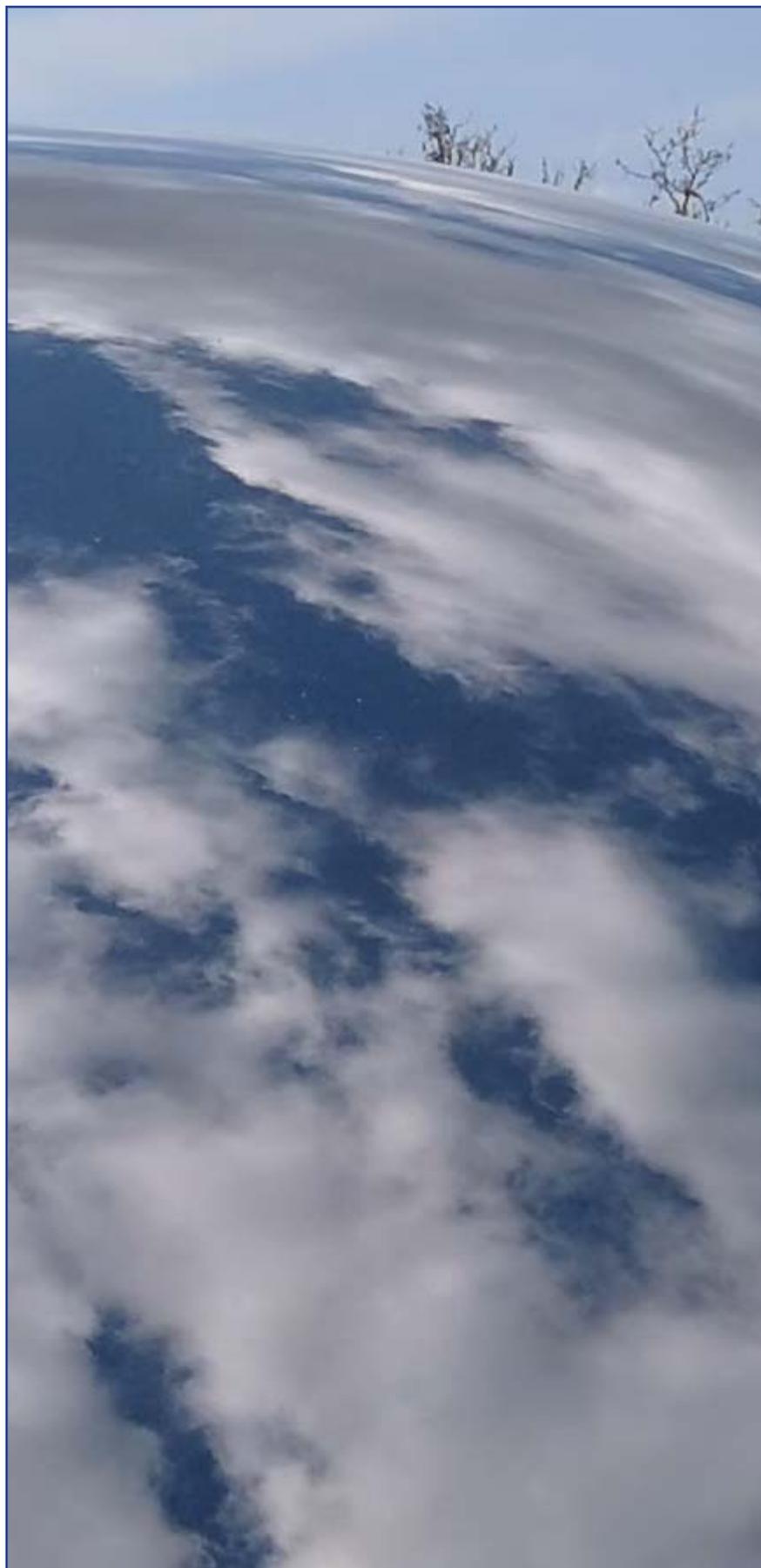




Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana - Anno 2018





Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana Anno 2018

2019



Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana Anno 2018

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:

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

ARPAT, aprile 2019

Editing e copertina:

ARPAT, Settore comunicazione, informazione e documentazione

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 e dall'analisi delle serie storiche indica una situazione nel complesso positiva nel 2018.

Le uniche criticità riguardano, analogamente al passato, tre inquinanti: PM10, NO₂ ed Ozono. Per quanto riguarda PM10 ed NO₂ la situazione toscana ha confermato nel 2018 il trend positivo già cominciato gli ultimi anni .

PM10: *il limite massimo pari a 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m³ non è stato rispettato soltanto in una stazione di fondo della Zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese 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 soltanto in una delle due stazioni di traffico dell'Agglomerato di Firenze mentre il limite massimo di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m³ è stato 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 nel 70-80 % delle stazioni.*

CO, SO₂ e benzene: *Il monitoraggio relativo al 2018 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 soltanto presso il sito di Pomarance.*

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 2018 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.....	4
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 2018. VALORI DEGLI INDICATORI PER GLI INQUINANTI RILEVATI DALLE STAZIONI DI RETE REGIONALE E CONFRONTO CON I VALORI LIMITE.....	11
4.1. Particolato PM10.....	11
4.2. Particolato PM2,5.....	29
4.3. NO ₂ e No _x	40
4.4. Ozono.....	54
4.5. CO.....	63
4.6. SO ₂	65
4.7. H ₂ S.....	67
4.8. Benzene.....	71
5. INQUINANTI RILEVATI CON CAMPAGNE DISCONTINUE: INDICATORI E CONFRONTO CON IL VALORE LIMITE O OBIETTIVO, ANNO 2018.....	82
5.1. Benzo(a)pirene nel PM10.....	83
5.2. Metalli pesanti (As, Cd, Ni e Pb) nel PM10.....	93
6. CONCLUSIONI DEL MONITORAGGIO DELLE STAZIONI DI RETE REGIONALE.....	98
SEZIONE 2 – MONITORAGGIO DI INTERESSE REGIONALE.....	99
SEZIONE 3 – VERIFICHE DI QA/QC EFFETTUATE SULLA STRUMENTAZIONE DELLA RETE REGIONALE.....	104
3.1. Verifiche effettuate sui campionatori /analizzatori di PM10ediPM2,5direteregionale.....	105
ALLEGATO 1.....	106
Tabelle percentili.....	106
ALLEGATO 2.....	110
Limiti normativi.....	110
ALLEGATO 3.....	113
Confronto degli indicatori di qualità dell'aria ottenuti con la Rete regionale di Qualità dell'Aria in Toscana nel 2018 con i valori di riferimento indicati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.....	113
ALLEGATO 4.....	121
analisi del trend degli inquinanti (pm10, pm2,5, no ₂ , ozono) (2003-2018).....	121

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.

Dal 2017 sono state attivate 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

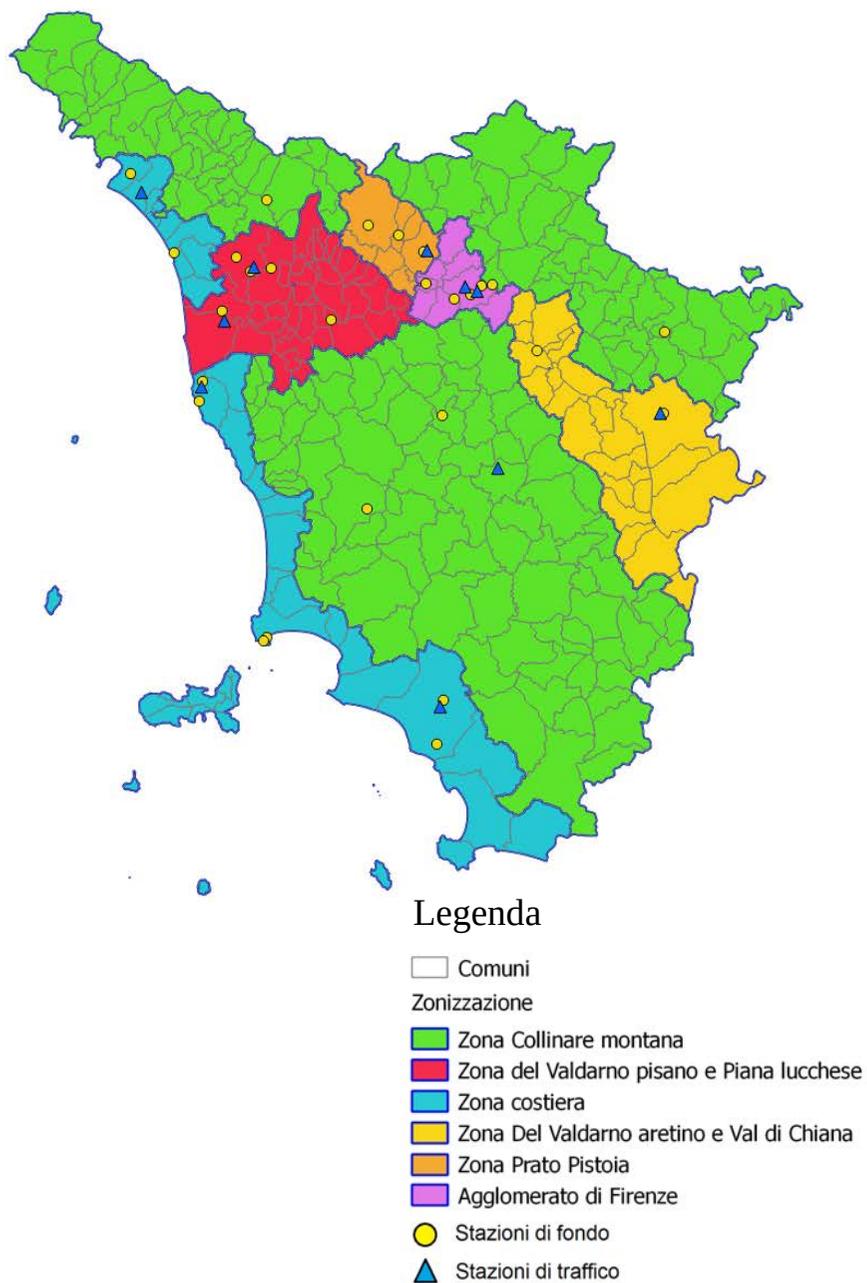


Figura 1.2. - Rete regionale ozono

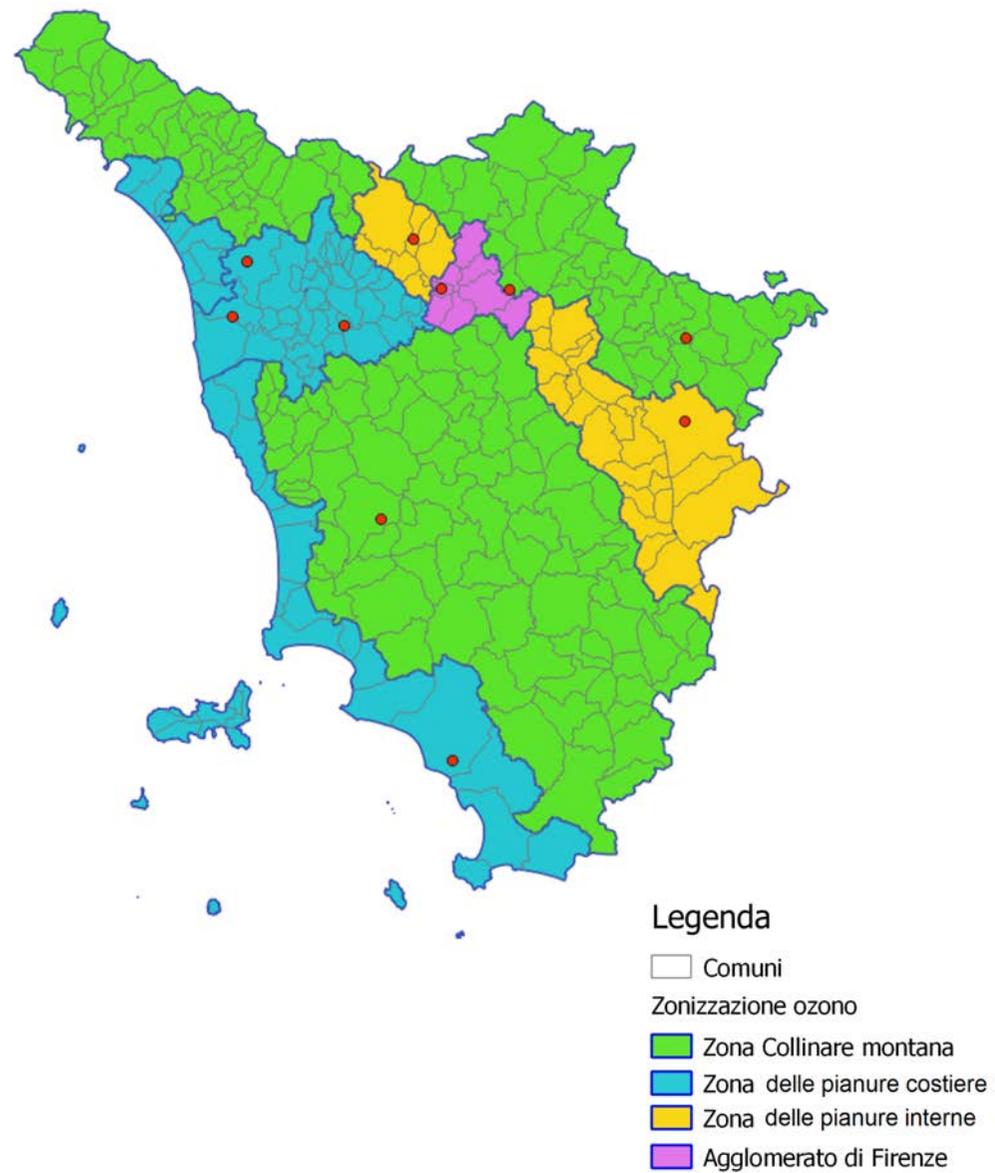


Tabella 1.1. - Rete regionale delle stazioni di misura degli inquinanti

Zonizzazione territorio Regione Toscana rel.inq. All	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 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-Montale	X	X	X									X	S	
	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropolì	X	X	X			X						X	S	
Zona costiera	U	F	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	X		X											
	U	T	AR	Arezzo	AR-Repubblica	X		X		X									
	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	X	X	X											
	U	T	GR	Grosseto	GR-Sonnino	X		X											
	R	F	GR	Grosseto	GR-Maremma			X									X	R	
	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							
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	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											
	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	
Zona collinare e montana	U	F	PI	Pisa	PI-Passi	X	X	X									X	S	
	U	T	PI	Pisa	PI-Borghetto	X	X	X		X									
	S	F	PI	S.Croce sull'Arno	PI-Santa Croce(1)	X		X	X								X	S	
	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	X	X	X											
Zona collinare e montana	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

Zonizzazione territorio Regione Toscana rel.inq. All	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 Ozono	Zonizzazione territorio Regione Toscana O ₃	
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-Boboli	100,0														
	U	F	FI	Firenze	FI-Bassi	98,1	98,6	99,9	93,9		97,0	87								
	U	T	FI	Firenze	FI-Gramsci	100,0	100,0	98,9		99,6	98,0	100	100	100	100	100				
	U	T	FI	Firenze	FI-Mosse	100,0		98,4												
	U	F	FI	Scandicci	FI-Scandicci	100,0		97,3												
	U	F	FI	Signa	FI-Signa	100,0		99,5										98,1	U	
Zona Prato Pistoia	S	F	FI	Firenze	FI-Settignano			97,5									97,9	S		
	U	F	PO	Prato	PO-Roma	100,0	100,0	100,0			100,0	94								
	U	T	PO	Prato	PO-Ferrucci	100,0	100,0	98,9		99,1										
	U	F	PT	Pistoia	PT-Signorelli	100,0		100,0												
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	S	F	PT	Montale	PT-Montale	100,0	100,0	98,8									98,6	S	Zona delle Pianure interne	
	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropoli	100,0	100,0	100,0			92,1	49					98,7	S		
Zona costiera	U	F	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	100,0		99,3												
	U	T	AR	Arezzo	AR-Repubblica	100,0		99,9		99,5										
	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	100,0	100,0	100,0												
	U	T	GR	Grosseto	GR-Sonnino	100,0		99,9												
	R	F	GR	Grosseto	GR-Maremma			99,4									99,4	R		
	U	F	LI	Livorno	LI-Cappiello	100,0	100,0	99,6												
	U	F	LI	Livorno	LI-Via La Pira	99,5		98,4	97,4		97,4	91	95	95	95	95				
	U	T	LI	Livorno	LI-Carducci	100,0	100,0	97,7		100,0										
	U	F	LI	Piombino	LI-Parco 8 Marzo	100,0		98,5			93,1	92	96	96	96	96				
	S	I	LI	Piombino	LI-Cotone	100,0		98,5		98,1										
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	U	F	MS	Carrara	MS-Colombarotto	100,0		98,6												
	U	T	MS	Massa	MS-Marina vecchia	100,0	100,0	100,0												
	U	F	LU	Viareggio	LU-Viareggio	100,0	100,0	99,6												
	U	F	LU	Capannori	LU-Capannori	100,0	100,0	100,0	100,0											
	U	F	LU	Lucca	LU-San Concordio	100,0		96,7			96,1	67,8								
	U	T	LU	Lucca	LU-Micheletto	100,0		99,7												
	R	F	LU	Lucca	LU-Carignano			99,0									99,1	S		
	U	F	PI	Pisa	PI-Passi	100,0	100,0	100,0									100,0	S		
	U	T	PI	Pisa	PI-Borghetto	100,0	100,0	99,8		99,1										
	S	F	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce(1)	100,0		97,8	96,9								99,0	S		
Zona collinare e montana	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	96,0	97,5	100,0												
	U	T	SI	Siena	SI-Bracci	100,0		100,0		99,6										
	S	F	PI	Pomarance	PI-Montecerboli (1)	100,0		98,2	99,0				53	53	53	53	99,3	S	Zona collinare e montana	
	U	F	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	100,0		98,4												
R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	100,0		99,8									100,0	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

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, PM2,5	UNI EN 12341: 2014 UNI EN 16450 :2017	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 e derivati	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 2018. 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 l'anno 2018 dalle stazioni di rete regionale. I valori degli indicatori sono valutati rispetto al D.Lgs.155/2010 e rispetto ai valori guida dell'OMS¹, di cui una sintesi è riportata in allegato 3. L'analisi dei trend è riportata in allegato 4.

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 2018 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.

Il valore limite relativo all'indicatore della media annuale di PM10 di 40 µg/m³ nel 2018 è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale attive.

La concentrazione media regionale registrata in Toscana nel 2018 è stata pari a 21,2 µg/m³ e la concentrazione media registrata dalle stazioni di fondo è stata 20,6 µg/m³, entrambe leggermente minori rispetto alle medie del 2017. La media registrata presso le stazioni di traffico è stata pari a 23,2 µg/m³, anche essa leggermente inferiore alla media del 2017.

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.

Tabella 4.1.1. PM10 – Indicatori relativi alle stazioni di Rete regionale anno 2018.

Zona	Classif. Zona e stazione	Provincia	Comune	Nome stazione	N° medie giornaliere > 50 µg/m³	V.L.	Media annuale (µg/m³)	V.L. (µg/m³)
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	3	35	18	40
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	2		19	
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	20		30	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	12		24	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	7		21	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	19		22	
Zona Prato e Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	21		24	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	22		25	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	8		19	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	26		25	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	2		19	
	UF	FI	Figline e Incisa Valdarno	FI-Figline	12		25	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	14		23	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0		18	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	10		27	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		17	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	0		23	
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0		18	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0		16	
	UF	LI	Piombino	LI Parco VIII Marzo	0		17	
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	3	20		
	UT	MS	Massa	MS MarinaVecchia	3	20		
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	6	22		
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	53	30		
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	19	25		
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	15	24		
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	8	21		
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	8	26		
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	11	24		
Zona collinare e montana	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0	12		
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0	11		
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0	18		
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	0	18		
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	14	21		
Media annuale di PM10 complessiva della Rete regionale							21,2	
Media annuale di PM10 stazioni di tipo fondo urbano e suburbano (escluse rurali)							20,6	
Media annuale di PM10 stazioni di tipo traffico urbano							23,2	

Grafico 4.1.1. PM10 – Medie annuali PM10 anno 2018.

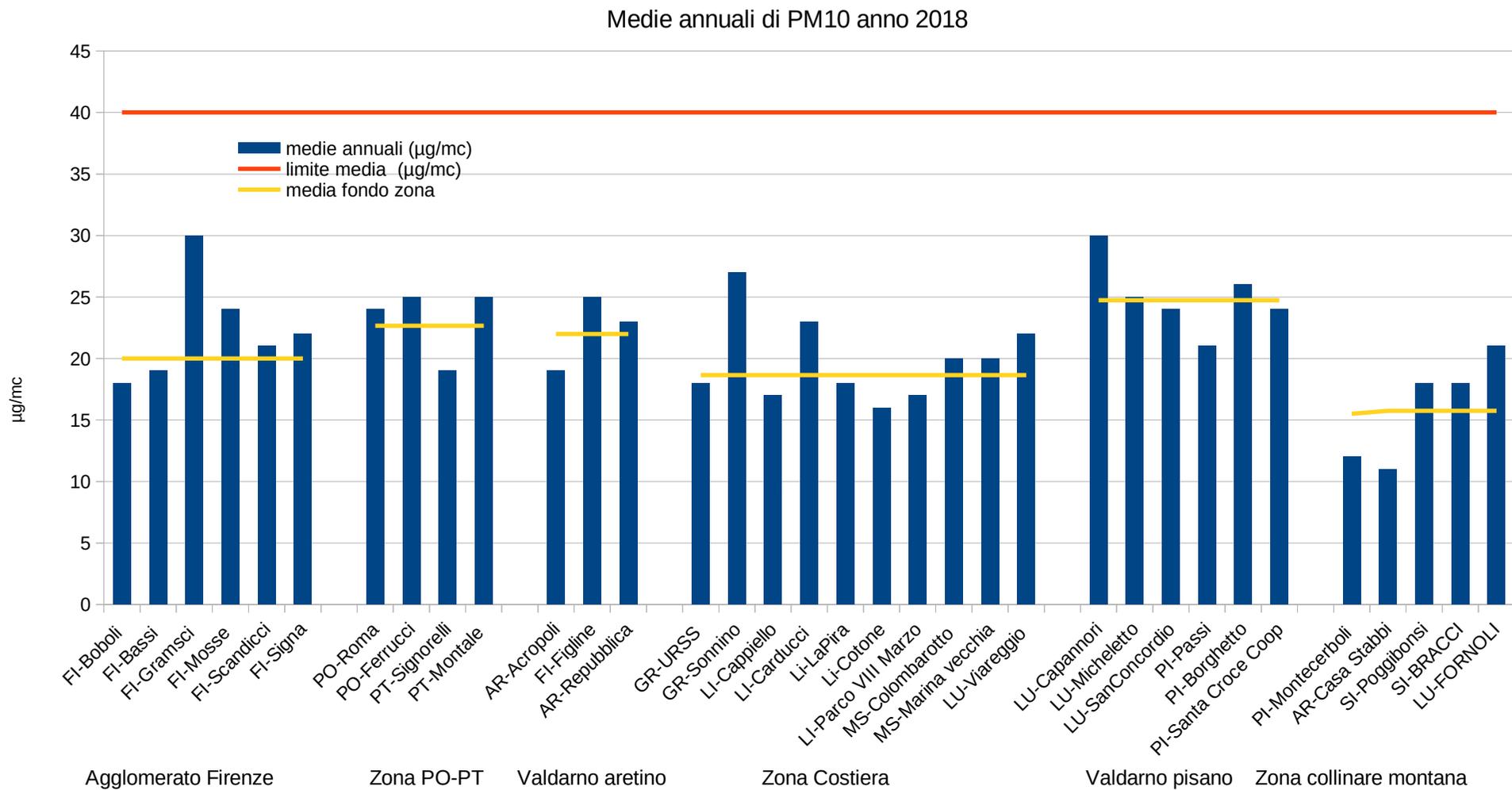
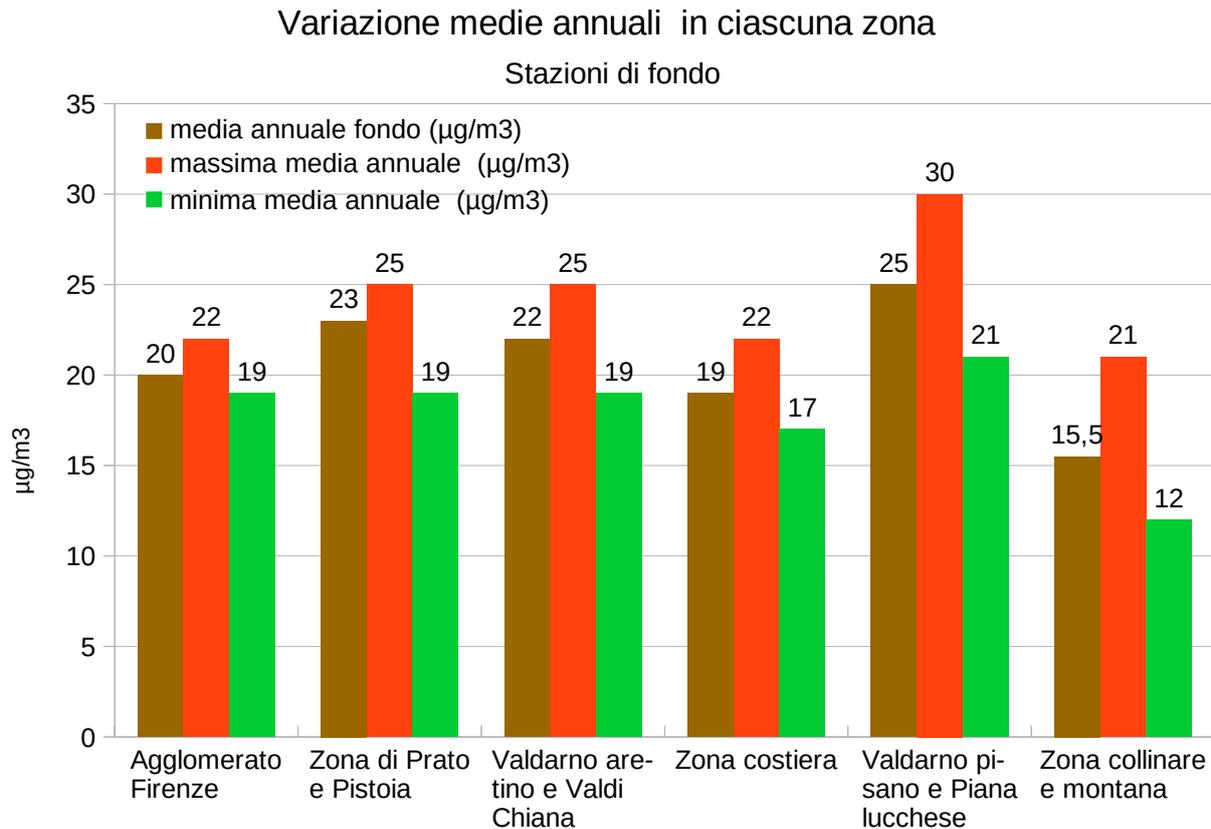


Grafico 4.1.2. PM10 – Medie annuali di PM10, stazioni di fondo anno 2018



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

- 20 µg/m³, come media delle 4 stazioni di fondo dell'agglomerato fiorentino;
- 23 µg/m³ come media delle 3 stazioni della Zona PO-PT;
- 22 µg/m³ per la Zona del Valdarno aretino e Valdichiana ;
- 19 µg/m³, come media delle stazioni della Zona Costa;
- 25 µg/m³, come media delle 4 stazioni della Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese;
- 16 µg/m³ come media delle 4 stazioni della Zona Collinare e Montana.

Il panorama regionale indica che il fondo di zona è leggermente diminuito rispetto al 2017. Il fondo rurale è di 11 µg/m³.

L'OMS (Organizzazione Mondiale per la Sanità) ha individuato i valori guida di concentrazione per i principali inquinanti atmosferici, da rispettare per salvaguardare la salute della popolazione mondiale. Per il PM10 è stata indicata una media annua di concentrazione di 20 µg/m³. Confrontando i valori medi annuali di concentrazione di PM10 registrati presso le stazioni di Rete regionale Toscana con questo valore guida, si nota che la situazione della qualità dell'aria in Toscana rispetta solo in parte le indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. Infatti le stazioni di traffico hanno registrato una media superiore a 20 µg/m³ nell' 80% dei casi e le stazioni di fondo nel 50% dei casi circa.

