941449	0.02360124	0.7345471	< 0.05	CRESCENTE
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	01/01/2003 – 31/12/2017	AR-ACROPOLI	0.6727204	0.3689277	1.003898	< 0.001	CRESCENTE
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	01/01/2003 – 31/12/2017	LU-CARIGNANO	0.459037	0.1030067	0.7759822	< 0.05	CRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2017	PI-PASSI	-0.1973173	-0.3906488	-0.01877349	< 0.05	DECRESCENTE
	01/01/2012 – 31/12/2017	PI-S.C.COOP	-0.2365495	-0.845988	0.3504645	0.4407346	NON SIGNIFICATIVO

Tabella 4. Parametri del Test di Theil-Sen applicato alle concentrazioni medie giornaliere di ozono e periodo considerato per l'analisi (2003-2017)

⁸ 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.

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.