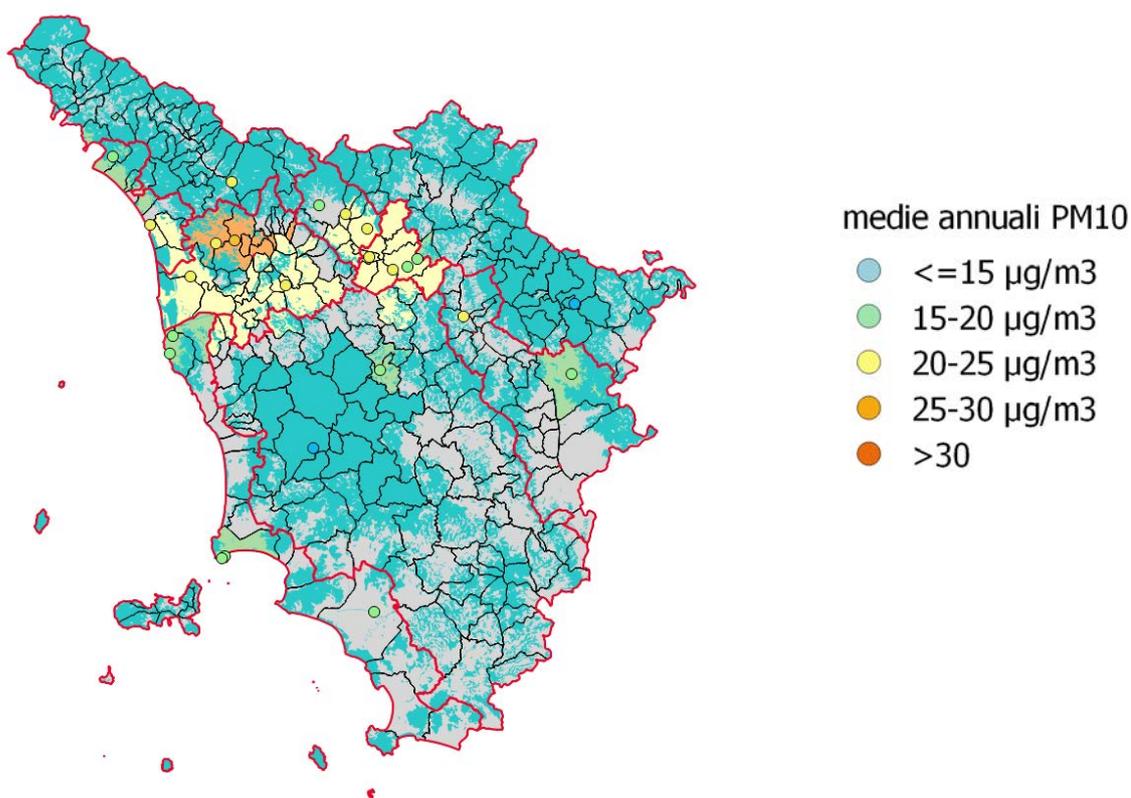
E' possibile rappresentare su mappa la distribuzione delle concentrazioni medie di fondo di PM10 per tutta la Toscana. Infatti sulla base dello studio svolto da ARPAT e Consorzio LaMMA per la Regione Toscana, finalizzato alla stima della rappresentatività spaziale delle stazioni di monitoraggio della 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.

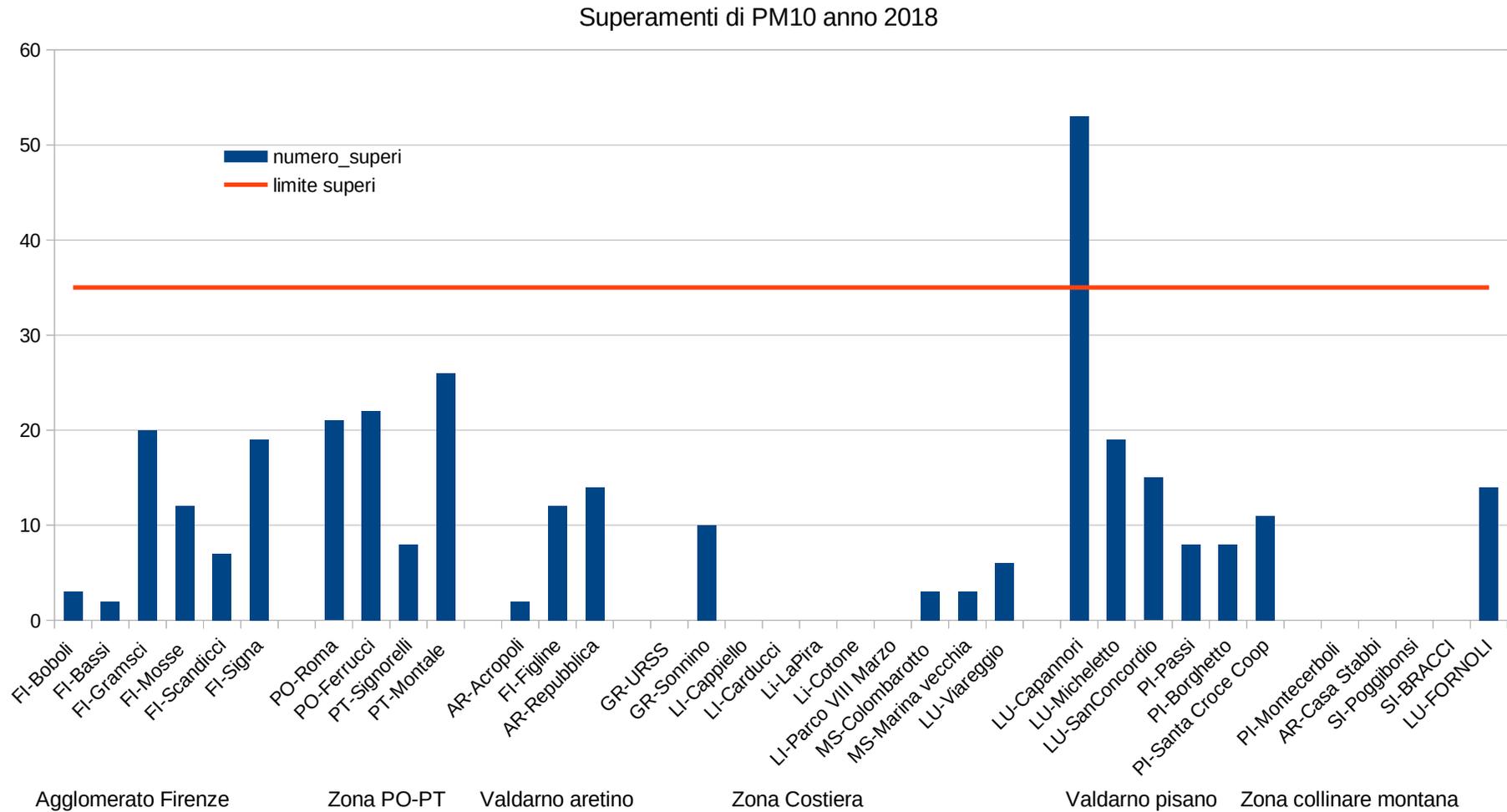
Il fondo regionale, pari a circa $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale è attribuito alle classi di uso del suolo di tipo naturale (CLC 311-521) e sovrapposto ai comuni, in modo che all'interno di ciascun comune si distinguano le aree naturali rappresentate, in maniera più verosimile, dal dato 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.

Figura 4.1.1. - Distribuzione del PM10 sul territorio toscano nel 2018 stimata secondo le aree di rappresentatività



²Rappresentatività spaziale delle stazioni della rete di monitoraggio di qualità dell'aria Toscana, ARPAT, LAMMA – Marzo 2015 - <http://www.regione.toscana.it/-/elenco-pubblicazioni-inerenti-la-rappresentativita-spaziale-delle-stazioni-di-rilevamento-della-qualita-dell-aria-in-toscana>

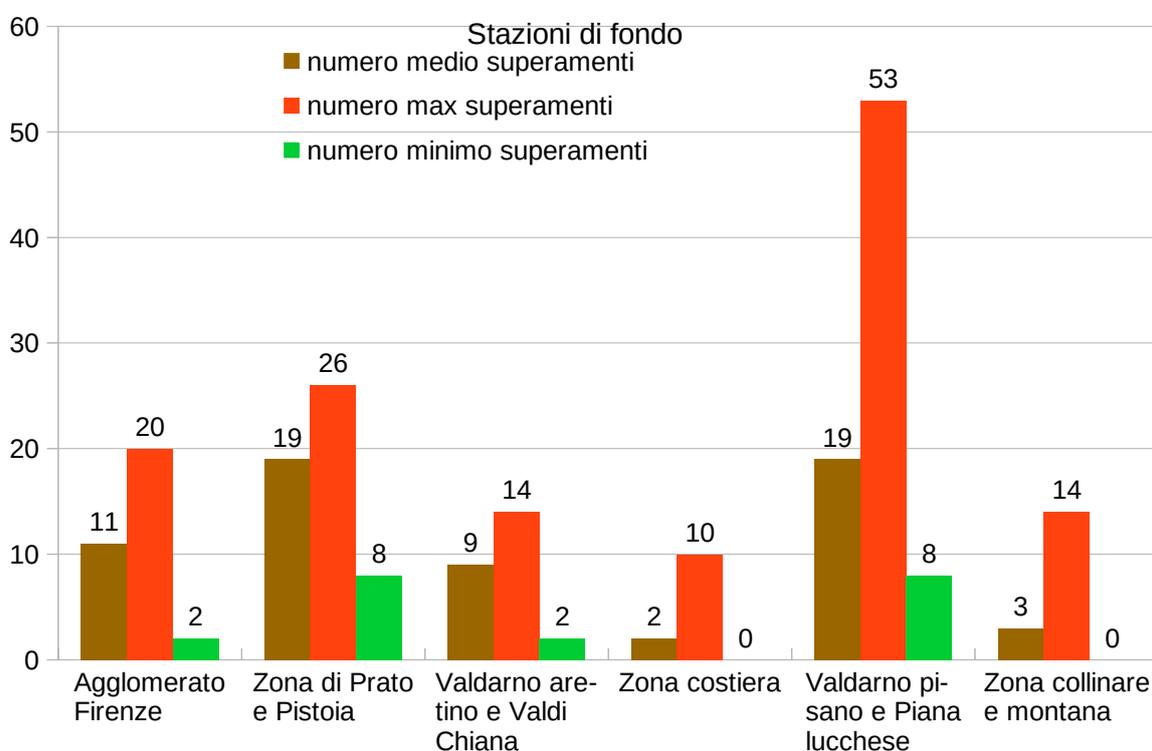
Grafico 4.1.3. PM10 – N° superamenti soglia 50 µg/m³ PM10 anno 2018



Per quanto riguarda il numero di superamenti della media giornaliera di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10, il limite 35 superamenti annuali indicato dal D.lgs155/2010 è stato rispettato nel 2018 da tutte le stazioni delle Rete regionale con eccezione della sola stazione urbana di fondo di LU-Capannori che ha registrato 53 superamenti.

Grafico 4.1.4.-PM10 - N° superamenti soglia 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 anno 2018, stazioni di fondo

Variatione numero di superamenti in ciascuna zona



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

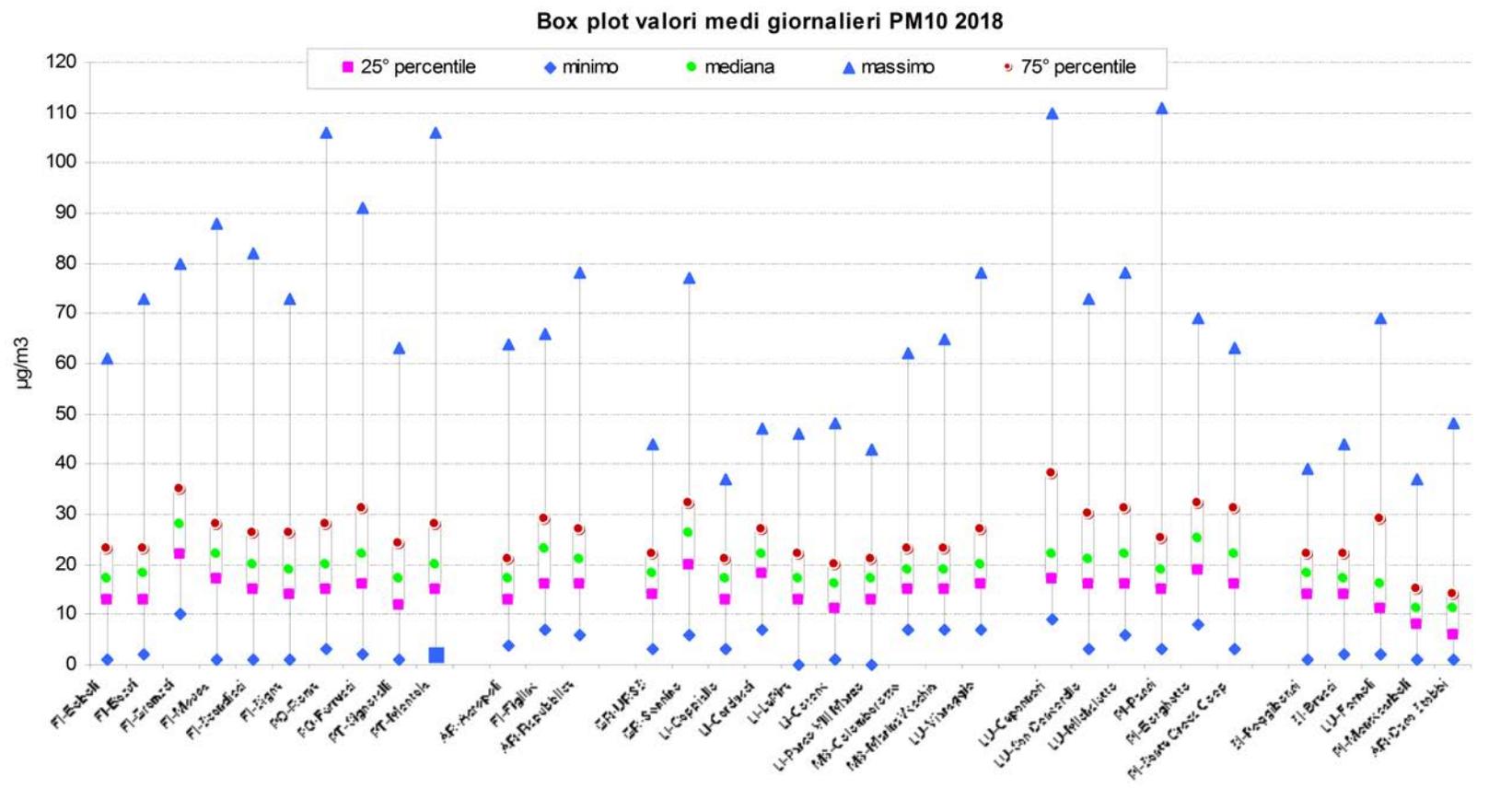
- tutte le stazioni della zona costiera hanno registrato pochissimi superamenti, in diverse stazioni pari a zero come per le stazioni della provincia di Livorno;
- tutte le stazioni della Zona Collinare e Montana non hanno rilevato alcun episodio di superamento delle medie giornaliere di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, eccetto la stazione di Fornoli che ne ha rilevati comunque molto pochi;
- le stazioni dell'Agglomerato di Firenze, della zona di Prato e Pistoia e del Valdarno aretino hanno rilevato episodi di superamento in numero molto contenuto, anche rispetto agli anni precedenti;
- nella zona del Valdarno pisano e Piana lucchese si sono verificati episodi di superamento in numero molto limitato per tutte le stazioni eccetto che per la stazione di LU-Capannori presso la quale il limite non è stato rispettato.

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 2018 non è stato rispettato presso la maggior parte delle stazioni urbane di rete regionale.

E' stato elaborato il grafico box plot ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) della concentrazione di PM10 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 2018 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. Per quasi tutte le stazioni la differenza tra il valore relativo al 25° percentile e quello relativo al 75° percentile è inferiore a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La stazione che presenta maggiore variabilità è LU-Capannori con differenza di concentrazioni che si estende per $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seguita da LU-Fornoli per cui è pari a $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I baffi rappresentati nel grafico invece si estendono dal minimo al massimo valore medio giornaliero registrato per stazione, rappresentando quindi tutto il campo di variazione della concentrazione.

Si nota che il baffo relativo al primo quartile è poco esteso mentre il baffo che rappresenta il range dei valori del quarto quartile è più ampio per tutte le stazioni, in particolare per le stazioni che hanno registrato valori elevati. I valori relativi al 75° percentile sono molto contenuti per tutte le stazioni, a giustificare le medie annuali decisamente sotto il limite.

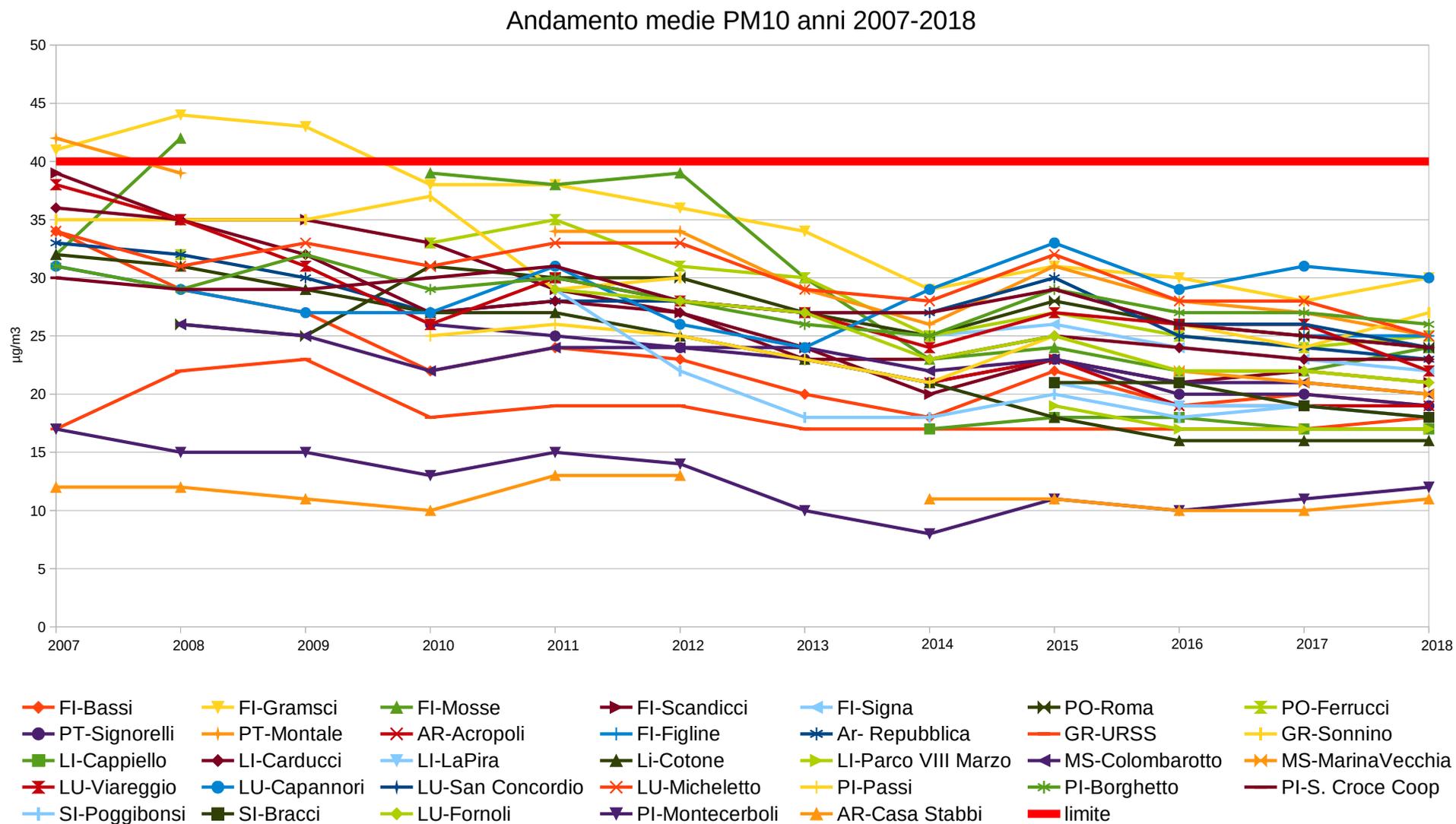
ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2017)

Tabella 4.1.2. - PM10 – Medie annuali - Andamenti 2007-2018 per le stazioni di Rete regionale

Zona	Class.	Prov.	Comune	Nome stazione	Medie annuali in µg/m ³												Nome stazione
					V.L. = 40 µg/m ³												
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	26	25	25	23	26	23	20	19	22	18	18	18	FI-Boboli
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	34	29	27	22	24	23	20	18	22	19	20	19	FI-Bassi
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	41	44	43	38	38	36	34	29	31	30	28	30	FI-Gramsci
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	32	42	*	39	38	39	30	23	24	22	22	24	FI-Mosse
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	39	35	35	33	29	27	24	20	23	21	22	21	FI-Scandicci
	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	-	-	25	26	24	23	22	FI-Signa
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	-	26	25	31	30	30	27	25	28	26	25	24	PO-Roma
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	-	32	34	33	35	31	30	25	27	25	24	25	PO-Ferrucci
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	-	-	-	26	25	24	23	21	23	20	20	19	PT-Signorelli
	SF	PT	Montale	PT-Montale	42	39	*	*	34	34	29	26	31	28	27	25	PT-Montale
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropolì	-	-	-	-	-	-	-	21	23	19	19	19	AR-Acropolì
	UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	25	FI-Figline
	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	33	32	30	27	28	28	27	27	30	25	24	23	Ar- Repubblica
Zona costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	17	22	23	18	19	19	17	17	17	17	17	18	GR-URSS
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	35	35	35	37	29	30	-	-	-	26	24	27	GR-Sonnino
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	-	-	-	-	17	18	18	17	17	LI-Cappiello
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	36	35	32	27	28	27	23	23	25	24	23	23	LI-Carducci
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	-	-	-	*	21	19	19	18	LI-LaPira
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	32	31	29	27	27	25	23	21	18	16	16	16	LI-Cotone
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	-	-	-	*	19	17	17	17	LI-Parco VIII Marzo
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	-	-	25	22	24	24	24	22	23	21	21	20	MS-Colombarotto
	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	-	-	-	-	*	22	21	20	MS-MarinaVecchia
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	38	35	31	26	30	28	27	24	27	26	26	22	22
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	31	29	27	27	31	26	24	29	33	29	31	30	LU-Capannori
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	-	-	-	-	-	-	-	*	26	26	24	LU-San Concordio
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	34	31	33	31	33	33	29	28	32	28	28	25	LU-Micheletto
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	-	-	-	25	26	25	23	21	25	22	22	21	PI-Passi
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	31	29	32	29	30	28	26	25	29	27	27	26	PI-Borghetto
	SF	PI	S.Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	30	29	29	30	31	28	27	27	29	26	25	24	PI-S. Croce Coop
Zona Collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	29	22	18	18	20	18	19	18	SI-Poggibonsi
	UI	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	-	-	-	*	21	21	19	18	SI-Bracci
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	-	-	-	*	29	28	27	23	25	22	22	21	LU-Fornoli
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	17	15	15	13	15	14	10	8	11	10	11	12	PI-Montecerboli
R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	12	12	11	10	13	13	*	11	11	10	10	11	AR-Casa Stabbi	

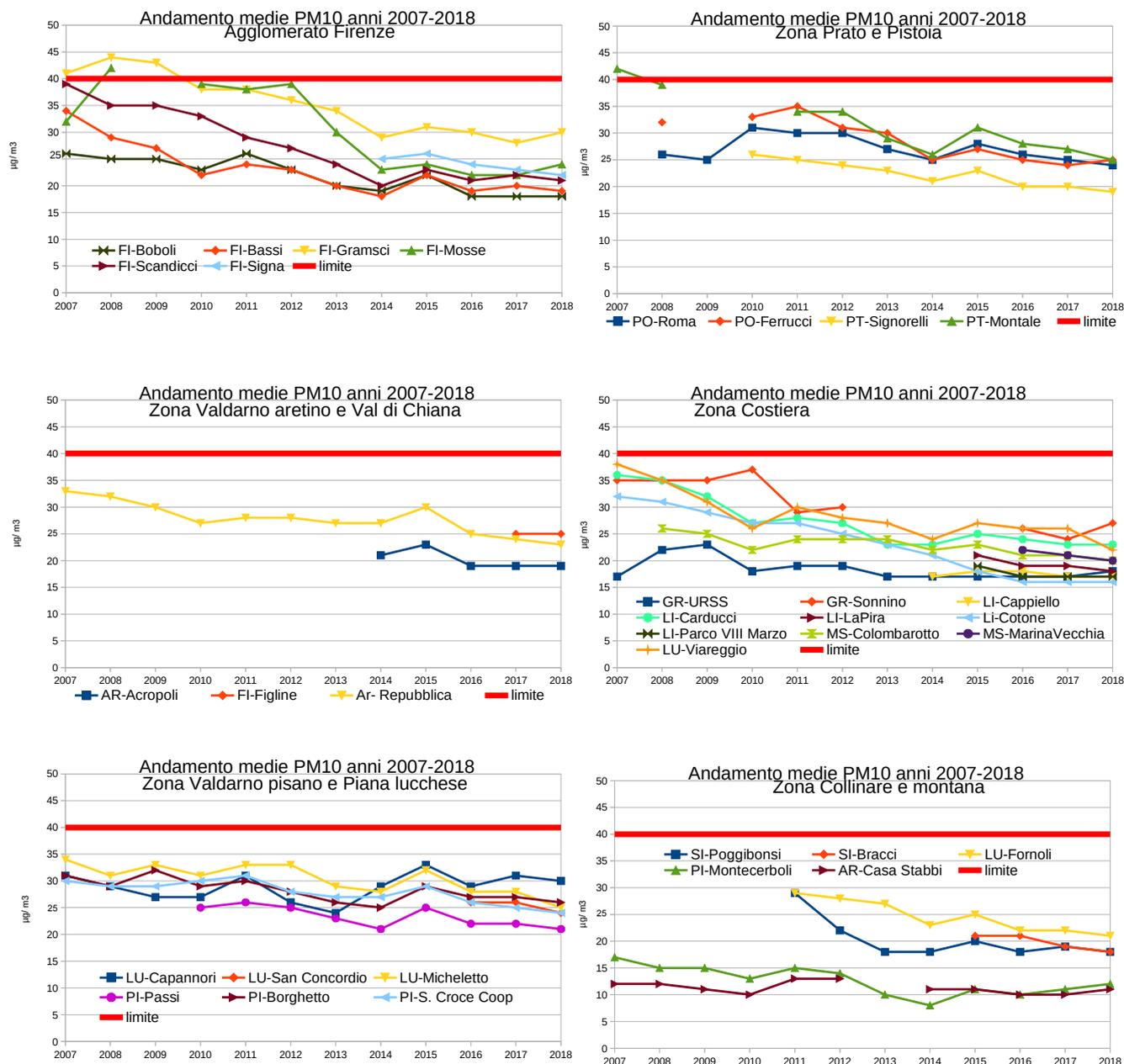
* efficienza minore del 90% , -parametro non attivo.

Grafico 4.1.6. - PM10 – Medie annuali – Andamenti 2007-2018 per le stazioni di Rete regionale



I dati in tabella e nel grafico mostrano che i valori medi di PM10 registrati in tutte le 34 stazioni di Rete regionale sono stati contenuti in tutto l'ultimo quinquennio, mantenendosi abbondantemente inferiori al limite di legge per tutte le tipologie di stazione.

Grafico 4.1.6.bis - PM10 – Medie annuali – Andamenti 2007-2018 per le stazioni di Rete regionale per Zona.



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 verde continua in figura) e l'intervallo di variazione massimo e minimo delle medie per tipologia di stazione (traffico e fondo) (barre verticali). E' evidente il pieno rispetto del limite di normativa dal 2013.

Grafico 4.1.7. - PM10 - Andamenti del massimo e del minimo delle medie annuali dal 2007 al 2018 per tipologia di stazione

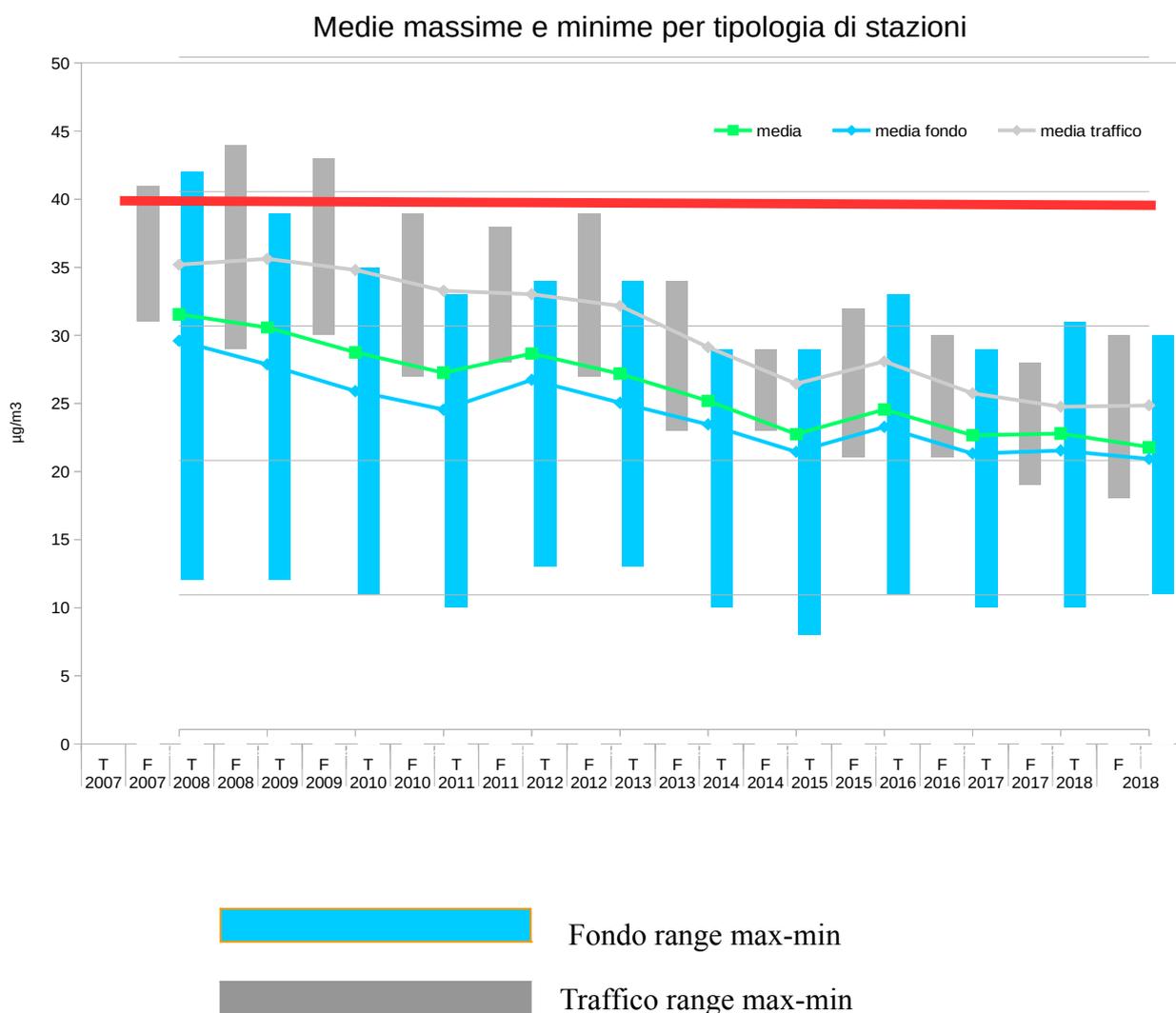


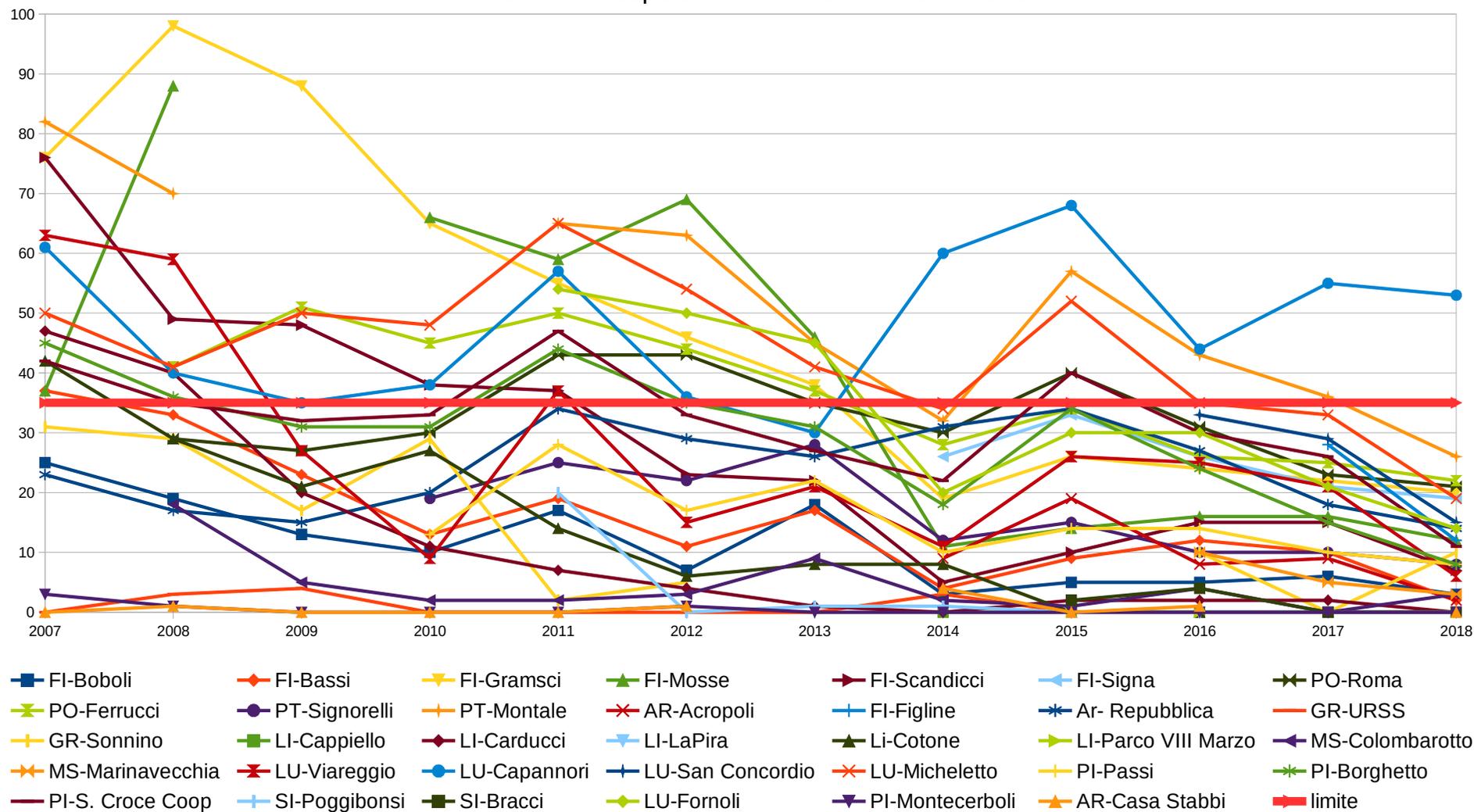
Tabella 4.1.3. - PM10 – N° superamenti valore giornaliero di 50 µg/m³ – Andamenti 2007-2018 per le stazioni di Rete regionale

Zona	Class.	Prov.	Comune	Nome stazione	N° superamenti media giornaliera di 50 µg/m ³												Nome stazione	
					V.L. = 35 gg/anno													
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	25	19	13	10	17	7	18	3	5	5	6	3	FI-Boboli	
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	37	33	23	13	19	11	17	4	9	12	10	2	FI-Bassi	
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	76	98	88	65	55	46	38	19	26	24	22	20	FI-Gramsci	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	37	88	*	66	59	69	46	11	14	16	16	12	FI-Mosse	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	76	49	48	38	37	23	22	5	10	15	15	7	FI-Scandicci	
Zona Prato Pistoia	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	-	-	26	33	26	21	19	FI-Signa	
	UF	PO	Prato	PO-Roma	-	29	27	30	43	43	35	30	40	31	23	21	PO-Roma	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	-	41	51	45	50	44	37	28	34	26	25	22	PO-Ferrucci	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	-	-	-	19	25	22	28	12	15	10	10	8	PT-Signorelli	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	SF	PT	Montale	PT-Montale	82	70	*	*	65	63	45	32	57	43	36	26	PT-Montale	
	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	-	9	19	8	9	2	AR-Acropoli	
	UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	28	12	FI-Figline	
	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	23	17	15	20	34	29	26	31	34	27	18	14	Ar- Repubblica	
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0	3	4	0	0	0	0	3	0	0	0	0	GR-URSS	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	31	29	17	29	2	5	-	-	*	10	0	10	GR-Sonnino	
	Zona costiera	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	LI-Cappiello
		UI	LI	Livorno	LI-Carducci	47	40	20	11	7	4	1	0	2	2	2	0	LI-Carducci
		UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	-	-	-	*	0	0	0	0	LI-LaPira
		SI	LI	Piombino	LI-Cotone	42	29	21	27	14	6	8	8	0	0	0	0	LI-Cotone
UF		LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	-	-	-	*	0	0	0	0	LI-Parco VIII Marzo	
UF		MS	Carrara	MS-Colombarotto	-	18	5	2	2	3	9	2	1	4	0	3	MS-Colombarotto	
UT		MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	-	-	-	-	*	10	5	3	MS-Marinavecchia	
UF		LU	Viareggio	LU-Viareggio	63	59	27	9	37	15	21	11	26	25	21	6	LU-Viareggio	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese		UF	LU	Capannori	LU-Capannori	61	40	35	38	57	36	30	60	68	44	55	53	LU-Capannori
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	-	-	-	-	-	-	-	*	33	29	15	LU-San Concordio	
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	50	41	50	48	65	54	41	34	52	35	33	19	LU-Micheletto	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	-	-	-	13	28	17	22	10	14	14	10	8	PI-Passi	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	45	36	31	31	44	35	31	18	34	24	15	8	PI-Borghetto	
Zona Collinare e montana	SF	PI	S.Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	42	35	32	33	47	33	27	22	40	30	26	11	PI-S. Croce Coop	
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	20	0	1	1	0	0	0	0	SI-Poggibonsi	
	UI	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	-	-	-	*	2	4	0	0	SI-Bracci	
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	-	-	-	*	54	50	45	20	30	30	21	14	LU-Fornoli	
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	PI-Montecerboli	
R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0	1	0	0	0	1	*	4	0	1	0	0	AR-Casa Stabbi		

*efficienza minore del 90%
-parametro non attivo

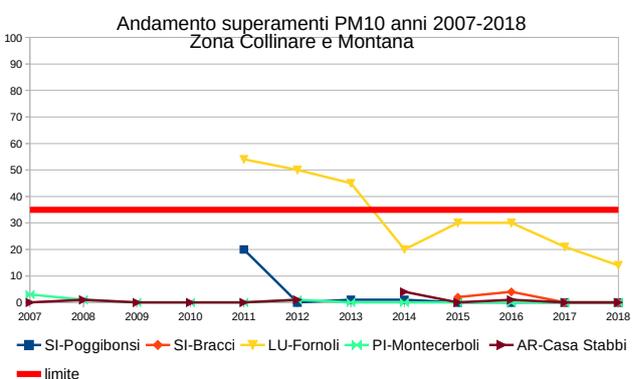
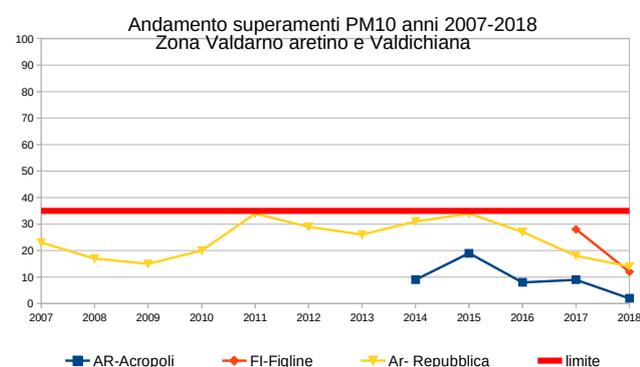
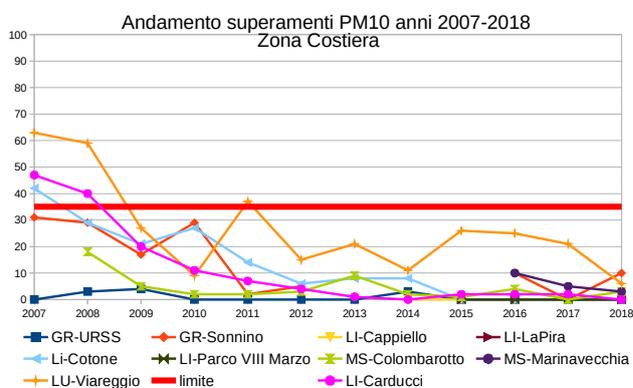
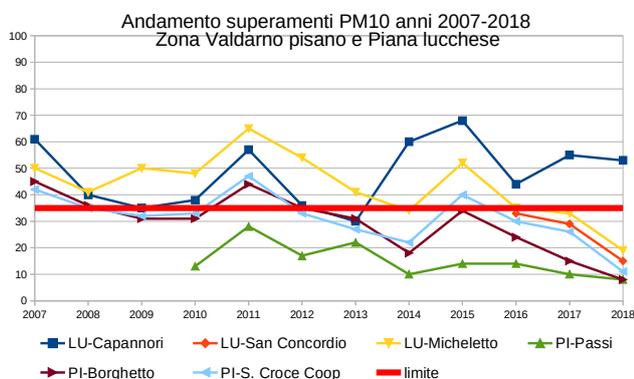
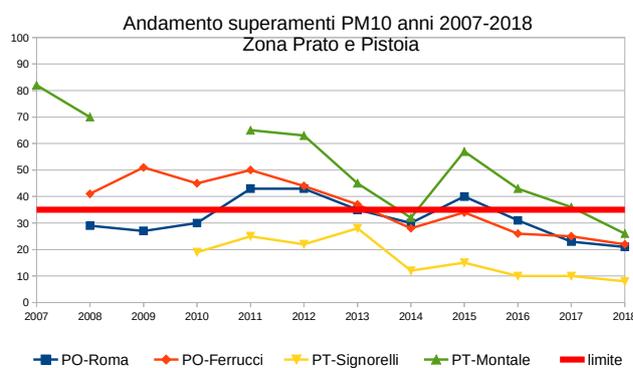
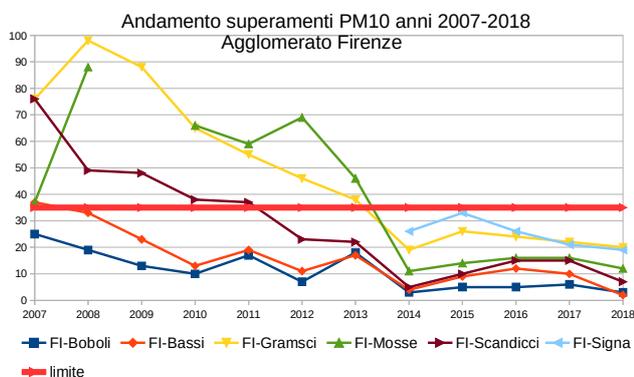
Grafico 4.1.8. - PM10 - N° superamenti valore giornaliero 50 µg/m³ - Andamenti 2007-2018 per le stazioni di Rete regionale

Andamento superamenti PM10 anni 2007-2018



I valori in tabella e nel grafico mostrano nel complesso un trend positivo di diminuzione per gli ultimi 12 anni.

Grafico 4.1.8.bis - PM10 - N°superamenti valore giornaliero 50 µg/m³ - Andamenti 2007- 2018 per le stazioni di rete regionale per Zona

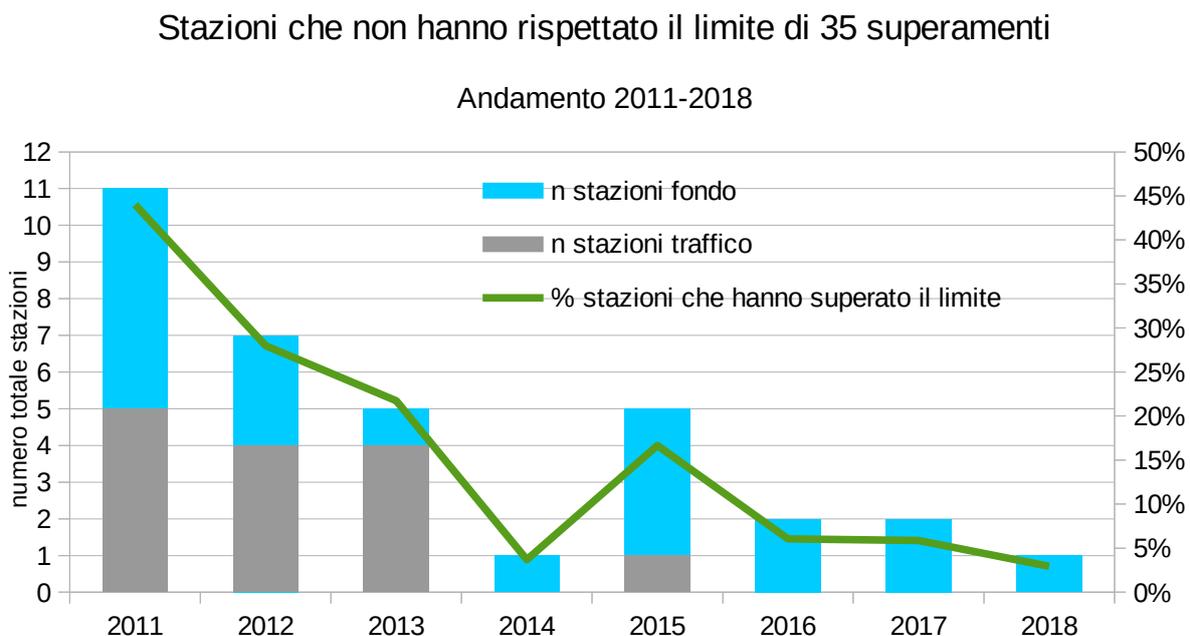


Differentemente da quanto avviene per le medie annuali di PM10, il numero dei superamenti registrati dalle stazioni di Rete regionali ha in molti casi un andamento altalenante, con differenze significative di anno in anno.

Il numero di stazioni che non rispettano il limite di 35 superamenti ha manifestato la tendenza a diminuire negli anni, diventando nell'ultimo triennio un fenomeno che in Toscana ha interessato soltanto pochissime stazioni di fondo.

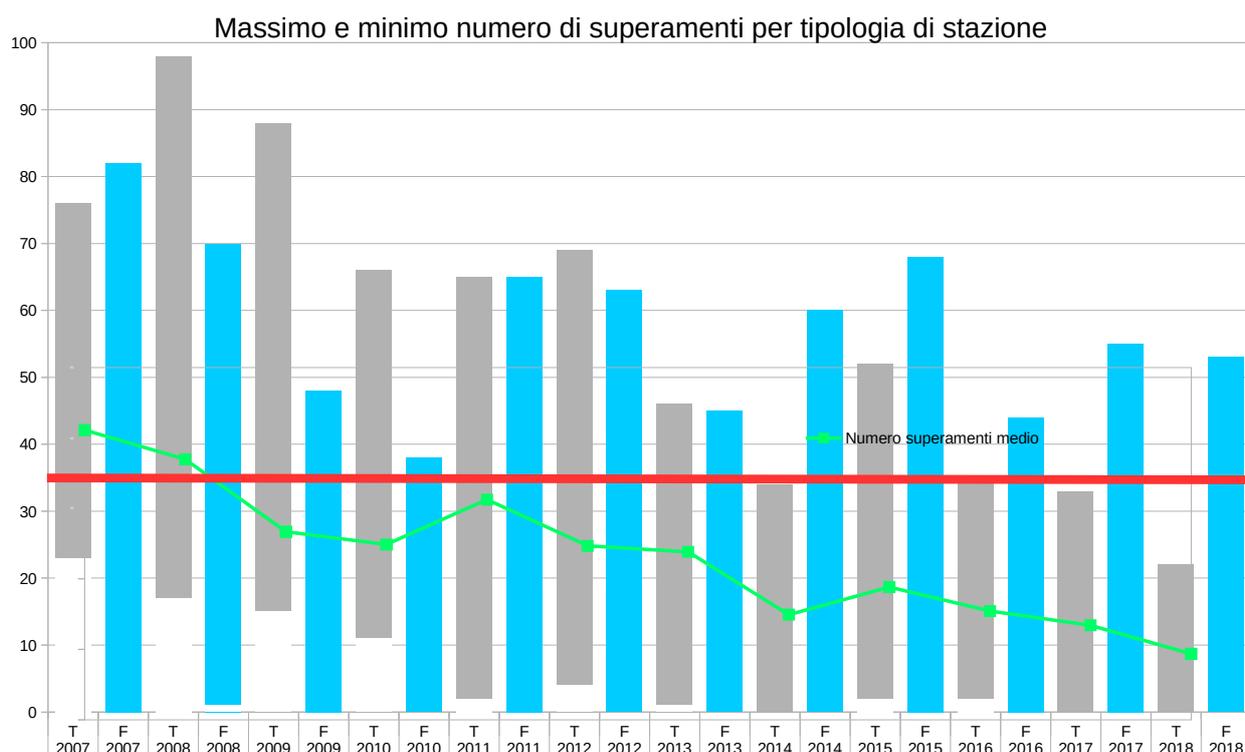
È riportata di seguito la percentuale di stazioni che non ha rispettato il limite dei 35 superamenti, considerando come primo anno l'anno successivo all'entrata in vigore della Rete regionale.

Grafico 4.1.9. - PM10 – Andamento della percentuale di stazioni che non ha rispettato il limite, anni 2011-2018.



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 verde 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) .

Grafico 4.1.10. - PM10 – Andamenti del numero massimo e minimo di superamenti dal 2007 al 2018 per tipologia di stazione



Fondo range max-min



Traffico range max-min

4.2. Particolato PM2,5

Per il PM2,5 gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2018 sono stati confrontati con il valore limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per il PM2.5 corrisponde alla media annuale di 25 µg/m³.

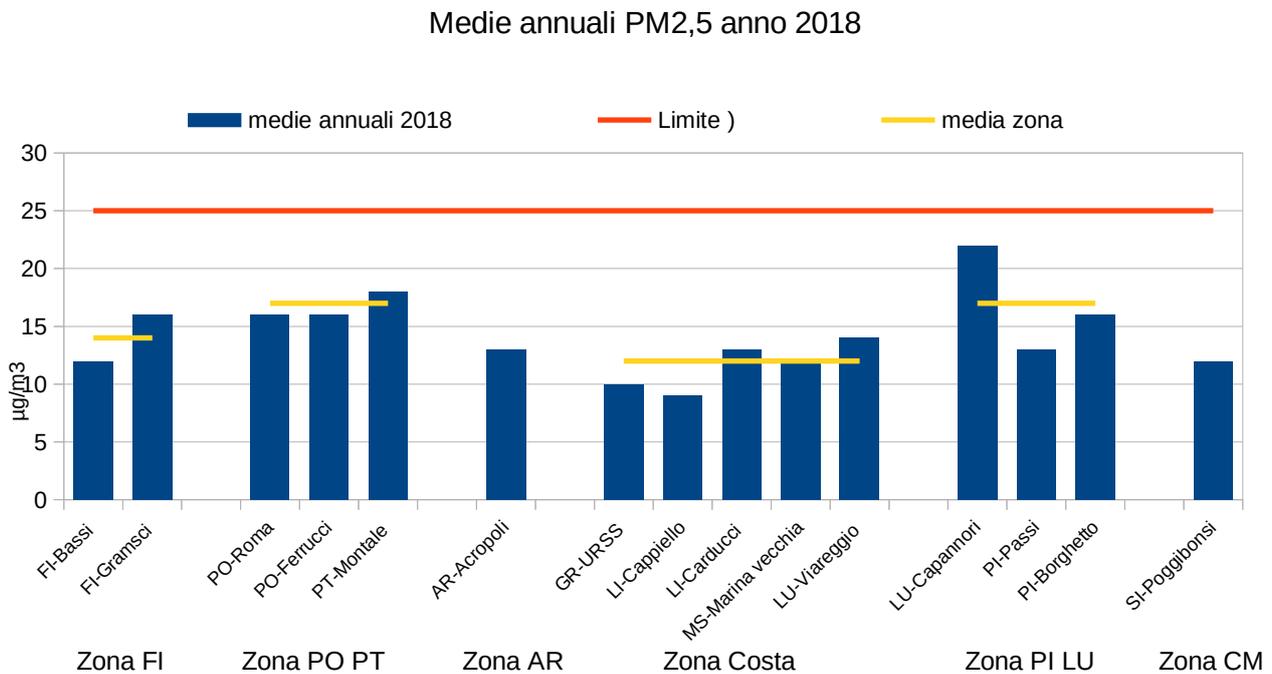
Tabella 4.2.1. - PM2.5 - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2018

Zona	Class. Zona e stazione	Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	V.L.
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	12	25
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	16	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	16	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	16	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	18	
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	12	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	14	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	22	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	13	
		PI	Pisa	PI-Borghetto	16	
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	12	
Media regionale PM2,5 (µg/m ³)					14,1	
Media regionale stazioni di tipo fondo (µg/m ³)					13,9	
Media regionale stazioni di tipo traffico (µg/m ³)					14,6	

Il limite normativo di 25 µg/m³ riferito all'indicatore della media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete regionale.

Le medie sono state tutte nettamente inferiori al limite eccetto che per la stazione di Capannori che ha registrato una media annuale di 22 µg/m³, pari all' 88% del limite.

Grafico 4.2.1. - PM2,5- Medie annuali 2018



Analizzando i valori medi di ogni zona si nota che le zone del Valdarno Pisano e Piana lucchese e la Zona di Prato e Pistoia hanno registrato le medie più elevate, pari a 17 µg/m³.

La zona dell'Agglomerato di Firenze e la zona del Valdarno aretino e Valdichiana hanno registrato i valori molto contenuti, con medie di 14 µg/m³ e 13 µg/m³, minori ancora le medie della zona Costiera e della zona Collinare e Montana che mediamente hanno registrato valori medi pari a 12 µg/m³.

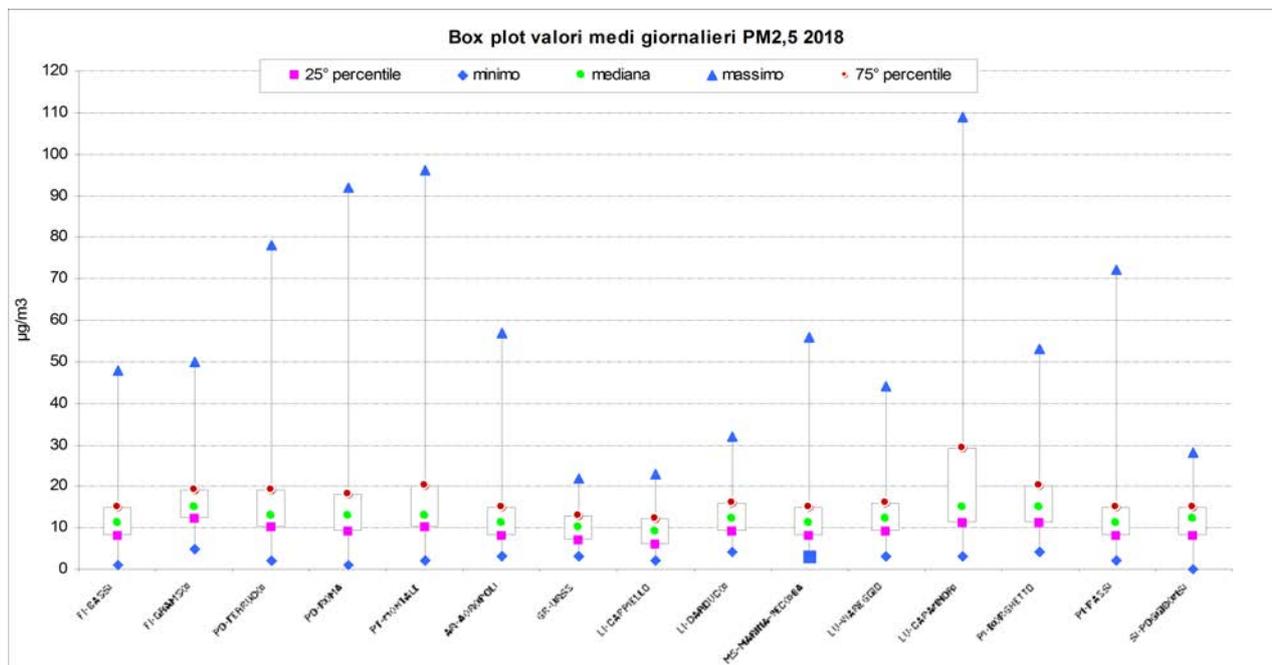
L'OMS per il PM2,5 ha indicato come valore guida una media annua di concentrazione pari a 10 µg/m³, valore ben più restrittivo rispetto al valore indicato dal D.lgs.155/2010.

Soltanto le due stazioni di fondo di GR-URSS e LI-Cappiello hanno registrato una media annuale inferiore a tale valore guida.

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 2007-2018 per le stazioni di rete regionale



Si può dedurre dal grafico che i primi tre quartili dei valori medi giornalieri, ovvero il 75% è stato molto contenuto e inferiore a 20 µg/m³ per tutte le stazioni, eccetto che per la stazione di LU-Capannori per la quale il 75° percentile è pari a 29 µg/m³.

Le medie giornaliere più elevate, oltre che presso il sito di LU-Capannori, sono state registrate nelle tre stazioni della zona di PO e PT.

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

Zona	Tipo	Stazione	PM2,5 medie annuali ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 medie annuali ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% PM2,5/PM10 anno 2018	media zona %
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Bassi	12	19	63%	58%
	UT	FI-Gramsci	16	30	53%	
Zona PO PT	UF	PO-Roma	16	24	67%	68%
	UT	PO-Ferrucci	16	25	64%	
	SF	PT-Montale	18	25	72%	
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	13	19	68%	68%
Zona costiera	UF	GR-URSS	10	18	56%	58%
	UF	LI-Cappiello	9	17	53%	
	UT	LI-Carducci	13	23	57%	
	UT	Vecchia	12	20	60%	
	UF	LU-Viareggio	14	22	64%	
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Capannori	22	30	73%	66%
	UF	PI-Passi	13	21	62%	
	UT	PI-Borghetto	16	26	62%	
Zona collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	12	18	67%	67%
Media % fondo					64%	
Media % traffico					59%	
Media complessiva %					63%	

Le percentuali medie di frazione di PM2,5 nel PM10 sono state per le stazioni di fondo comprese tra il massimo di 73 % a LU-Capannori ed un minimo di 53 % a LI-Cappiello, con media regionale pari al 64 %; per le stazioni di traffico il range va dal massimo di 64% presso PO-Ferrucci al 53 % di FI-Gramsci, con media 59 %.

Le zone nelle quali sono stati più elevati i valori percentuali di PM2,5 sono state le zone di PO e PT e del Valdarno pisano e piana lucchese.

Mappa 4.2.1. - Percentuali di PM2,5 nel PM10

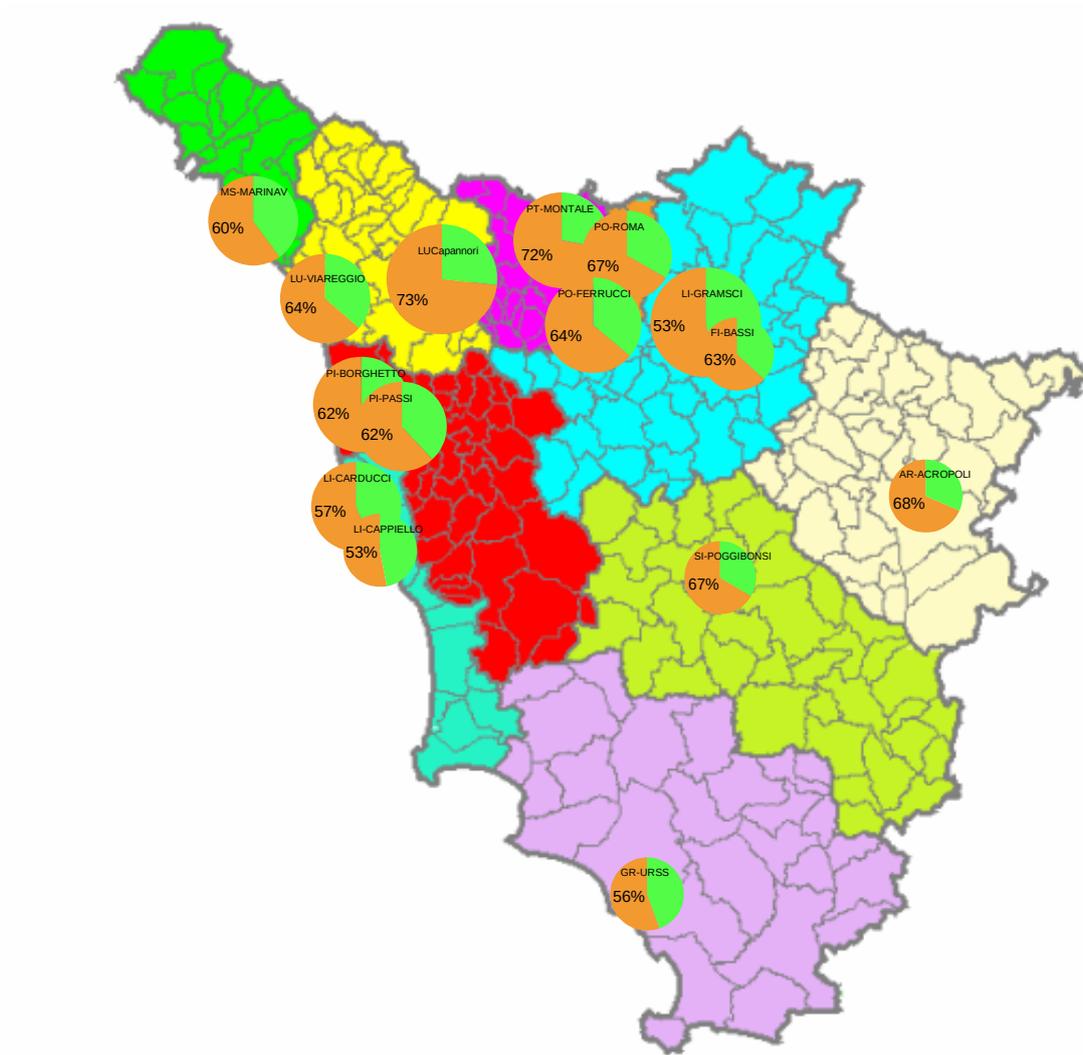
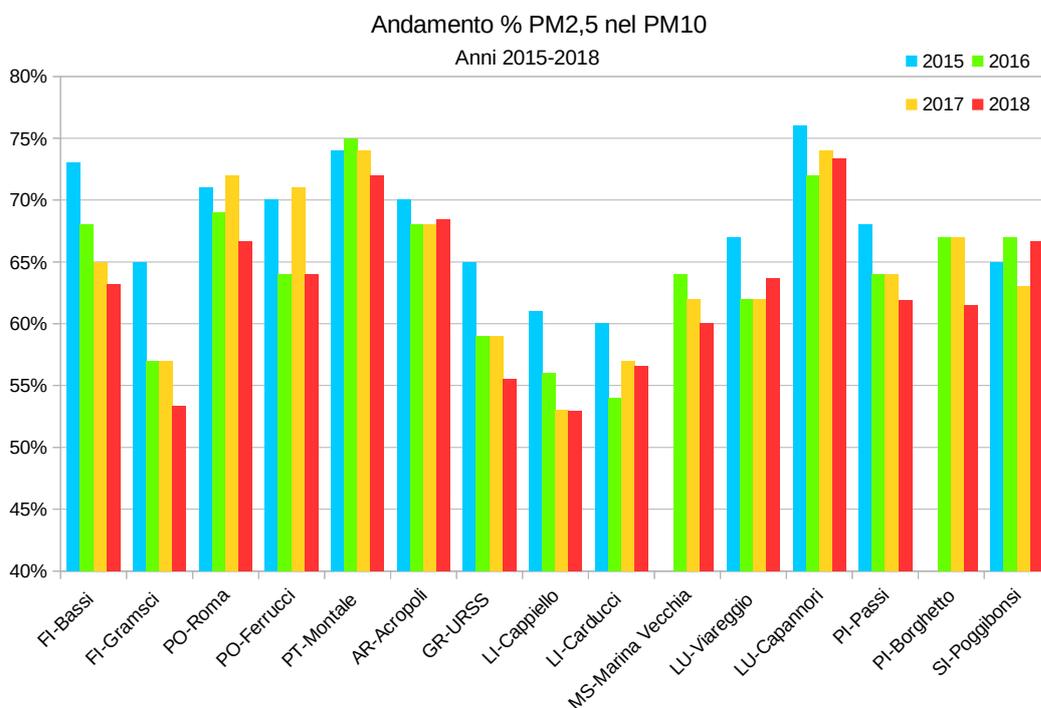


Tabella 4.2.3. - Confronto percentuali di PM2,5 nel PM10 ultimi 4 anni

Zona	Tipo	Stazione	% PM2,5/PM10			
			2015	2016	2017	2018
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Bassi	73%	68%	65%	63%
	UT	FI-Gramsci	65%	57%	57%	53%
Zona PO PT	UF	PO-Roma	71%	69%	72%	67%
	UT	PO-Ferrucci	70%	64%	71%	64%
	SF	PT-Montale	74%	75%	74%	72%
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	70%	68%	68%	68%
	UF	GR-URSS	65%	59%	59%	56%
Zona costiera	UF	LI-Cappiello	61%	56%	53%	53%
	UT	LI-Carducci	60%	54%	57%	57%
	UT	MS-Marina Vecchia	-	64%	62%	60%
	UF	LU-Viareggio	67%	62%	62%	64%
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Capannori	76%	72%	74%	73%
	UF	PI-Passi	68%	64%	64%	62%
	UT	PI-Borghetto	-	67%	67%	62%
Zona collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	65%	67%	63%	62%

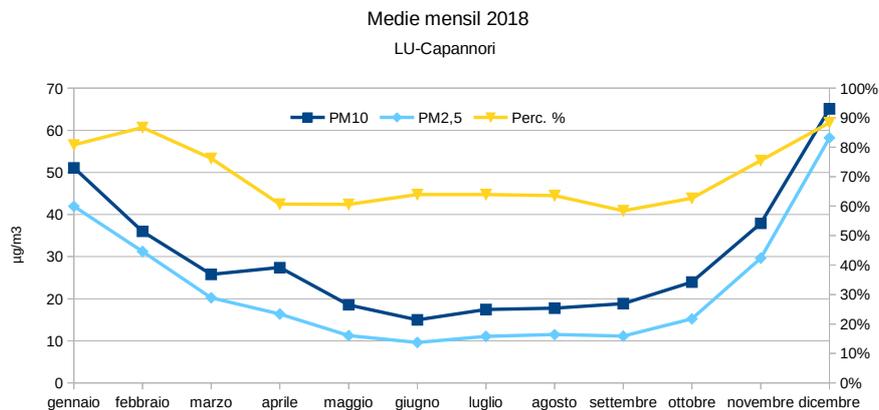
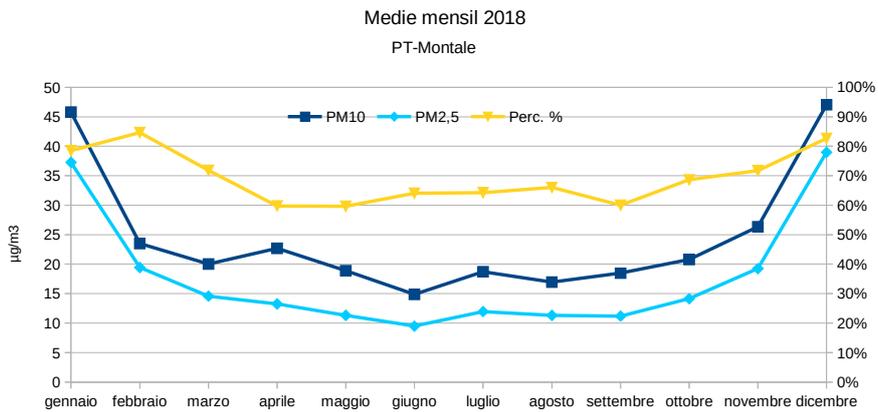
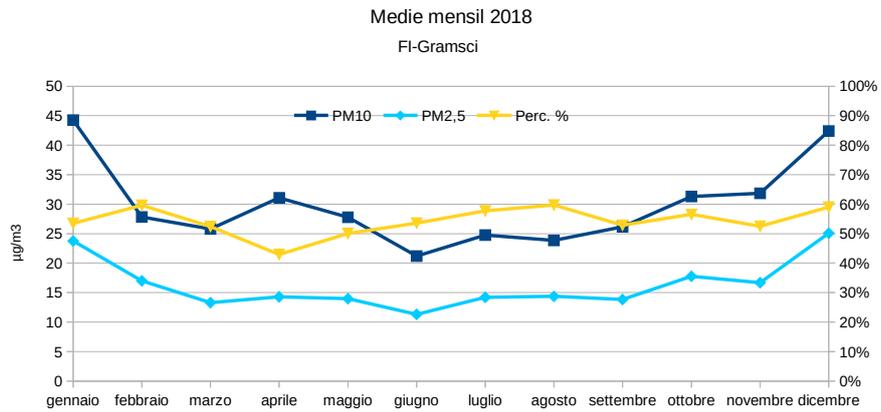
Grafico 4.2.3. - PM2,5 - Confronto frazioni PM2,5 nel PM10 ultimi 4 anni



Dallo studio delle percentuali si nota che negli anni c'è stata la tendenza alla diminuzione della frazione PM2,5 nel PM10.

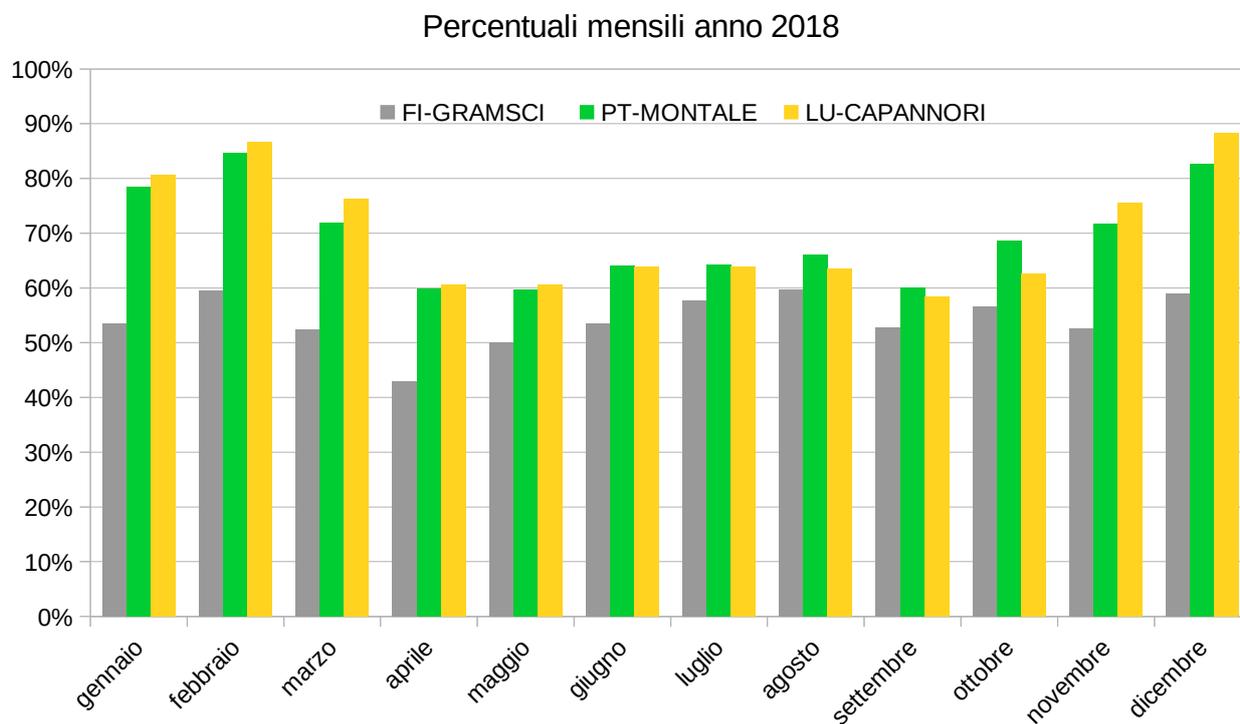
Sono di seguito riportati gli andamenti delle medie mensili di PM10, PM2,5 e del loro rapporto per le stazioni più significative: FI-Gramsci rappresentativa delle stazioni di traffico e PT-Montale e LU-Capannori per le stazioni di fondo.

Grafici 4.2.4. - Andamento medie mensili di PM10 e PM2,5 nel 2018



Si nota che, per la stazione di traffico, la percentuale di PM2,5 nel PM10 non varia significativamente nell'arco dell'anno mentre per le due stazioni di fondo, la percentuale di PM2,5 cresce in modo più significativo nei mesi invernali rispetto al periodo estivo.

Grafico 4.2.5. - Confronto della variazione della percentuale di frazione PM2,5 nel PM10 nelle stazioni di traffico e di fondo



ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2018)

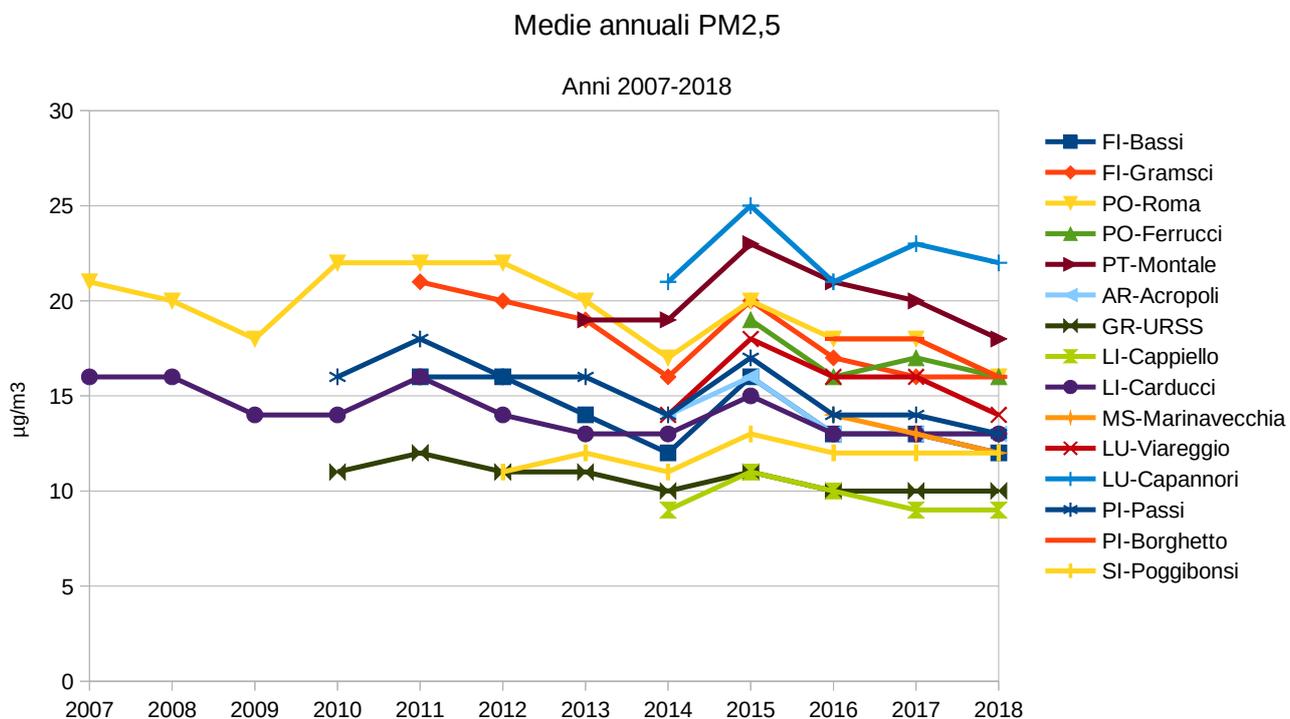
Si riportano di seguito le tabelle ed i grafici relativi agli andamenti delle medie annuali di PM_{2,5} dal 2007 al 2018 per ogni stazione di Rete regionale.

Tabella 4.2.4. - PM_{2,5} Medie annuali - Andamenti 2007-2018 per le stazioni di Rete regionale

Zona	Tipo	Stazione	Medie annuali in µg/m ³											
			V.L. = 25 µg/m ³											
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Bassi	-	-	-	*	16	16	14	12	16	13	13	12
	UT	FI-Gramsci	-	-	-	*	21	20	19	16	20	17	16	16
Zona PO PT	UF	PO-Roma	21	20	18	22	22	22	20	17	20	18	18	16
	UT	PO-Ferrucci	-	-	-	-	-	-	-	*	19	16	17	16
	SF	PT-Montale	-	-	-	-	-	-	19	19	23	21	20	18
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	*	14	16	13	13	13
Zona costiera	UF	GR-URSS	-	-	-	11	12	11	11	10	11	10	10	10
	UF	LI-Cappiello	-	-	-	-	-	-	-	9	11	10	9	9
	UT	LI-Carducci	16	16	14	14	16	14	13	13	15	13	13	13
	UT	MS-Marina Vecchia	-	-	-	-	-	-	-	-	*	14	13	12
	UF	LU-Viareggio	-	-	-	-	-	-	-	14	18	16	16	14
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Capannori	-	-	-	-	-	-	-	21	25	21	23	22
	UF	PI-Passi	-	-	-	16	18	16	16	14	17	14	14	13
	UT	PI-Borghetto	-	-	-	-	-	-	-	-	*	18	18	16
Zona collinare e montana	UF	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 di valori medi molto inferiori al limite del D.lgs 155/2010 per quasi tutte le stazioni di tipo traffico e fondo.

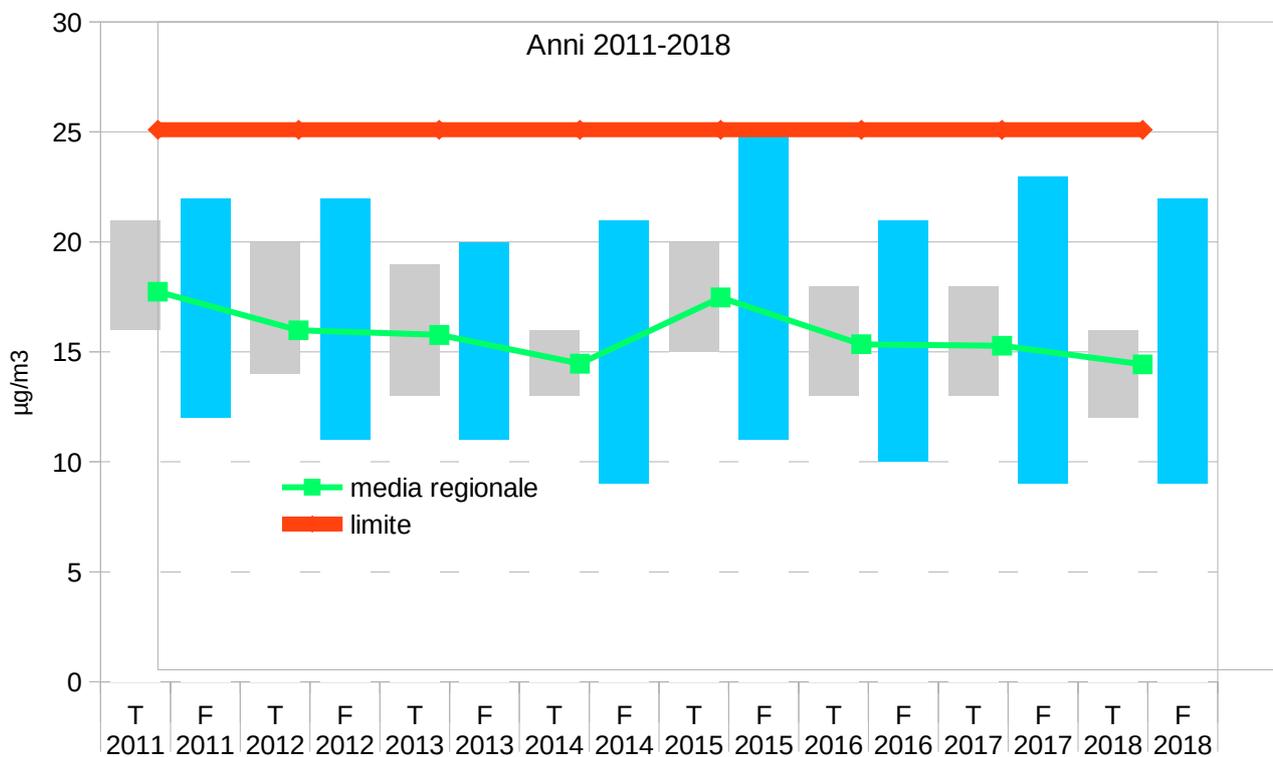
Grafico 4.2.6. - PM_{2,5} - Medie annuali - Andamenti 2007-2018 per le stazioni di Rete regionale



Si può inoltre notare che i valori medi di PM_{2,5} registrati nel 2018 sono stati i valori più bassi degli ultimi 12 anni.

Grafico 4.2.7. - PM2.5 – Andamenti del massimo e del minimo delle medie annuali dal 2011 al 2018 per tipologia di stazione.

Medie massime e minime per tipologia di stazione



Fondo range max-min
 Traffico range max-min

4.3. NO₂ e No_x

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2018 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.

Come si evince dagli indicatori in tabella il limite di 18 superamenti massimi della media oraria di 200 µg/m³ è stato rispettato in tutte le stazioni, non essendosi verificato alcun episodio in nessuna stazione di RR.

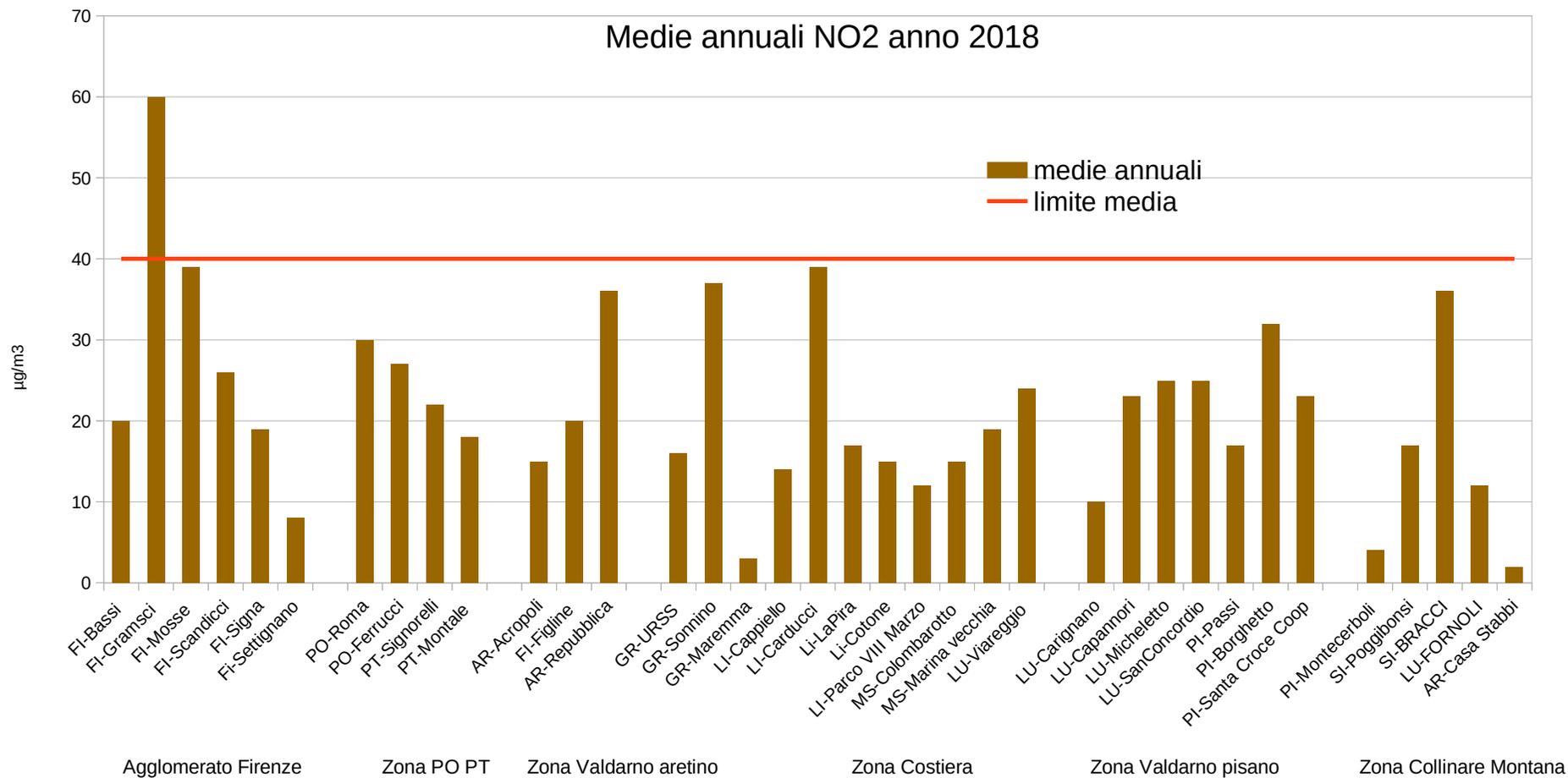
Il limite sulla media annuale è stato invece superato in una sola stazione, la stazione di traffico di FI-Gramsci presso la quale la media annuale è stato di 60 µg/m³, pari dunque a 150 % del limite di legge.

Per questo inquinante, come atteso i valori medi registrati presso i siti di traffico sono stati nettamente maggiori dei valori del fondo, con media complessiva superiore al doppio di quella delle stazioni di fondo.

Tabella 4.3.1. - NO₂ - Elaborazioni relative alle stazioni di Rete regionale anno 2018

Zona	Class Zona e 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	20	40
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	0		60	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	0		39	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	0		26	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	0		19	
	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	0		8	
Zona Prato e Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0		30	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	0		27	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	0		22	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	0		18	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0		15	
	UF	FI	Figline-Incisa Valdarno	FI-Figline	0		20	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	0		36	
Zona Costiera	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	0		3	
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0		16	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	0		37	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		14	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	0		39	
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0	17		
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0	15		
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0	12		
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	0	15		
	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	0	19		
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	0	24		
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	0	23		
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	0	25		
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	0	25		
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	0	10		
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	0	17		
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	0	32		
Zona collinare e montana	SF	PI	S. Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	0	23		
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0	17		
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	0	36		
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	0	12		
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0	4		
R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0	2			
Media annuale complessiva Rete Regionale (µg/m ³)							22	
Media annuale stazioni di tipo fondo urbano e suburbano (µg/m ³)							16	
Media annuale stazioni di tipo traffico urbano (µg/m ³)							35	

Grafico 4.3.1. - Biossido di azoto- medie annuali 2018

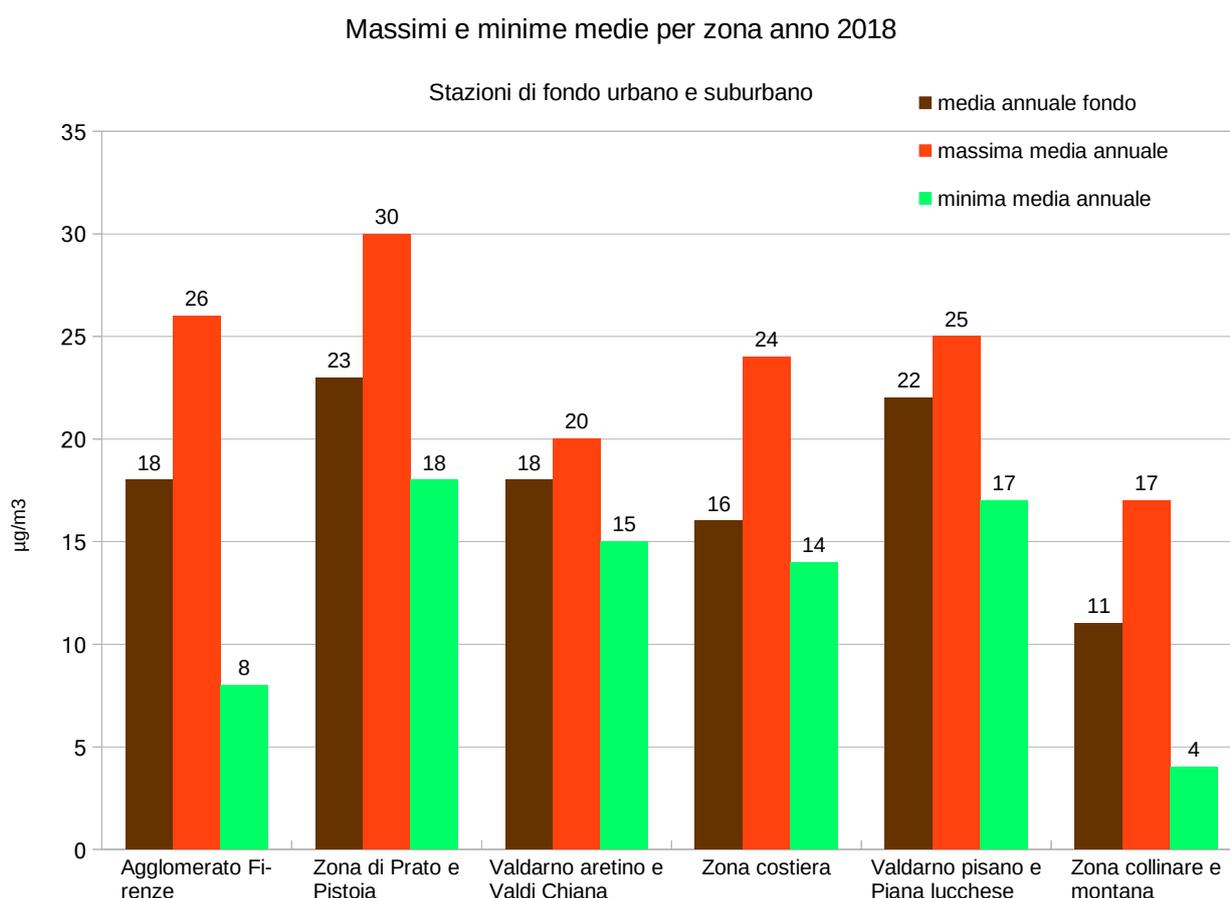


Analizzando le medie annuali 2018 delle stazioni di fondo zona per zona, esclusi i siti rurali, si ottiene che:

- il fondo medio di NO₂ più elevato è stato registrato nella zona di PO e PT con media pari a 23 µg/m³, segue la zona di PI LU con media pari a 22 µg/m³;
- nell'Agglomerato di Firenze il fondo medio è stato pari a 18 µg/m³, come anche nella zona di Arezzo mentre nella zona costiera è stato pari a 16 µg/m³;
- il fondo medio più basso è stato quello dalla zona collinare e montana, pari a 11 µg/m³.

Il grafico seguente mostra le variazioni delle medie annuali di biossido di azoto all'interno di ciascuna zona.

Grafico 4.3.2. - NO₂- Medie annuali delle stazioni di fondo anno 2018, per Zona



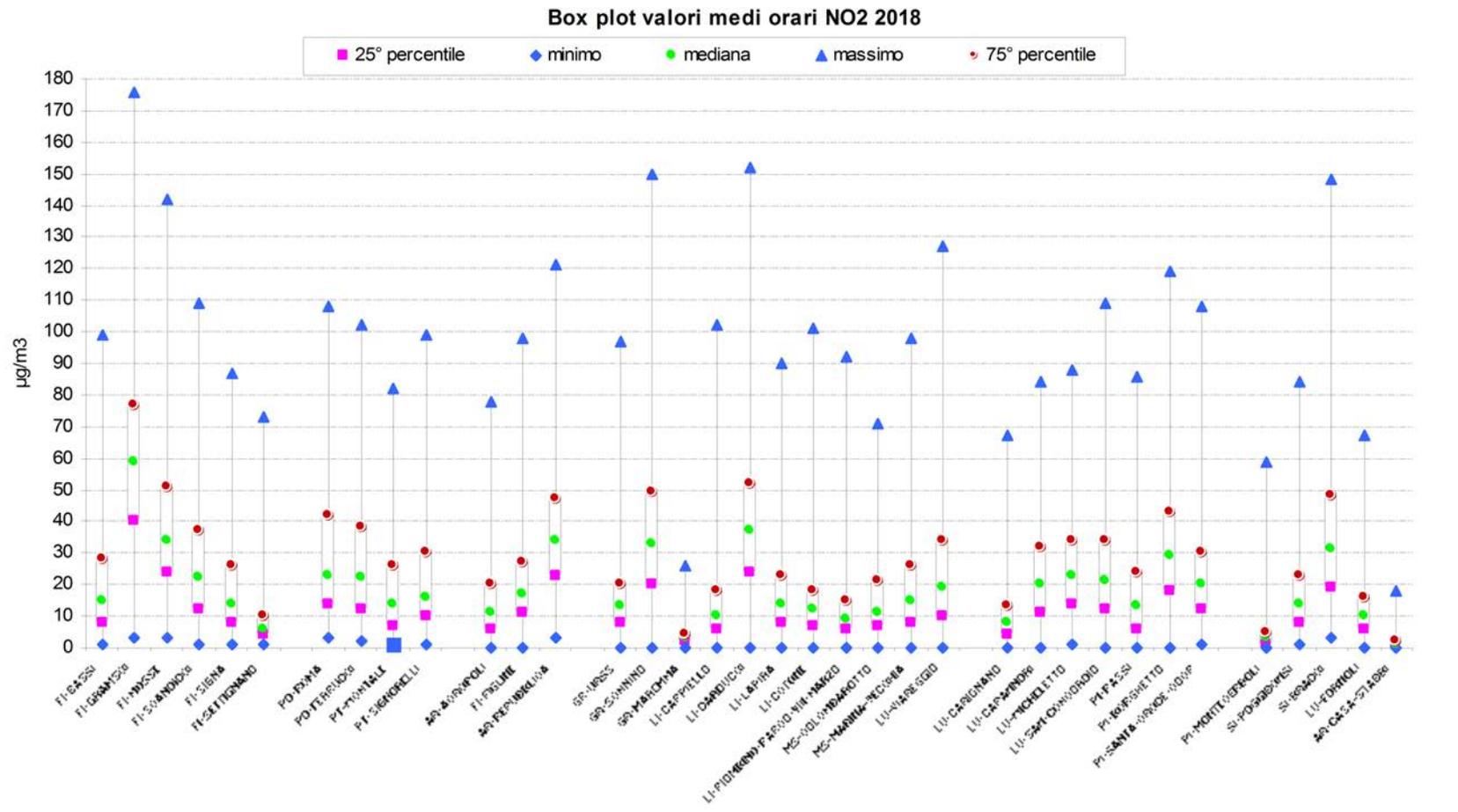
E' stato elaborato il grafico box plot ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) sulle concentrazioni medie orarie di NO₂ per le stazioni di rete regionale con l'obiettivo di dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati.

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 PM2,5.

La barra rettangolare che rappresenta il range dal 25° al 75° percentile e che quindi racchiude il 50 % dei valori dei valori orari dell'anno varia significativamente con ampiezza generalmente maggiore nelle stazioni di traffico.

I baffi ai due lati della barra rappresentano il campo di variazione dei valori orari nell'arco dell'anno. Entrambi i baffi sono più ampi nelle stazioni di tipo traffico 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 [µg/m³]



Come si può notare dal grafico i primi tre quartili di dati orari sono formati da valori compresi tra zero e 30 µg/m³ le per le stazioni di fondo e da valori compresi tra zero e 50 µg/m³ le per le stazioni di traffico (fa eccezione soltanto FI-Gramsci con 75° percentile pari a 77 µg/m³). Il quarto quartile, si distingue per raggiungere valori elevati per le stazioni di traffico.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2018)

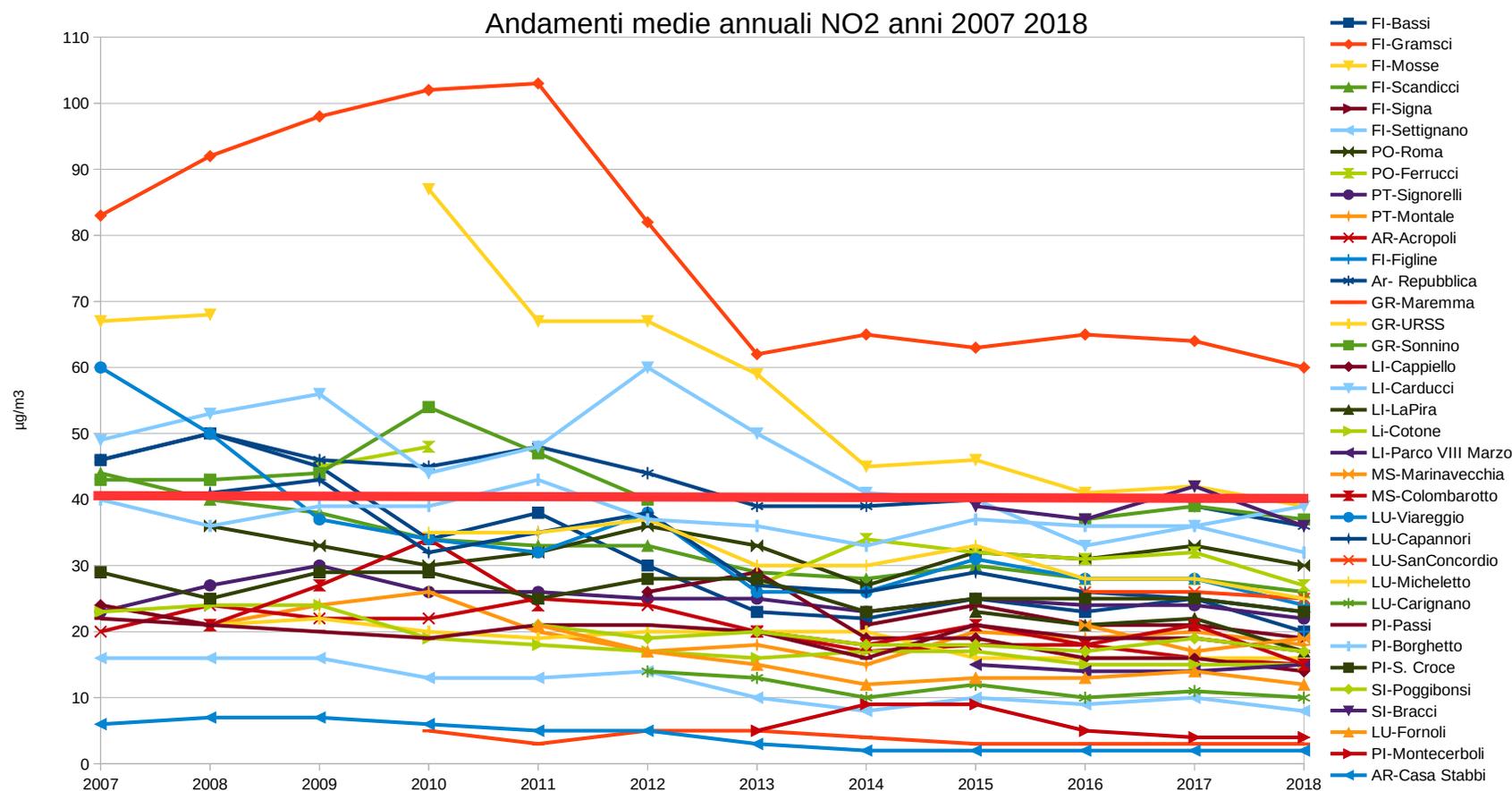
Tabella 4.3.2. - Biossido di azoto – Medie annuali - Andamenti 2007-2018 per le stazioni di Rete regionale

Zona	Class	Prov	Comune	Nome stazione	Medie annuali in µg/m ³												Nome stazione	
					V.L. = 40 µg/m ³													
					2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		
Agglom. Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	46	50	45	34	38	30	23	22	25	23	25	20	FI-Bassi	
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	83	92	98	102	103	82	62	65	63	65	64	60	FI-Gramsci	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	67	68*		87	67	67	59	45	46	41	42	39	FI-Mosse	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	44	40	38	34	33	33	29	28	30	28	28	26	FI-Scandicci	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	-	-	-	-	21	24	21	19	FI-Signa	
	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	16	16	16	13	13	14	10	8	10	9	10	8	FI-Settignano	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	-	36	33	30	32	36	33	27	32	31	33	30	PO-Roma	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	*	*	45	48*	*		27	34	32	31	32	27	PO-Ferrucci	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	23	27	30	26	26	25	25	23	25	24	24	22	PT-Signorelli	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	24	21	24	26	20	17	18	15	20	19	20	18	PT-Montale	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	20	24	22	22	25	24	20	17	18	18	16	15	AR-Acropoli	
	UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	20	FI-Figline	
Zona costiera	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	46	50	46	45	48	44	39	39	40	35*	39	36	Ar- Repubblica	
	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	-	-	-	5	3	5	4	3	3	3	3	3	GR-Maremma	
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	*	21	22	20	19	20	20	20	16	16	16	16	GR-URSS	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	43	43	44	54	47	40	-	-	-	37	39	37	GR-Sonnino	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	24	21*	-	*		26	29	19	19	16	16	14	LI-Cappiello	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	49	53	56	44	48	60	50	41	40	33	36	39	LI-Carducci	
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	-	-	*		23	21	22	17	LI-LaPira	
	SI	LI	Piombino	Li-Cotone	23	24	24	19	18	17	16	17	17	15	15	15	Li-Cotone	
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	-	-	-	*		15	14	14	12	LI-Parco VIII Marzo
	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	-	-	-	-	-	-	-	*		21	17	19	MS-Marinavecchia	
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	-	21	27	34	24*		20	18	21	18	21	15	MS-Colombarotto	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	60	50	37	34	32	38	26	26	31	28	28	24	LU-Viareggio	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	*	41	43	32	35	38	27	26	29	26	25	23	LU-Capannori	
	UF	LU	Lucca	LU-SanConcordio	-	-	-	-	-	-	-	*		26	26	25	LU-SanConcordio	
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	-	-	-	35	35	37	30	30	33	28	28	25	LU-Micheletto	
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	-	-	-	-	*	14	13	10	12	10	11	10	LU-Carignano	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	22	21	20	19	21	21	20	16	21	19	19	17	PI-Passi	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	40	36	39	39	43	37	36	33	37	36	36	32	PI-Borghetto	
Zona Collinare e montana	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-S. Croce	29	25	29	29	25	28	28	23	25	25	23	23	PI-S. Croce	
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	21	19	20	18	18	17	19	17	SI-Poggibonsi	
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	-	-	*		39	37	42	36	SI-Bracci	
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	-	-	*		21	17	15	12	13	13	14	12	LU-Fornoli	
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	-	-	-	-	*		5	9	9	5	4	4	PI-Montecerboli	
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	6	7	7	6	5	5	3	2	2	2	2	2	AR-Casa Stabbi	

* efficienza minore del 90% , - parametro non attivo

Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti delle medie annuali di NO₂ dal 2007 al 2018 per ogni stazione di Rete regionale. Come mostra chiaramente il grafico, il trend delle medie annuali di biossido di azoto degli ultimi anni tende alla diminuzione, il numero di stazioni che ha superato il valore limite per la media annuale è diminuito nel corso degli anni e nel 2018 è rimasta soltanto una criticità.

Grafico 4.3.4. - Biossido di azoto – Medie annuali - Andamenti 2007-2018 per le stazioni di rete regionale.



Mappa 4.3.1. - Biossido di azoto: mappa andamento valori medi annuali e confronto con il limite normativo per le stazioni di traffico

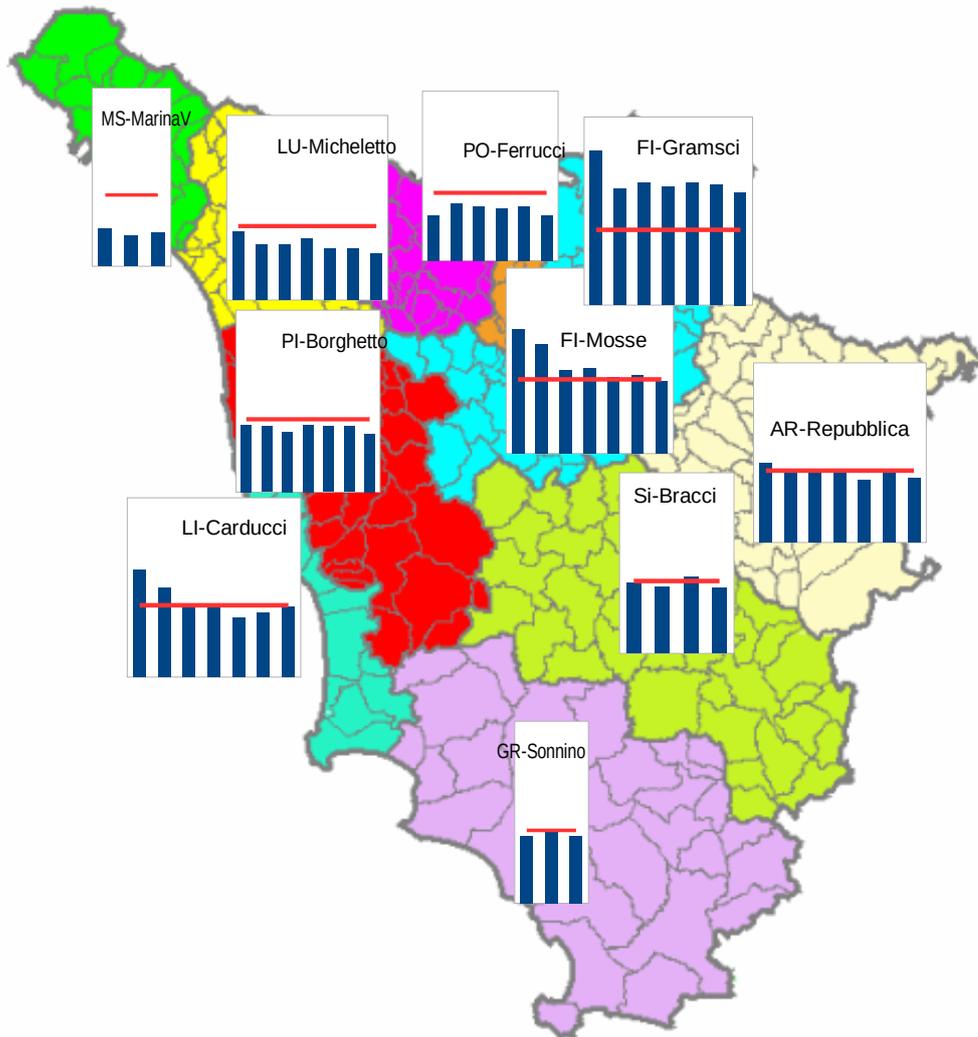
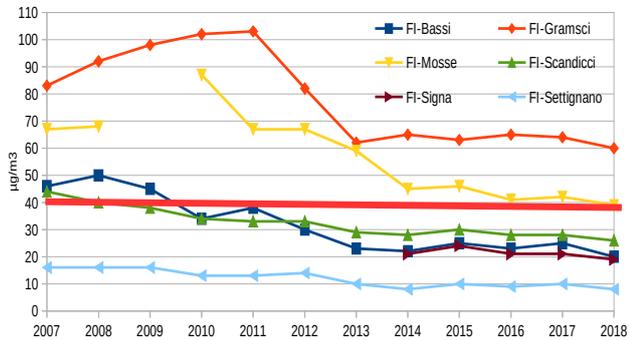
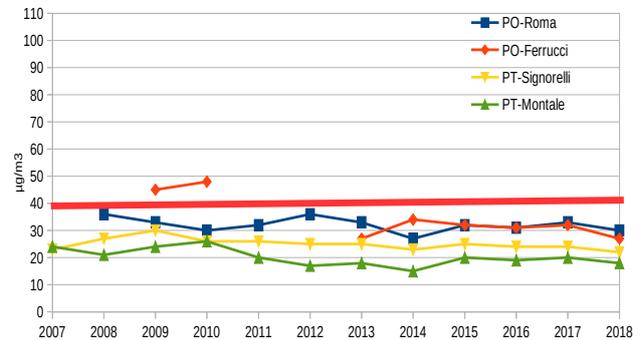


Grafico 4.3.4 bis. - Biossido di azoto – Medie annuali - Andamenti 2007-2018 per le stazioni di Rete regionale per zona

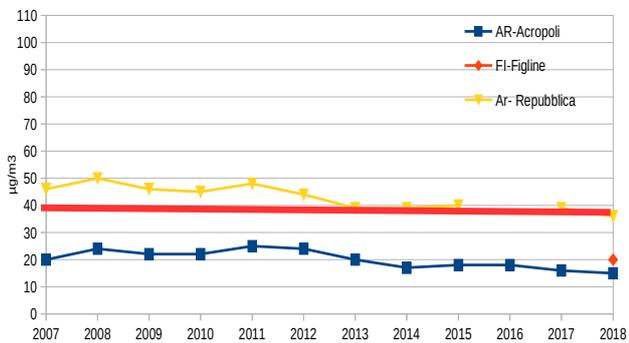
Andamenti medie annuali NO2 anni 2007 2018
Agglomerato Firenze



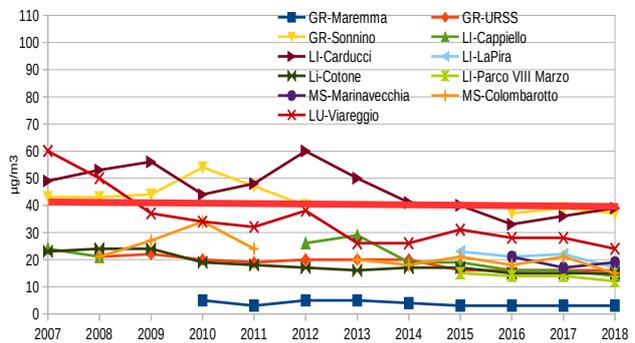
Andamenti medie annuali NO2 anni 2007 2018
Zona Prato e Pistoia



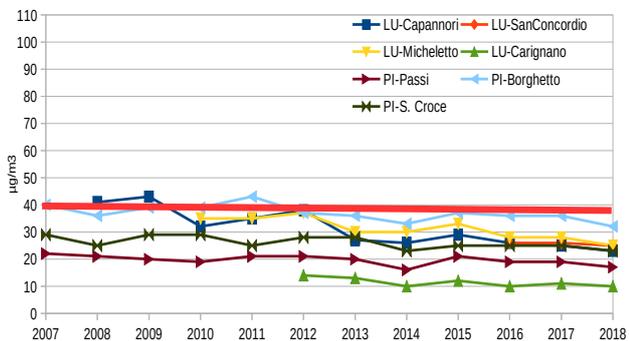
Andamenti medie annuali NO2 anni 2007 2018
Zona Valdarno aretino e Valdichiana



Andamenti medie annuali NO2 anni 2007 2018
Zona Costiera



Andamenti medie annuali NO2 anni 2007 2018
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese



Andamenti medie annuali NO2 anni 2007 2018
Zona collinare e montana

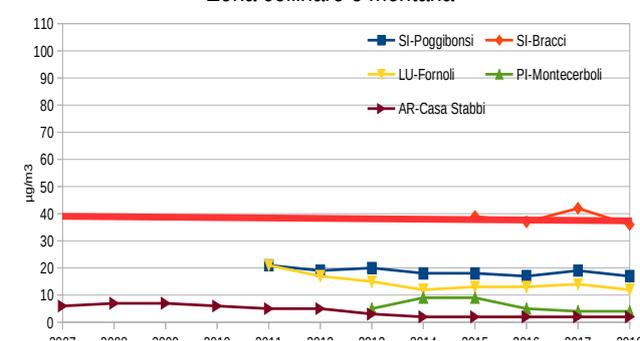
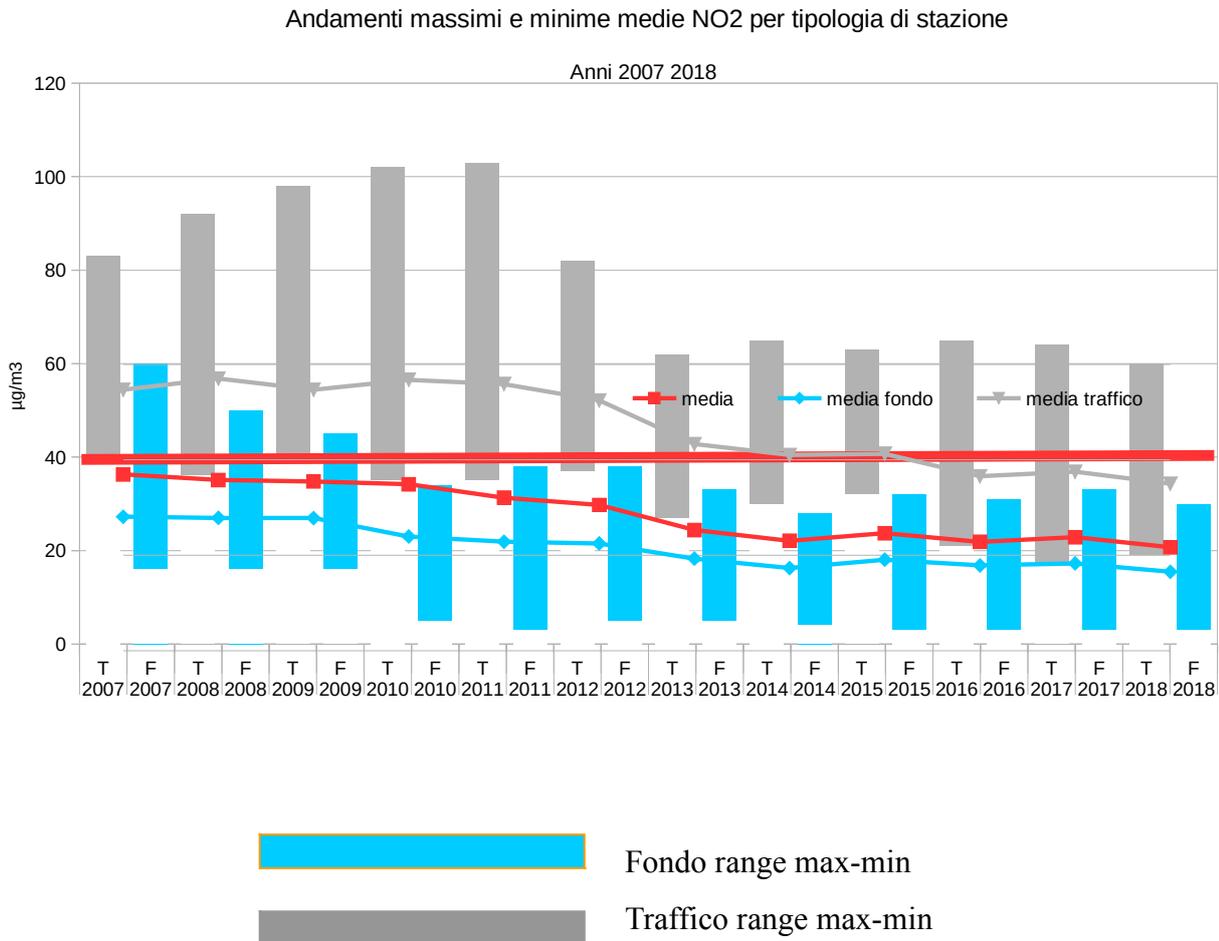


Grafico 4.3.5. - Biossido di azoto – Andamenti della concentrazione media annuale dal 2007 al 2018 per tipologia di stazione.



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 celesti) 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. - NO_x - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2018.

Zona	Class. Zona	Class. Stazione	Prov.	Comune	Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	Valore limite (µg/m ³)
Zona collinare e montana	R reg	F	AR	Chitignano	AR Casa Stabbi	2	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. Nell'anno 2018 il valore massimo orario che è stato raggiunto è stato pari a 24 µg/m³.

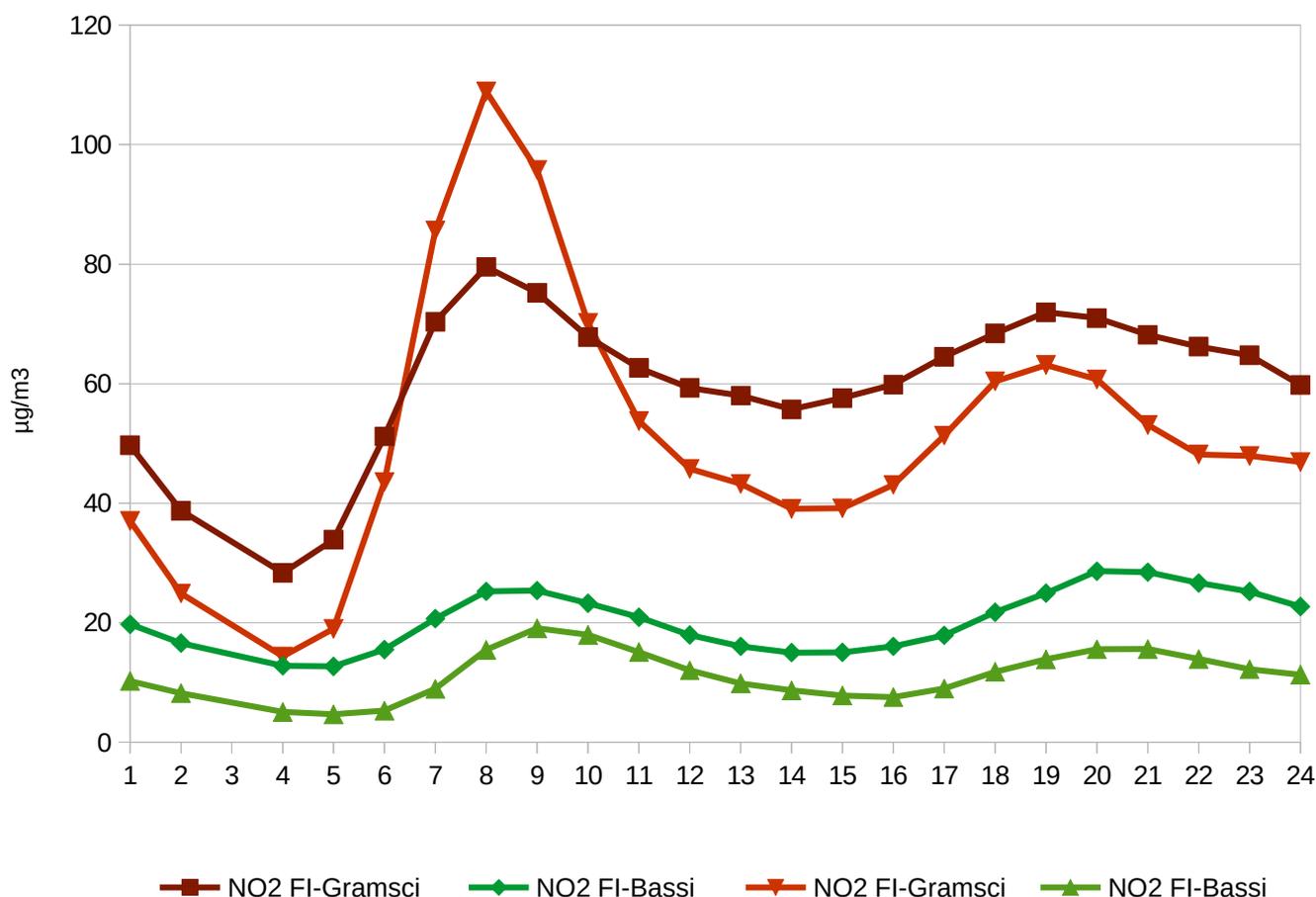
4.3.1. Giorno tipo ossidi di azoto stazioni di traffico e stazioni di fondo.

Sono state fatte le elaborazioni relative al "giorno tipo" per due stazioni di monitoraggio di biossido di azoto del comune di Firenze: FI-Gramsci rappresentativa del traffico urbano e FI-Bassi rappresentativa del fondo urbano.

Il giorno tipo rappresenta il giorno medio standard di un determinato sito, essendo costruito sulle medie orarie di ciascuna ora del giorno, prendendo tutti i giorni dell'anno. Esso mostra l'andamento degli inquinanti durante l'arco della giornata dalle ore 1 alle ore 24.

Grafico 4.3.1.1. - Giorno tipo ossidi di azoto stazioni di traffico e stazioni di fondo del comune di Firenze , anno 2018

Giorno tipo stazioni di traffico e di fondo del comune di Firenze Andamento Ossidi di azoto



Dall'osservazione del grafico si riportano le seguenti considerazioni:

Stazione di traffico (linee rosso bruno):

- Nel profilo del giorno tipo, NO₂ e NO seguono lo stesso andamento ma il grafico relativo al NO presenta variazioni di concentrazioni più accentuate con massime e minime medie orarie rispettivamente più alte e più basse rispetto al NO₂;
- Nelle prime ore della mattina si ha un calo delle concentrazioni degli ossidi di azoto che diminuiscono gradualmente fino alle ore 4;
- alle ore 4 si verifica il picco minimo del giorno con concentrazione media minima giornaliera pari rispettivamente a 28 µg/m³ di NO₂ ed a 14 µg/m³ di NO;
- dalle ore 4 in poi si crea un fenomeno di accumulo di NO₂ e di NO che produce un incremento delle loro concentrazioni fino alle ore 8;
- alle ore 8 si verificano le massime concentrazioni medie orarie giornaliere di NO₂ e di NO che sono rispettivamente pari a 80 ed a 109 µg/m³;
- successivamente al picco delle 8, si verifica un fenomeno di dispersione di entrambi gli inquinanti le cui concentrazioni decrescono fino alle ore 14;
- alle ore 14 si verificano i picchi minimi pomeridiani con concentrazioni di NO₂ pari a 56 µg/m³ e di NO pari a 39 µg/m³;
- dopo le ore 14 si verifica nuovamente un fenomeno di accumulo molto meno marcato di quello della mattina che fa crescere le concentrazioni di ora in ora fino alle ore 19;
- alle ore 19 si ha il secondo picco della giornata, con le concentrazioni medie orarie di NO₂ e di NO pari rispettivamente pari a 72 ed a 63 µg/m³;
- successivamente al picco serale le concentrazioni cominciano a decrescere fino alle 4 del giorno successivo.

Stazione di fondo (linee verdi):

- Le concentrazioni di NO₂ e NO hanno lo stesso andamento giornaliero, con valori medi di concentrazione di NO costantemente inferiori a quelli di NO₂ di circa 8-10 µg/m³;
- Nelle prime ore della mattina si ha un calo delle concentrazioni degli ossidi di azoto che diminuiscono gradualmente fino alle ore 5;
- alle ore 5 (in ritardo di un'ora rispetto al sito di traffico) si verifica il picco minimo del giorno con concentrazione media minima giornaliera pari rispettivamente a 13 µg/m³ di NO₂ ed a 5 µg/m³ di NO;
- dalle ore 5 in poi si crea un fenomeno di accumulo di NO₂ e di NO che produce un incremento delle loro concentrazioni fino alle ore 9;
- alle ore 9 (in ritardo di un'ora rispetto al sito di traffico) si verifica il picco della mattina che per NO coincide con la massima concentrazione media oraria giornaliera pari a 19 µg/m³, mentre per NO₂ è pari a 25 µg/m³;
- successivamente al picco delle 9, si verifica un fenomeno di dispersione di entrambi gli inquinanti le cui concentrazioni decrescono gradualmente;
- alle ore 14 si verifica il picco minimo pomeridiano di NO₂ con concentrazione pari a 14 µg/m³;

- la concentrazione minima pomeridiana di NO si verifica in ritardo rispetto al NO₂ , raggiungendo alle ore 16 la concentrazione di 8 µg/m³;
- dopo avere toccato i minimi livelli orari medi pomeridiani, si verifica nuovamente un leggero fenomeno di accumulo che porta all'aumento delle concentrazioni fino alle ore 20;
- alle ore 20 (in ritardo di un'ora rispetto al sito di traffico) si verifica il picco del pomeriggio che per NO₂ coincide con la massima concentrazione media oraria giornaliera pari a 29 µg/m³ , mentre per NO è pari a 16 µg/m³;
- successivamente al picco serale le concentrazioni cominciano a decrescere fino alle 5 del giorno successivo.

4.4. Ozono

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

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

- superamenti della soglia di informazione pari alla media oraria di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- superamenti della soglia di allarme pari alla media oraria di $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 4.4.1. - O_3 - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2018.

Zona	Class.	Prov.	Comune	Stazione	N° medie su 8 ore massime giornaliere $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$		AOT40 Maggio/Luglio	
					2018	Media 2016-2018	2018	Media 2014-2018
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	45	52	25590	29172
	U	FI	Signa	FI-Signa	42	50	26649	27796
Zona pianure interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropolli	20	22	18686	21266
	S	PT	Montale	PT-Montale	27	44	21209	26358
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	44	41	27064	27123
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	62	51	27070	25569
	S	PI	Pisa	PI-Passi	10	7	13495	11129
	S	PI	S. Croce sull'Arno	PI-Santacroce	5	2	9262	8429
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	23	25	18205	20844
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	33	26	23429	22045

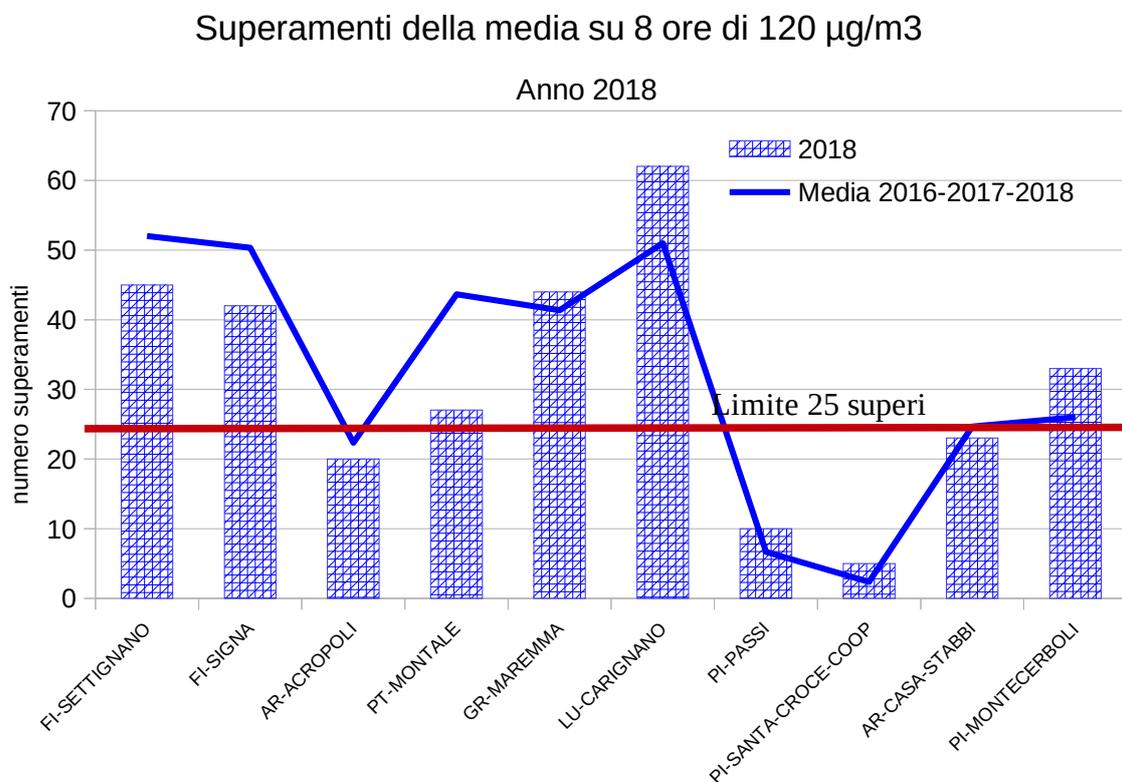
Il parametro Ozono presenta una situazione critica per quanto riguarda entrambi gli indicatori, il valore obiettivo per la protezione della popolazione e il valore obiettivo per la protezione della vegetazione, in gran parte del territorio della Regione Toscana.

Nel 2018 tuttavia non si è verificato alcun superamento delle soglie di attenzione e di allarme (media oraria di ozono pari rispettivamente a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nel 2018 si è confermata la criticità della situazione relativa all'ozono infatti il valore obiettivo per la protezione della popolazione, (numero di superamenti/anno del valore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ riferito alla media mobile di 8 ore, espresso come media negli ultimi tre anni – giorni di superamento ammessi dalla normativa = 25), è stato superato in 6 stazioni su 10 ed è stato raggiunto presso un sito.

La situazione si è confermata critica in particolare per le zone interne toscane, ma i superamenti si sono verificati in tutte le zone della regione.

Grafico 4.4.1. - O₃ - Indicatori di ozono 2018: Obiettivo per la protezione della salute umana

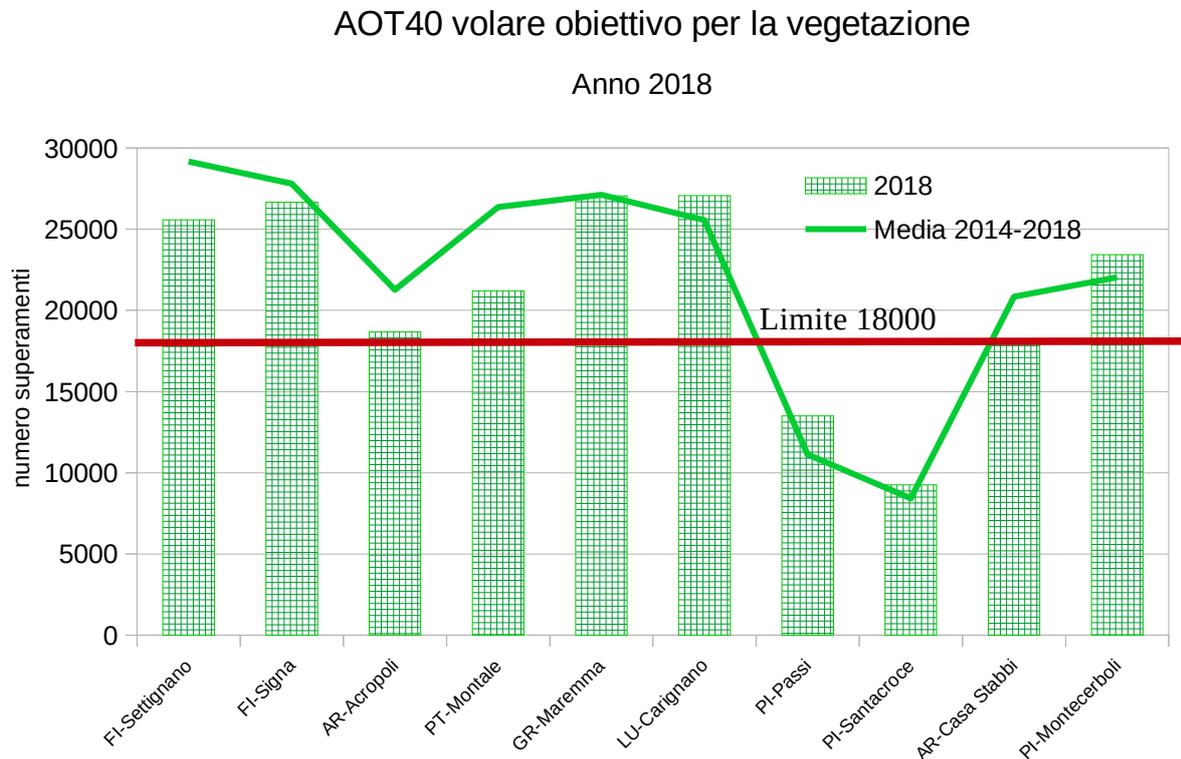


Nel 2018 in 6 stazioni su 10 si sono verificati più di 25 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana, indicato dal D.lgs 155/2010 come media trascinata giornaliera di 8 ore di 120 µg/m³, da non superarsi per più di 25 volte nell'anno come media degli ultimi tre anni.

L'indicatore calcolato come media dei superamenti avvenuti negli ultimi tre anni è superiore nel 70 % delle stazioni.

La situazione è critica in tutte le zone toscane: Agglomerato di Firenze, Zona della Pianure Interne, Zona delle Pianure Costiere e Zona Collinare e Montana.

Grafico 4.4.2. - O₃ - Indicatori di ozono 2018: Obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40



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

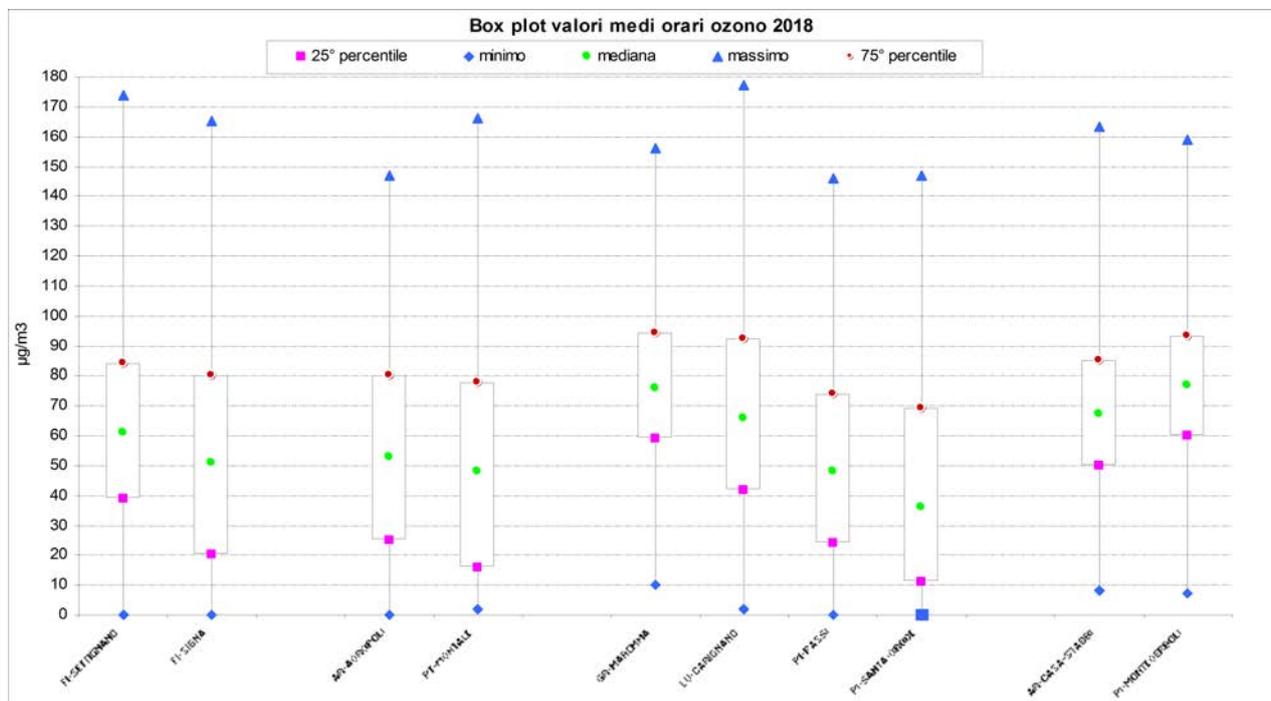
L'OMS per O₃ indica:

- 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 2018 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 2018.



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 che comprende i valori del secondo e terzo quartile e racchiude il range del 50% delle concentrazioni medie orarie registrate nell'arco dell'anno, 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 (2007-2018)

Si riportano in tabella i trend degli indicatori di Ozono calcolati dal 2007 al 2018.

Tabella 4.4.2. - O₃ – Valore obiettivo per la protezione della salute umana -
Andamenti 2007-2018 - N° superamenti per le stazioni di Rete regionale.

				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									
Zona	Class.	Prov.	Stazione	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	Media 2016-2018
Agglomerato di Firenze	S	FI	FI-Settignano	59	42	41	43	43	36	42	48	63	52
	U	FI	FI-Signa	-	-	-	-	-	-	38	40	56	50
Zona pianure interne	S	AR	AR-Acropoli	52	60	58	47	33	22	35	44	59	22
	S	PT	PT-Montale	16	11	8	32	37	30	25	24	30	44
Zona pianure costiere	R	GR	GR-Maremma	5	12	13	25	26	28	29	36	41	41
	S	LU	LU-Carignano	38	24	30	36	43	34	40	38	48	51
	S	PI	PI-Passi	14	12	9	9	16	13	15	5	7	7
	S	PI	PI-Santacroce	-	-	-	-	5	4	4	2	2	2
Zona Collinare Montana	RF	AR	AR-Casa Stabbi	17	11	21	40	41	32	23	24	30	25
	S	PI	PI-Montecerboli	28	29	35	52	54	49	36	25	28	26

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. L'andamento degli indicatori calcolati sui dati di ozono dell'ultimo decennio non mostra un trend positivo o negativo ma indica un costante superamento del valore obiettivo in gran parte della regione.

Grafico 4.4.4. - O₃ - Andamenti 2007- 2018 - N° superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana

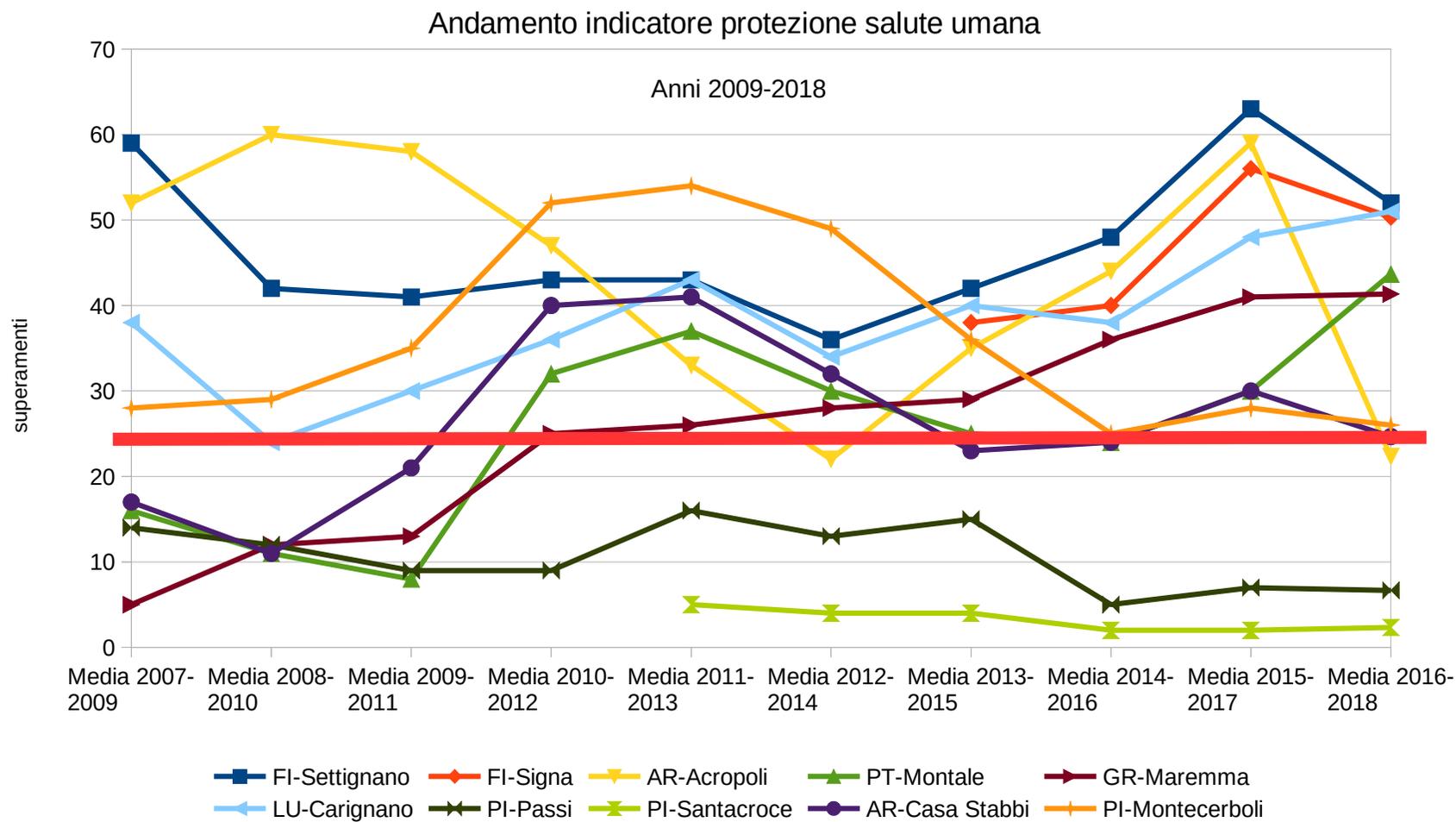
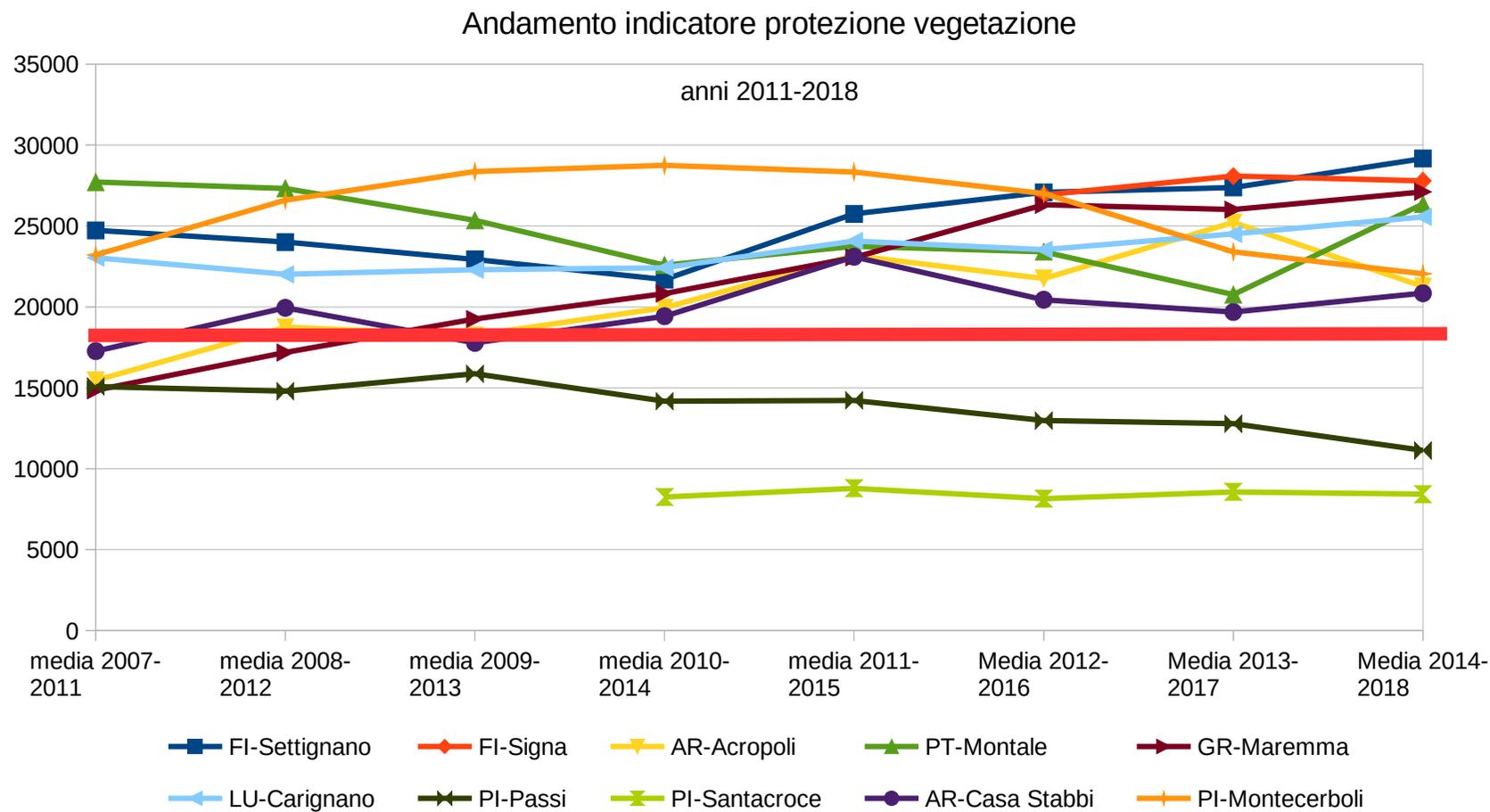


Tabella 4.4.3. - O₃ - Valore obiettivo per la protezione della vegetazione - Andamenti 2007-2018 per le stazioni di Rete regionale

				AOT40 Maggio/Luglio							
				Valore obiettivo per la protezione della vegetazione							
				18000 come media su 5 anni							
Zona	Class.	Prov.	Stazione	media 2007-2011	media 2008-2012	media 2009-2013	media 2010-2014	media 2011-2015	Media 2012-2016	Media 2013-2017	Media 2014-2018
Agglomerato Firenze	S	FI	FI-Settignano	24736	24011	22938	21693	25748	27078	27379	29172
	U	FI	FI-Signa	-	-	-	-	-	26930	28082	27796
Zona pianure interne	S	AR	AR-Acropoli	15458	18749	18252	19952	23179	21757	25215	21266
	S	PT	PT-Montale	27715	27325	25352	22585	23746	23410	20757	26358
Zona pianure costiere	R	GR	GR-Maremma	14857	17186	19254	20830	23053	26314	26020	27123
	S	LU	LU-Carignano	23044	22020	22300	22420	24075	23532	24509	25569
	S	PI	PI-Passi	15084	14792	15871	14177	14229	12978	12783	11129
	S	PI	PI-Santacroce	-	-	-	8249	8793	8153	8565	8429
Zona Collinare Montana	RF	AR	AR-Casa Stabbi	17271	19945	17784	19429	23101	20446	19687	20844
	S	PI	PI-Montecerboli	23214	26603	28371	28747	28344	27010	23404	22045

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- 2018 – 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.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/mappa_ozono_lamma).

4.5. CO

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2018 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 pari a 10 mg/m³.

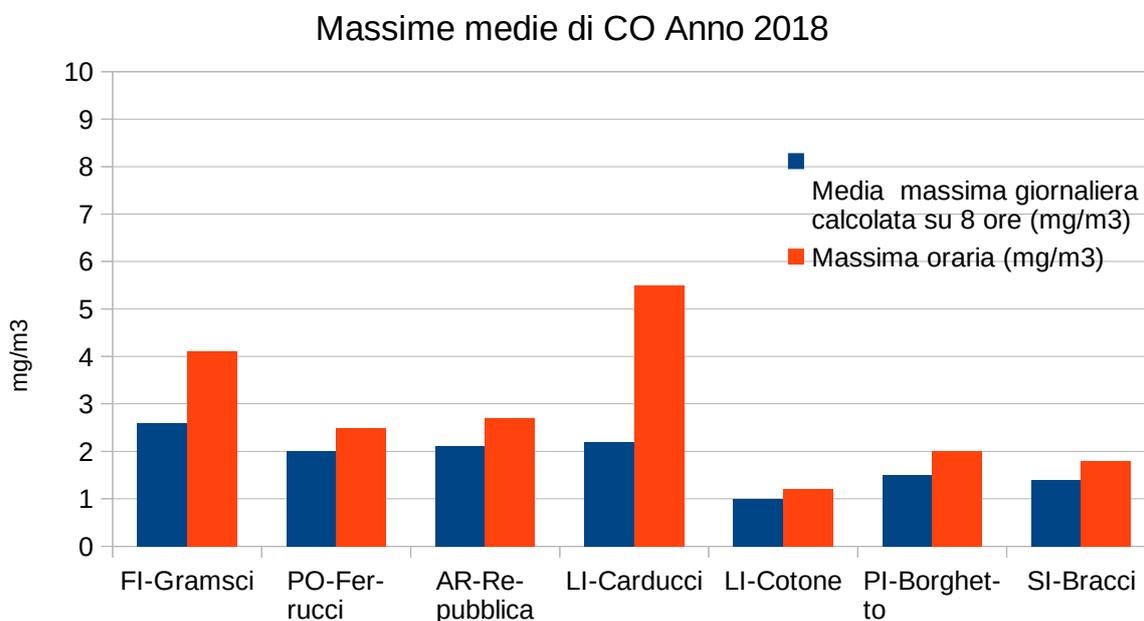
Tabella 4.5.1. - CO - Elaborazioni relative alle stazioni di Rete regionale anno 2018

Class. Zona e Stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Anno 2018			Valore limite (mg/m ³)
					Media massima su 8 ore (mg/m ³)	Data e ora max		
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	2,6	18/12/2018	20	10
Zona Prato Pistoia	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	2,0	08/01/2018	17	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	2,1	07/01/2018	23	
Zona costiera	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	2,2	18/12/2018	23	
	UI	LI	Piombino	LI-Cotone	1,0	18/01/2018	10	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	1,5	28/12/2018	1	
Zona Collinare e Montana	UT	SI	Siena	SI-Bracci	1,4	22/11/2018	24	

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 corso dell'anno.

Grafico 4.5.1. - CO - Massime orarie e medie massime giornaliere su 8 ore, 2018.



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.

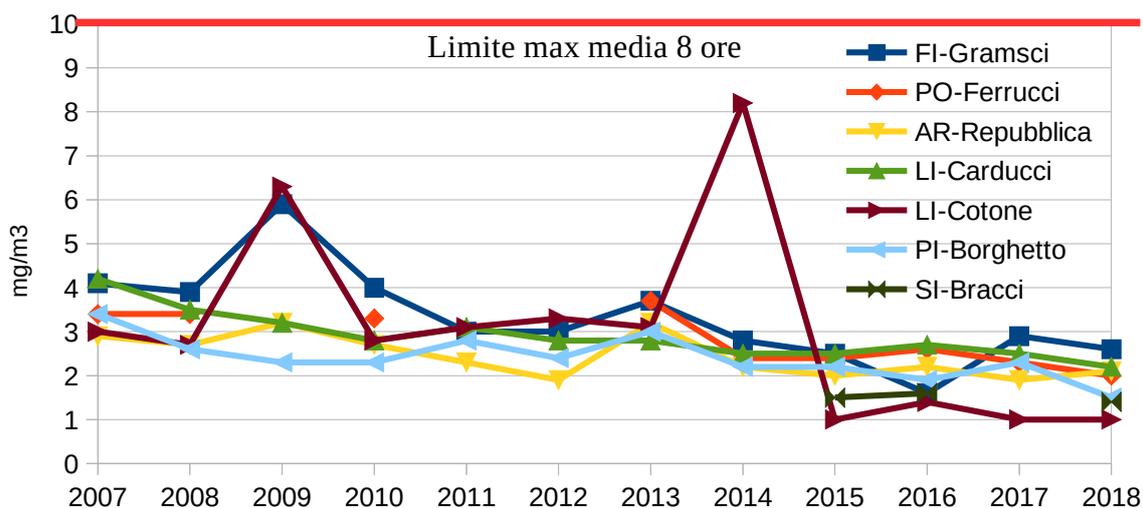
ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2018)

Tabella 4.5.2. - Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 ore - Andamenti 2007-2018

Class. Zona e Stazione	Nome stazione	Media massima giornaliera di 8 ore											V.L. (10 mg/m ³)	
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Agglomerato Firenze	UT FI-Gramsci	4,1	3,9	5,9	4,0	3,0	3,0	3,7	2,8	2,5	1,6	2,9	2,6	
Zona Prato Pistoia	UT PO-Ferrucci	3,4	3,4	*	3,3	*	*	3,7	2,4	2,4	2,6	2,3	2,0	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT AR-Repubblica	2,9	2,7	3,2	2,7	2,3	1,9	3,2	2,2	2,0	2,2	1,9	2,1	
Zona costiera	UT LI-Carducci	4,2	3,5	3,2	2,8	3,1	2,8	2,8	2,5	2,5	2,7	2,5	2,2	
	SI LI-Cotone	3,0	2,7	6,3	2,8	3,1	3,3	3,1	8,2	1,0	1,4	1,0	1,0	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT PI-Borghetto	3,4	2,6	2,3	2,3	2,8	2,4	3,0	2,2	2,2	1,9	2,3	1,5	
Zona Collinare e Montana	UT SI-Bracci			-	-	-	-	-	*	1,5	1,6	1,4	1,4	

Grafico 4.5.2. - Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 ore - Andamenti 2007-2018 per le stazioni di Rete regionale

Andamenti medie massime giornaliere 8 ore Anni 2007-2018



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.

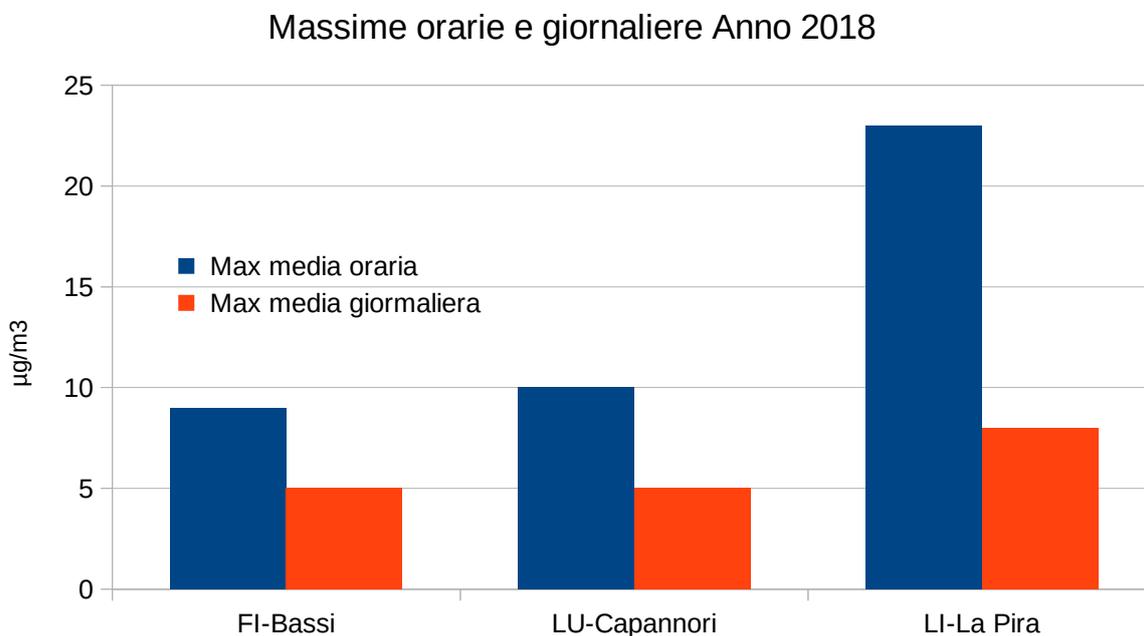
4.6. SO₂

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2018 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 2018

Classificazione Zona e stazione		Provincia Comune	Nome stazione	Indicatori Anno 2018					
				N° medie orarie > 350 µg/m ³	Valore orario massimo µg/m ³	V.L.	N° medie giornaliere > 125 µg/m ³	Valore giornaliero massimo µg/m ³	V.L.
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	0	9 (25/7/2018 alle11)	24	0	5 (8/1/2018)	3
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Capannori (LU)	LU-Capannori	0	10 (24/4/2018 alle 12)		0	5 (25/1/2018)	
Zona Costiera	UF	Livorno (LI)	LI-La Pira	0	23 (12/9/2018 alle12)		0	8 (14/7/2018)	

Grafico 4.6.1. - SO₂ – Massime giornaliere e massime orarie annuali 2018



I valori di SO₂ registrati durante il 2018 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 (2007-2018)

Tabella 4.6.2. - SO₂ – Andamenti dei valori medi annuali 2007-2018 per le stazioni di Rete regionale.

Zona	Class	Nome stazione	Media annuale µg/m ³											
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	2	2	2	1	1	2	*	3	2	2	2	2
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-Capannori	-	-	-	-	-	*	2	2	1	1	1	1
Zona Costiera	UF	LI-La Pira	-	-	-	-	-	-	-	*	4	5	3	3

I valori di SO₂ si sono mantenuti costantemente molto contenuti per tutto l'ultimo decennio senza che si siano mai verificati superamenti né del valore limite per la media giornaliera né del valore limite per la media oraria, presso nessun sito di monitoraggio.

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.

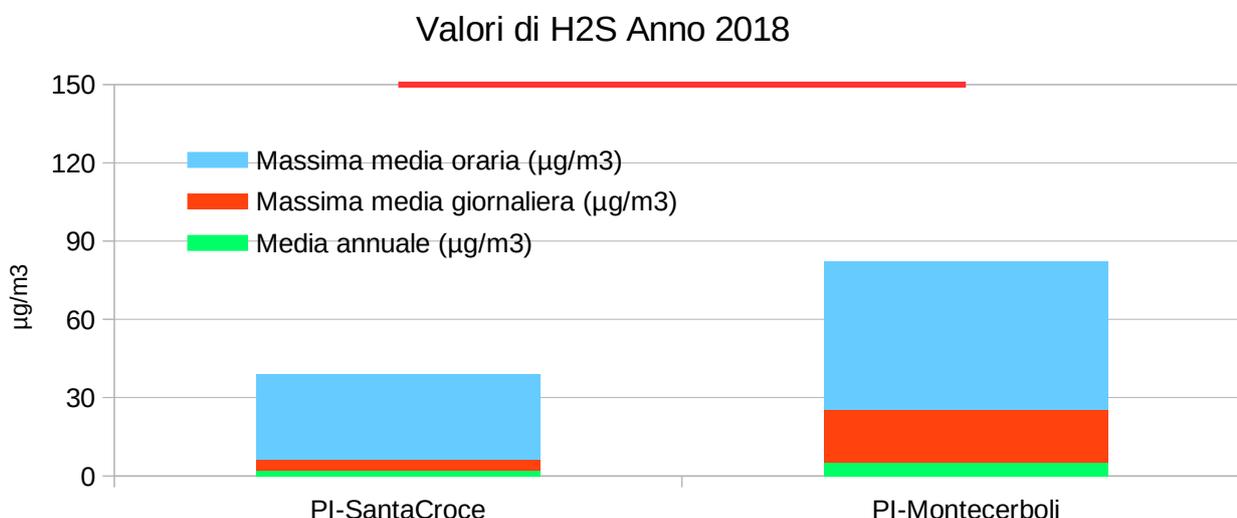
In mancanza di riferimenti normativi per l'acido solfidrico ci si riferisce unicamente al valore guida indicato dall'OMS per la protezione della salute che è pari ad una media giornaliera di 150 µg/m³.

Tabella 4.7.1. - H₂S - Elaborazioni relative alle stazioni di Rete regionale anno 2018

Classificazione zona e stazione		Provincia e comune		Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)	Max media giornaliera (µg/m ³)	Max media oraria (µg/m ³)
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI	S. Croce sull'Arno	PI-SantaCroce	2	6	39
Zona collinare e montana	SFI	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	5	25	82

I valori registrati in entrambe le stazioni sono ampiamente inferiori ai valori guida dell'OMS pur presentando delle nette differenze tra i due siti, infatti presso il sito di Pomarance i valori registrati sono stati nettamente superiori al sito di Santa Croce.

Grafico 4.7.1. - H₂S – Medie annuali, medie massime giornaliere e massime orarie annuali 2018.



ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2018)

Tabella 4.7.2. - H2S - Medie annuali. Trend 2007-2018

Classificazione Zona e stazione	Nome stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI PI-SantaCroce	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2
Zona collinare e montana	SFI PI-Montecerboli	12	8	5	6	5	6	6	7	6	4	5	5

Tabella 4.7.3. - H2S - Medie massime giornaliere registrate. Trend 2007-2018

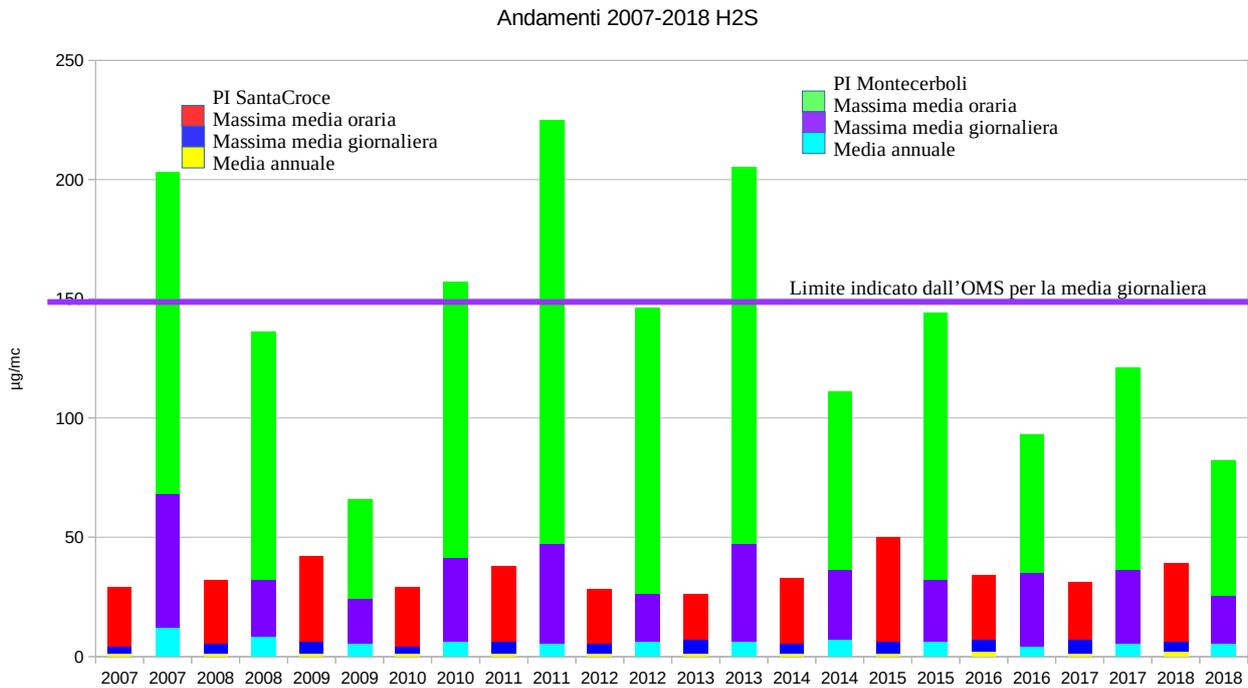
Classificazione Zona e stazione	Nome stazione	Massime medie giornaliere registrate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI PI-SantaCroce	4	5	6	4	6	5	7	5	6	7	7	6
Zona collinare e montana	SFI PI-Montecerboli	68	32	24	41	47	26	47	36	32	35	36	25

Tabella 4.7.4. - H2S - Massime medie orarie. Trend 2007-2018

Classificazione Zona e stazione	Nome stazione	Massime medie orarie registrate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI PI-SantaCroce	29	32	42	29	38	28	26	33	50	34	31	39
Zona collinare e montana	SFI PI-Montecerboli	203	136	66	157	225	146	205	111	144	93	121	82

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.

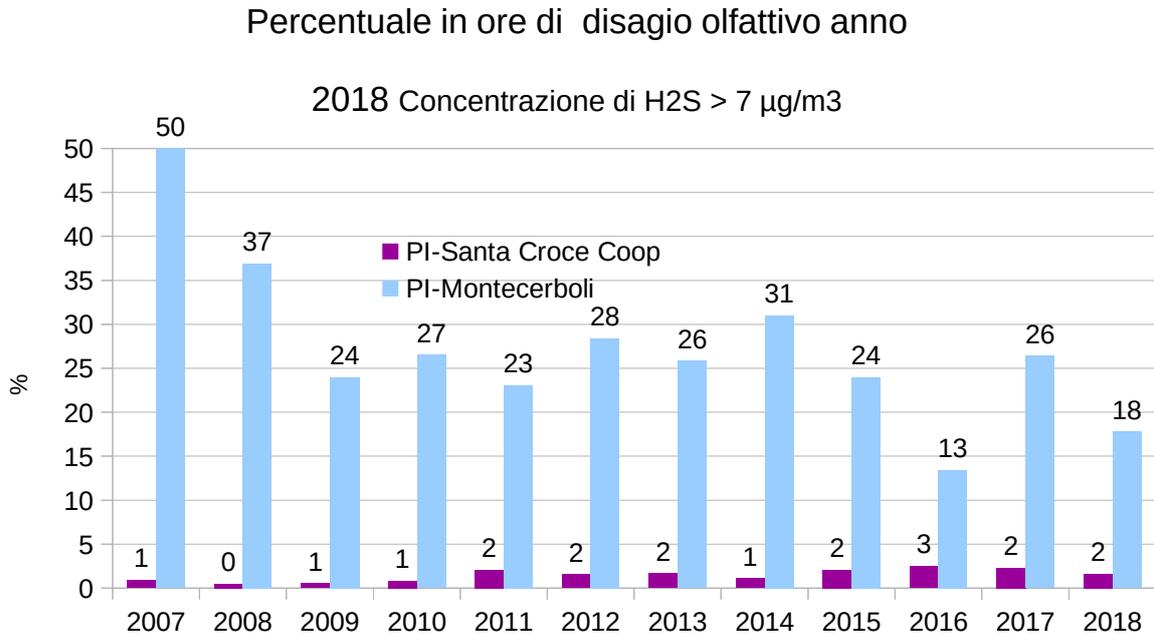
Grafico 4.7.2. - Medie massime giornaliera ed oraria.
Trend 2007-2018 per l'acido solfidrico.



L'altro riferimento per i valori di H₂S è costituito dalla soglia olfattiva, pari a 7 µg/m³ come media semi oraria.

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 2007-2018



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 nell'ordine dell'1 o 2 %;
- la popolazione della zona rappresentata dalla stazione di PI-Montecerboli negli ultimi anni è stata sottoposta ad un certo disagio olfattivo, in quanto la percentuale di tempo in cui si è verificato un disagio olfattivo è stata significativa.

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 2018.

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 2018

Classificazione Zona e Stazione		Nome stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	V.L.
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	1,3 (max oraria 14)	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	UT	FI-Gramsci	2,5 (max oraria 10)	
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	0,6 (max oraria 5,6)	
Zona Valdarno aretino e ValdiChiana	UF	AR-Acropoli	1,1 (max oraria 8,1)	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU- S.Concordio	1,3 (max oraria 8,3)	
Zona costiera	UF	LI-LaPira	0,8 (max oraria 6,3)	
	UF	LI-ParcoVIII III	0,4 (max oraria 11,6)	

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. La media annuale più elevata è stata registrata presso il sito di monitoraggio di traffico con media annuale pari al 50 % del limite, mentre i valori registrati dalle stazioni di fondo urbano sono stati nettamente minori.

Per quanto riguarda i valori di fondo si nota che nelle zone interne di Firenze e del Valdarno pisano e Piana lucchese i valori medi sono stati superiori a quelli della zona costiera e della Zona di Prato e Pistoia.

Grafico 4.8.1. Valori medi e massime orarie di benzene 2018

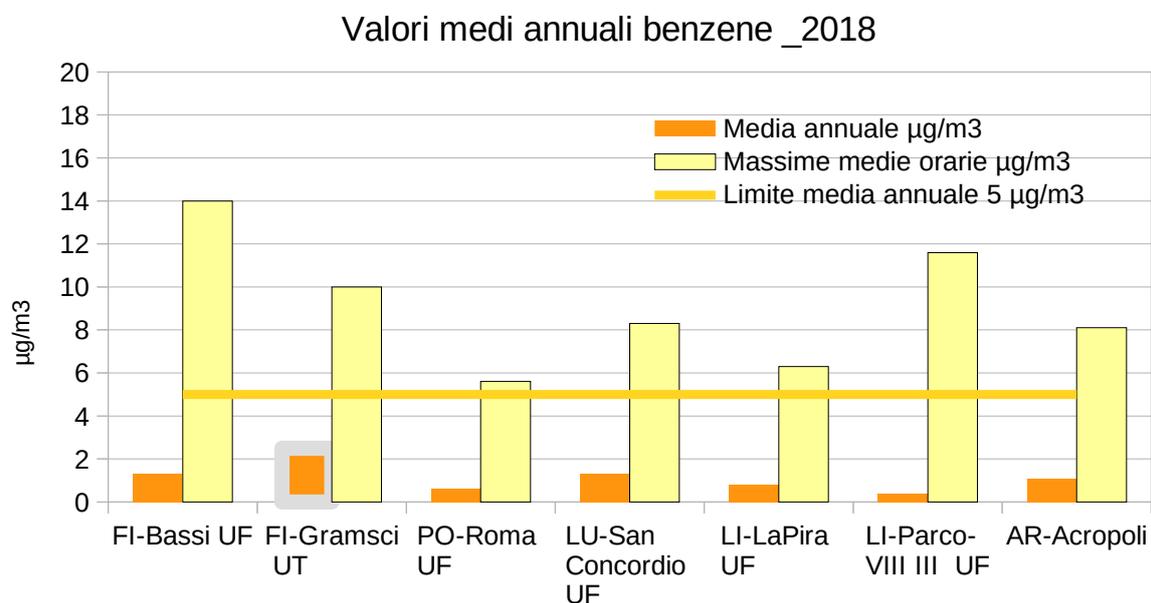
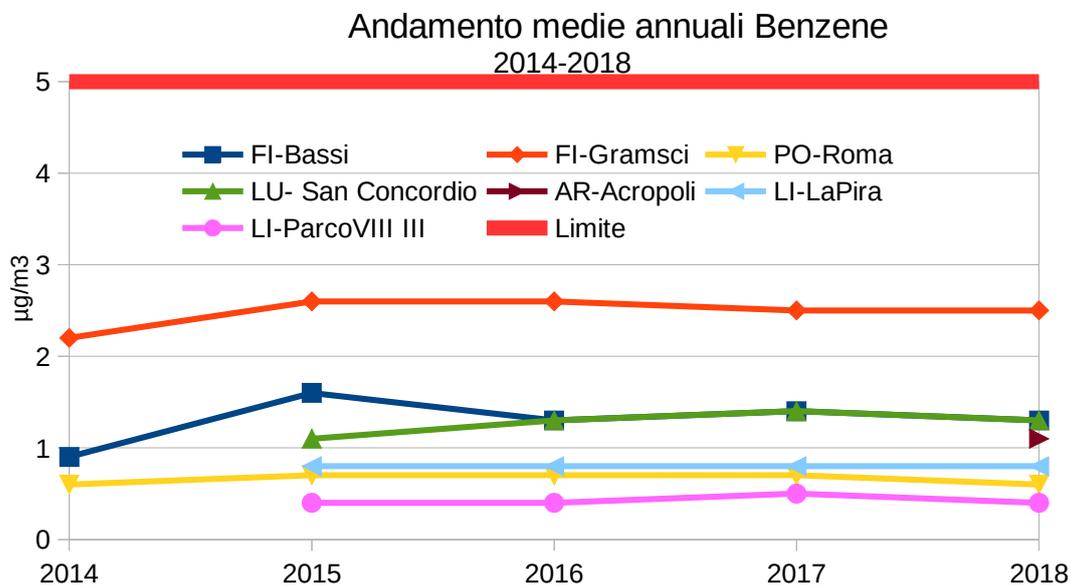


Tabella 4.8.2. - Benzene - trend medie annuali registrate dal 2014 al 2018

Classificazione Zona e Stazione	Provincia e Comune	Nome stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
			2014	2015	2016	2017	2018	
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	0,9*	1,6	1,3	1,4	1,3
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	2,2*	2,6	2,6	2,5	2,5
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6
Zona Valdarno aretino e ValdiChiana	UF	Arezzo (AR)	AR-Acropoli	-	-	-	-	1,1
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Lucca (LU)	LU- S.Concordio	-	1,1*	1,3	1,4	1,3
Zona costiera	UF	Livorno (LI)	LI-LaPira	*	0,8	0,8	0,8	0,8
	UF	Piombino (LI)	LI-ParcoVIII III	-	0,4*	0,4	0,5	0,4

* serie non valida, riportata a scopo indicativo

Grafico 4.8.2. - Benzene - trend medie annuali registrate dal 2014 al 2018

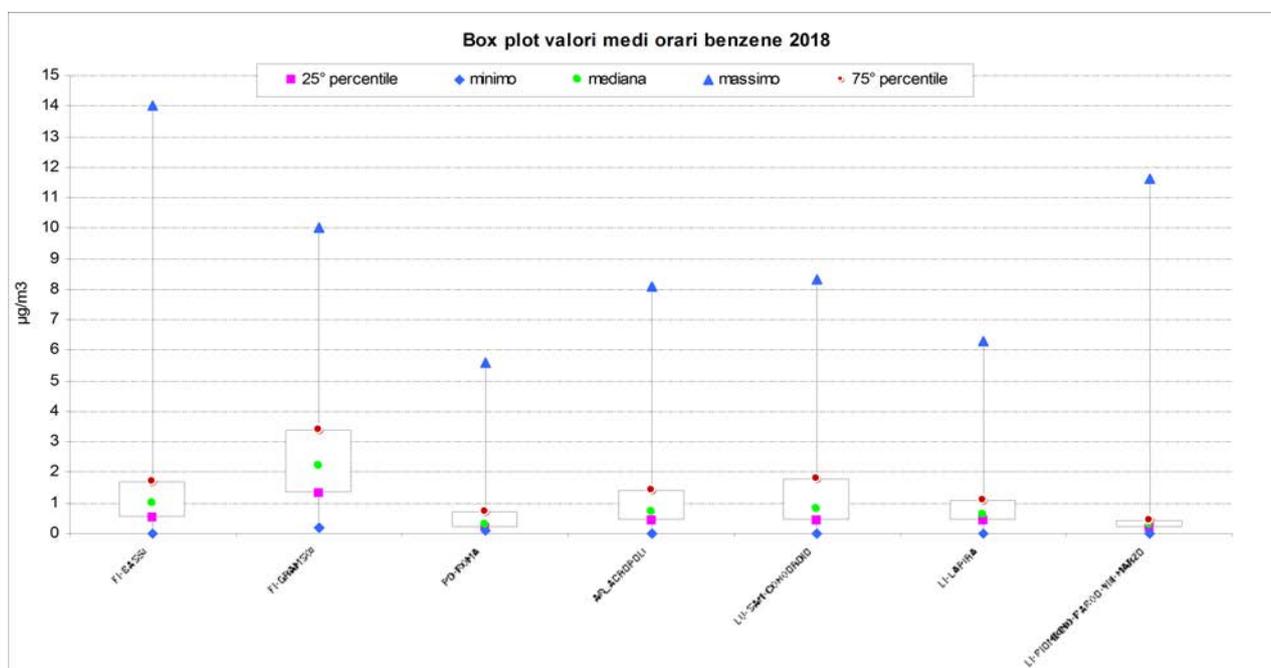


I dati medi annuali di benzene registrati negli ultimi anni sono stati piuttosto costanti in tutti i siti di monitoraggio confermando una situazione molto positiva nei confronti del limite del D.lgs.155/2010.

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 sono costantemente mantenute 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 2018



Le distribuzioni 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 µg/m³ per tutte le stazioni di fondo e per la stazione industriale, più elevati per il sito di traffico con il 75% dei valori comunque nettamente inferiore a 4 µg/m³.

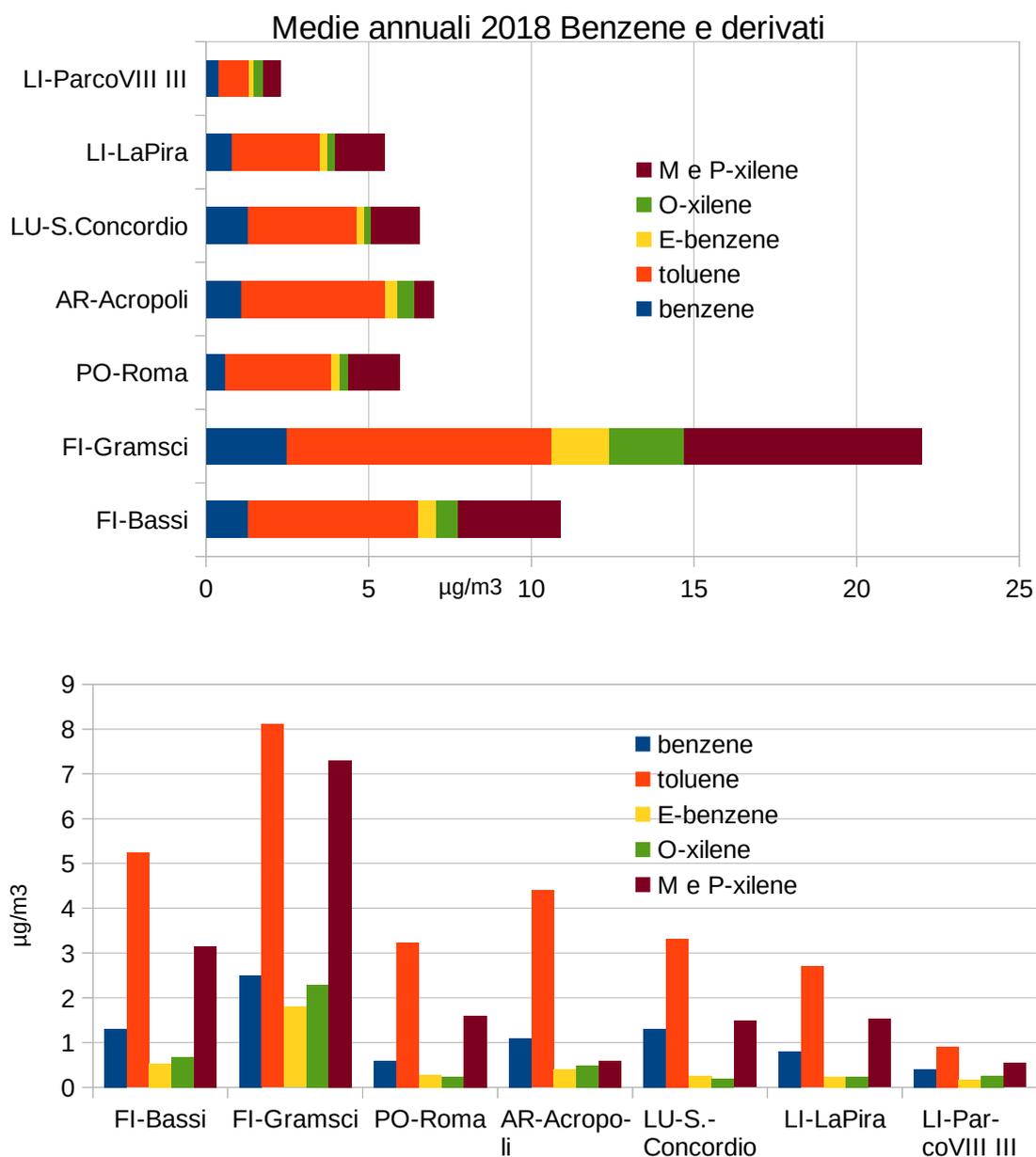
Sono stati calcolati i valori medi annuali di toluene, etilbenzene, o-xilene e m+p-xilene per tutte le stazioni di Rete regionale.

Tabella 4.8.3. - Valori medi benzene e derivati, anno 2018

Classificazione Zona e Stazione		Nome stazione	Medie annuali BTX Anno 2018				
			benzene	toluene	E-benzene	O-xilene	M e P-xilene
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	1,3	5,2	0,5	0,7	3,2
	UT	FI-Gramsci	2,5	8,1	1,8	2,3	7,3
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	0,6	3,2	0,3	0,2	1,6
Zona Valdarno aretino e ValdiChiana	UF	AR-Acropoli	1,1	4,4	0,4	0,5	0,6
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-S.Concordio	1,3	3,3	0,3	0,2	1,5
Zona costiera	UF	LI-LaPira	0,8	2,7	0,2	0,2	1,5
	UF	LI-ParcoVIII III	0,4	0,9	0,2	0,3	0,5

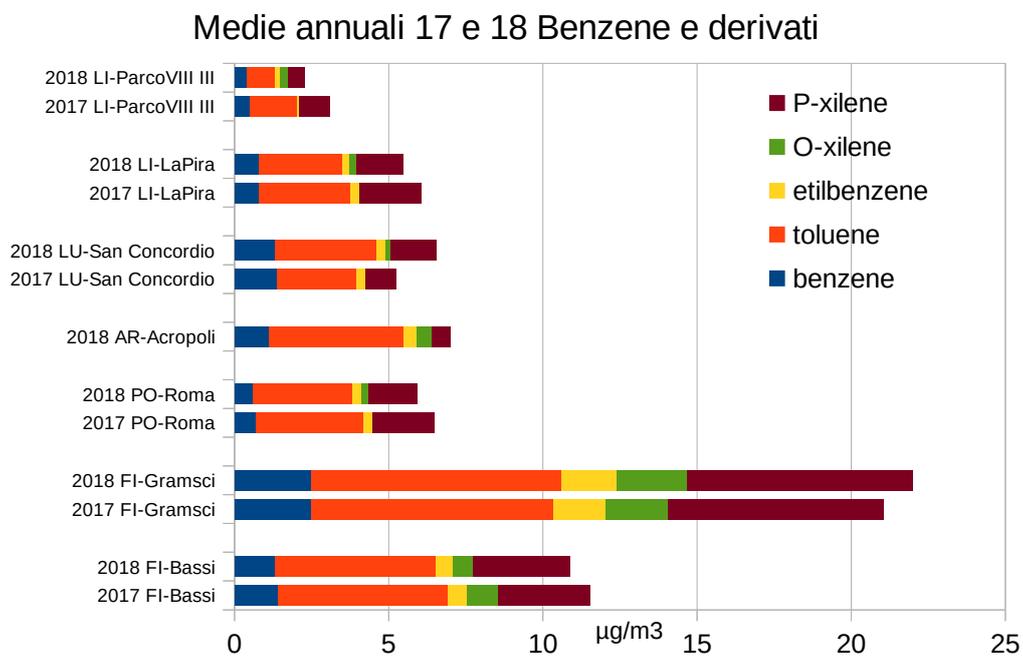
Dai valori riportati in tabella e nel grafico, si può notare che i valori medi annuali sono comunque molto contenuti in tutta la regione.

Grafico 4.8.4. - Valori medi benzene e derivati, anno 2018



I valori medi di benzene e derivati registrati nell'anno 2018 sono stati molto simili a quelli dell'anno precedente, senza variazioni significative per nessuna delle 6 stazioni di monitoraggio attive. Si riporta il confronto per le stazioni attive sia nel 2017 che nel 2018.

Grafico 4.8.5. - Confronto anni 2017 e 2018 valori medi benzene e derivati

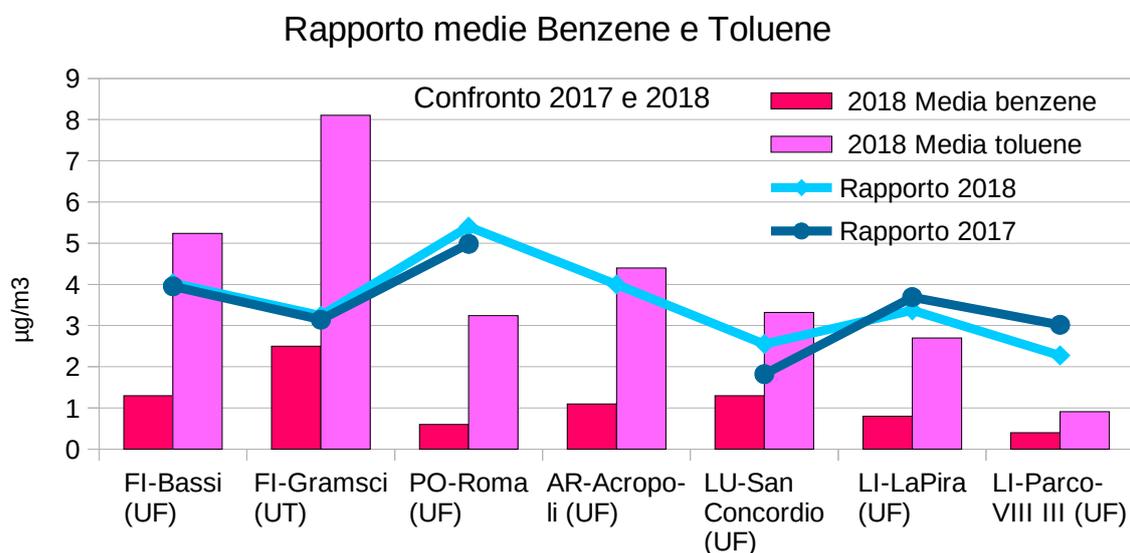


Sono state inoltre confrontate le concentrazioni medie annuali di benzene e di toluene stazione per stazione, calcolando il rapporto tra le medie annuali del 2018 e confrontandolo con il rapporto ottenuto nel 2017.

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

STAZIONE	Media annuale 2018 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Rapporto T/B	
	Media benzene	Media toluene	2018	2017
FI-Bassi	1,3	5,2	4,0	4,0
FI-Gramsci	2,5	8,1	3,2	3,1
PO-Roma	0,6	3,2	5,4	5,0
AR-Acropoli	1,1	4,4	4,0	-
LU-San Concordio	1,3	3,3	2,6	1,8
LI-LaPira	0,8	2,7	3,4	3,7
LI-ParcoVIII III	0,4	0,9	2,3	3,0

Grafico 4.8.6. - Valori medi annuali 2018 di benzene e toluene e loro rapporto



Non ci sono state variazioni significative rispetto all'anno precedente.

Sono state calcolate le medie mensili di benzene e di toluene e sono stati analizzati i loro andamenti nell'arco dell'anno 2018.

Grafico 4.8.7. - Valori medi mensili di benzene anno 2018

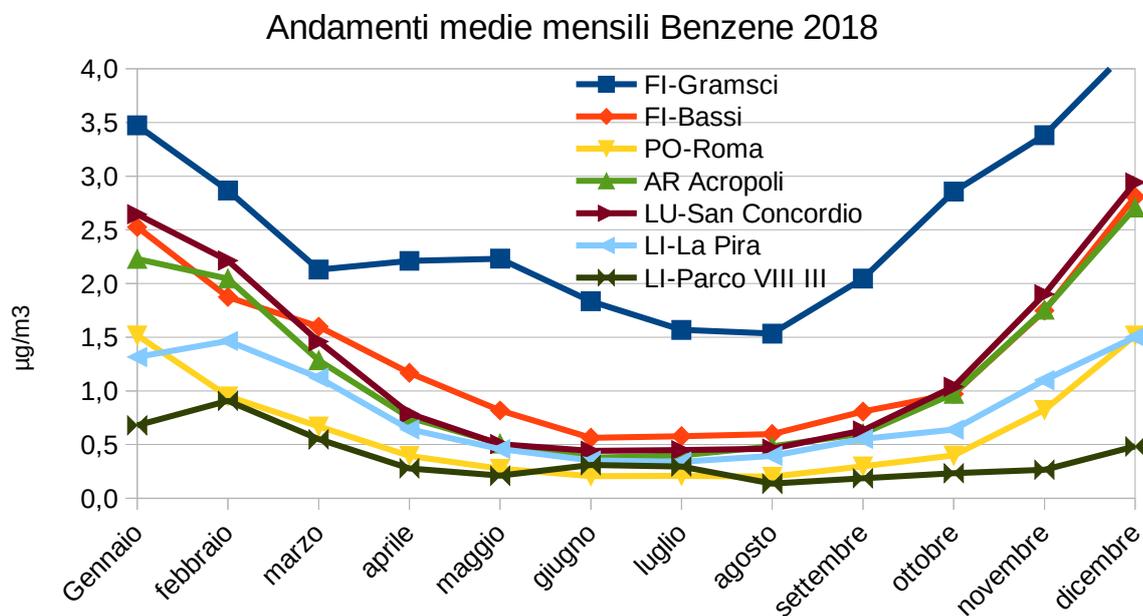
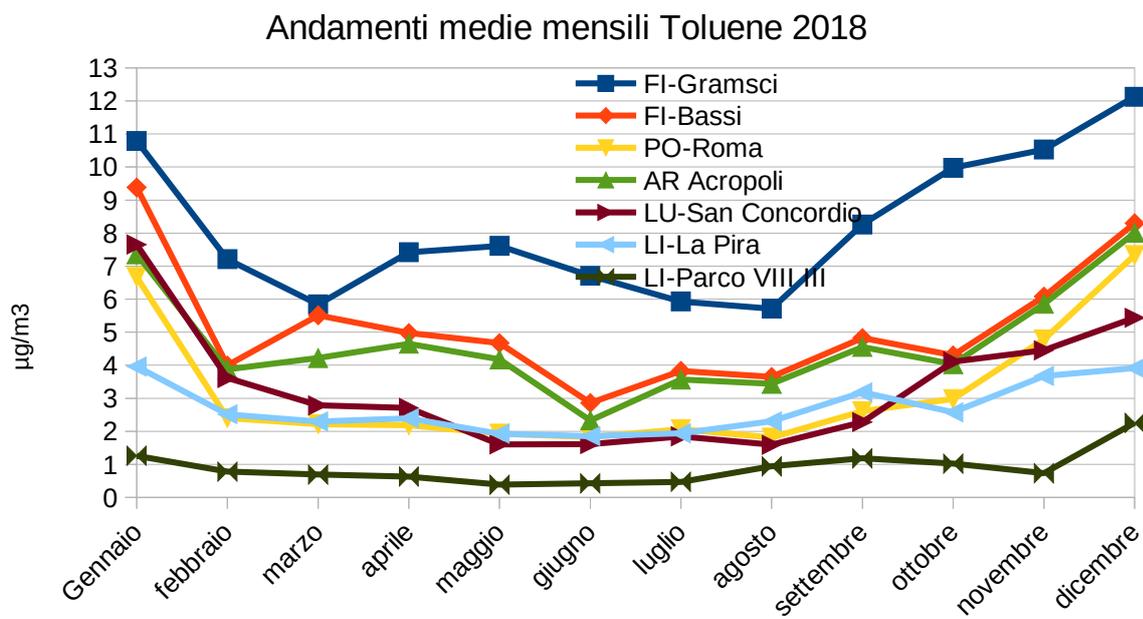


Grafico 4.8.8. - Valori medi mensili di toluene anno 2018



Per le stazioni ritenute più significative sono stati riportati in grafico i valori medi mensili di benzene, toluene e del loro rapporto.

Grafico 4.8.9. - FI-Gramsci: Valori medi mensili benzene e toluene anno 2018

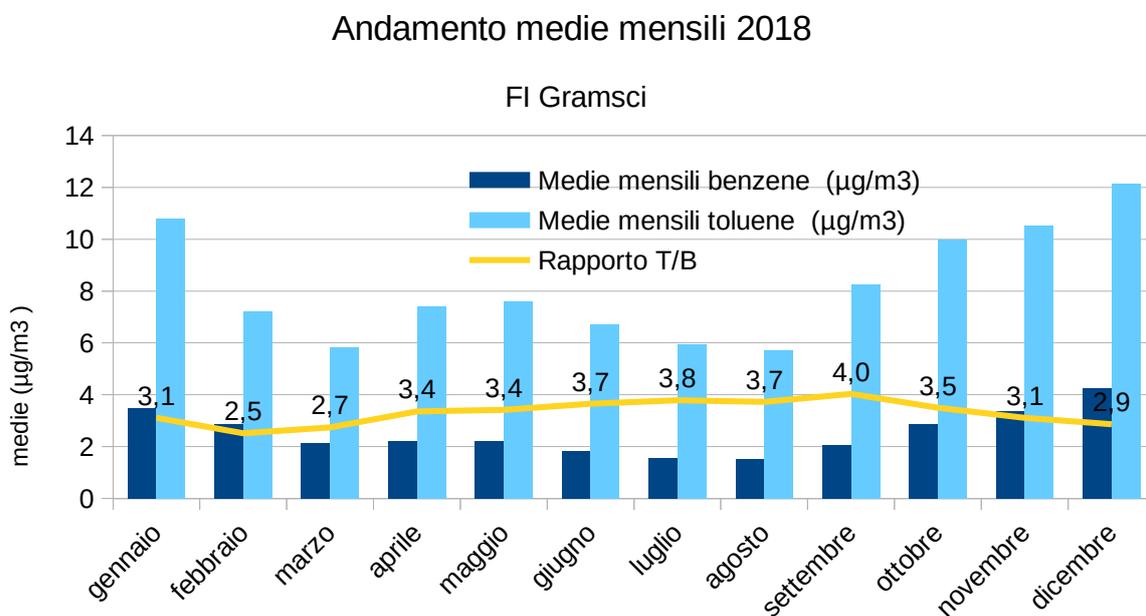
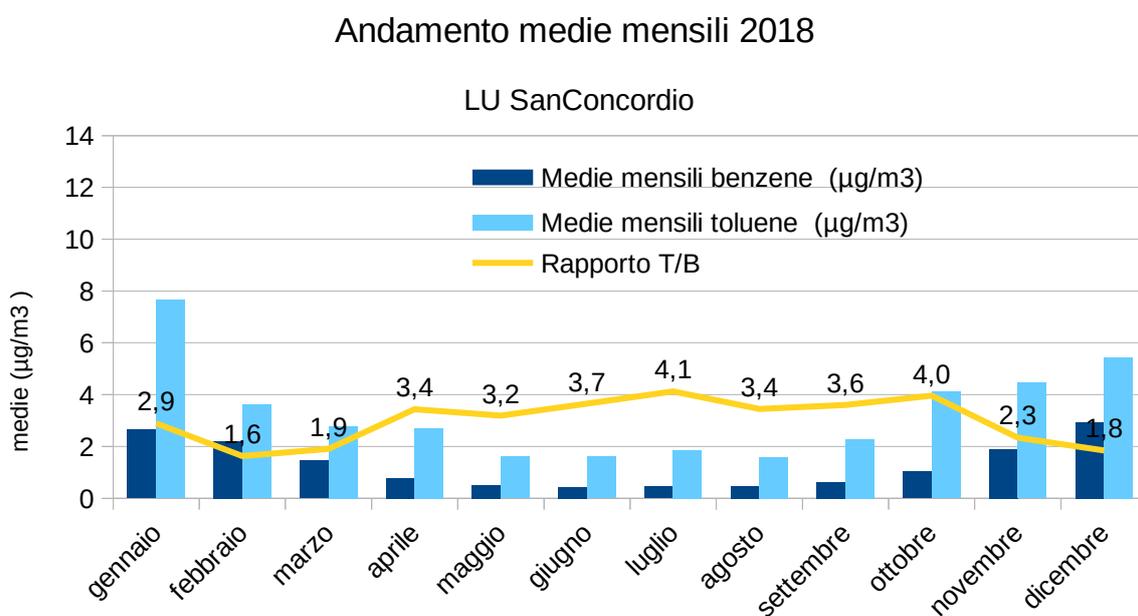


Grafico 4.8.10. - LU-San Concordio: Valori medi mensili benzene e toluene anno 2018

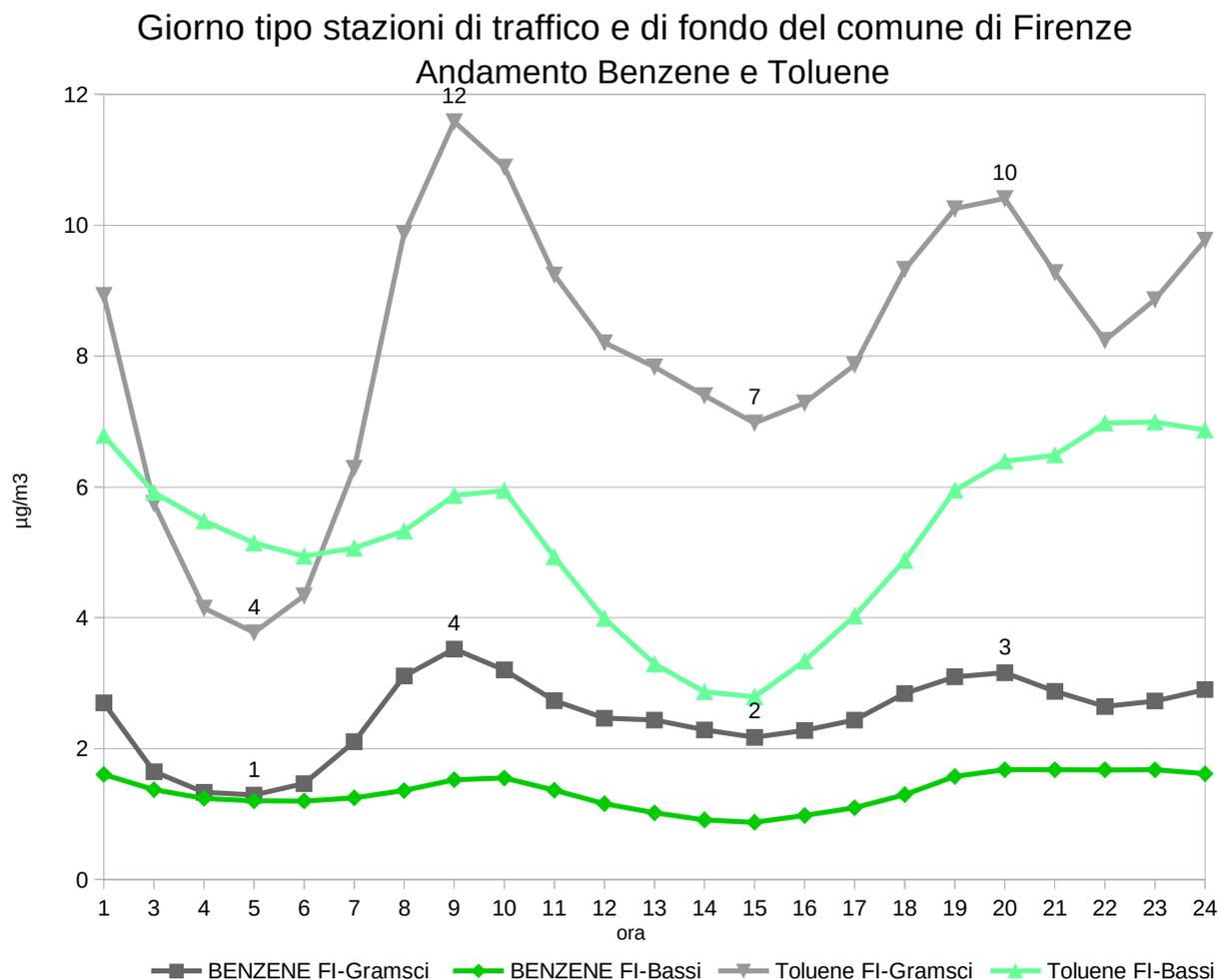


4.8.1. Giorno tipo Benzene stazioni di traffico e stazioni di fondo.

Sono state fatte le elaborazioni relative al "giorno tipo" per le stazioni di monitoraggio del benzene e sono di seguito riportate le elaborazioni per la stazione di FI-Gramsci ritenuta la più significativa delle stazioni di tipo traffico urbano e per la stazione di FI-Bassi, rappresentativa del fondo urbano.

Il giorno tipo rappresenta il giorno medio standard di un determinato sito, essendo costruito sulle medie orarie di ciascuna ora del giorno, prendendo tutti i giorni dell'anno. Esso mostra l'andamento degli inquinanti durante l'arco della giornata dalle ore 1 alle 24.

Grafico 4.8.1.1. - Giorno tipo stazioni di traffico e di fondo del comune di Firenze, anno 2018



Dal grafico si nota, che presso la stazione di traffico (linee grigio):

- dalle ore 1 alle 5 si verifica un calo delle concentrazioni di benzene e di toluene;
- alle ore 5 si ha la minima concentrazione oraria giornaliera sia di benzene che di toluene che sono rispettivamente pari a 1,3 ed a 3,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- dalle ore 5 in poi si crea un fenomeno di accumulo di benzene e di toluene che fa incrementare la loro concentrazione fino a raggiungere il massimo alle ore 9;

- alle ore 9 si ha la massima concentrazione oraria giornaliera sia di benzene che di toluene che sono rispettivamente pari a 3,5 ed a 11,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- successivamente al picco delle ore 9, si verifica un fenomeno di dispersione degli inquinanti le cui concentrazioni decrescono fino alle ore 15, ora della minima pomeridiana (2,2 e 7,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$);
- dopo le ore 15 si verifica nuovamente un fenomeno di accumulo sebbene meno marcato di quanto avviene nella mattina, con le concentrazioni che aumentano di ora in ora fino alle 20;
- alle ore 20 si ha il secondo picco della giornata con le concentrazioni orarie di benzene e di toluene che sono rispettivamente pari a 3,2 ed a 10,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- successivamente al picco serale le concentrazioni diminuiscono per un paio di ore per poi tornare più elevate nelle ultime ore del giorno solare.

Presso la stazione di fondo (linee verde) il profilo del grafico del giorno tipo indica che le variazioni delle concentrazioni sono molto meno marcate rispetto al sito di traffico, nel dettaglio:

- nelle prime ore della mattina si verifica un calo delle concentrazioni di benzene e di toluene;
- alle ore 6 (un'ora di ritardo rispetto a quanto avviene nel sito di traffico) si ha la minima concentrazione oraria giornaliera sia di benzene che di toluene che sono rispettivamente pari a 1,2 ed a 4,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- dalle ore 9 in poi si crea un leggero fenomeno di accumulo che fa incrementare la concentrazione di benzene e di toluene fino a raggiungere il massimo mattutino alle ore 10 (un'ora di ritardo rispetto a quanto avviene nel sito di traffico);
- alle ore 10 si ha un primo picco di concentrazione oraria con benzene e toluene che sono rispettivamente pari a 1,6 ed a 5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- successivamente al picco delle ore 10, si verifica un fenomeno di dispersione degli inquinanti e le cui concentrazioni decrescono fino alle ore 15;
- alle ore 15 abbiamo l'ora della minima media oraria pomeridiana e di tutto il giorno tipo, con concentrazioni di benzene e toluene pari rispettivamente a 0,9 e 2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- dopo le ore 15 si verifica nuovamente un leggero fenomeno di accumulo che porta le concentrazioni ad aumentare di ora in ora fino a circa le ore 22;
- alle ore 22 i valori raggiungono i livelli di massime medie orarie della giornata a concentrazioni di benzene e di toluene rispettivamente pari a 1,7 ed a 7,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- le concentrazioni rimangono ai livelli massimi per circa due ore, per cominciare poi a decrescere dalle ore 24 fino alle prime ore della mattina.

5. INQUINANTI RILEVATI CON CAMPAGNE DISCONTINUE: INDICATORI E CONFRONTO CON IL VALORE LIMITE O OBIETTIVO, ANNO 2018

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 nazionale 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 stazione di Rete regionale (UT).

Tabella 5.1. - Stazioni di rete regionale in cui nel 2018 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					
	PF	PT	Pistoia	PT-Montale	X*					
Zona costiera	UF	PI	Livorno	LI-La Pira	X		X	X	X	X**
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII marzo	X		X	X	X	X**
Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	X*					
Zona del Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	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, per il secondo anno consecutivo è stato effettuato il monitoraggio del Benzo(a)pirene presso la stazione di AR-Acropoli, inoltre è stato attivato nel 2018 anche presso le stazioni di LU-Capannori e di PT-Montale, riportate tra le campagne indicative. Il monitoraggio dei metalli in ciascuno dei siti previsti dalla DGRT 964/15 è stato effettuato sui 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 2018 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 i siti di AR-Acropoli, LU-Capannori e PT-Montale.

Per il sito di interesse nazionale di FI-Bassi, non sono ancora disponibili i dati delle analisi effettuate da ARPA Veneto su PM10. Si riportano quindi le analisi effettuate dai laboratori ARPAT sui campioni di PM2,5.

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 – 2018 - Elaborazione degli indicatori

Classificazione Zona e stazione		Provincia e comune		Nome stazione	Media annuale 2018 (ng/m ³)	Valore obiettivo
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	Fi-Bassi	0,21*	1 (ng/m ³)
	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0,44	
Zona PO-PT	UF	PO	Prato	PO-Roma	0,40	
	PF	PT	Montale	PT-Montale	0,31	
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII III	0,08	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0,13	
Zona valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-S.Concordio	0,43	
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	0,56	
Zona del Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0,39	

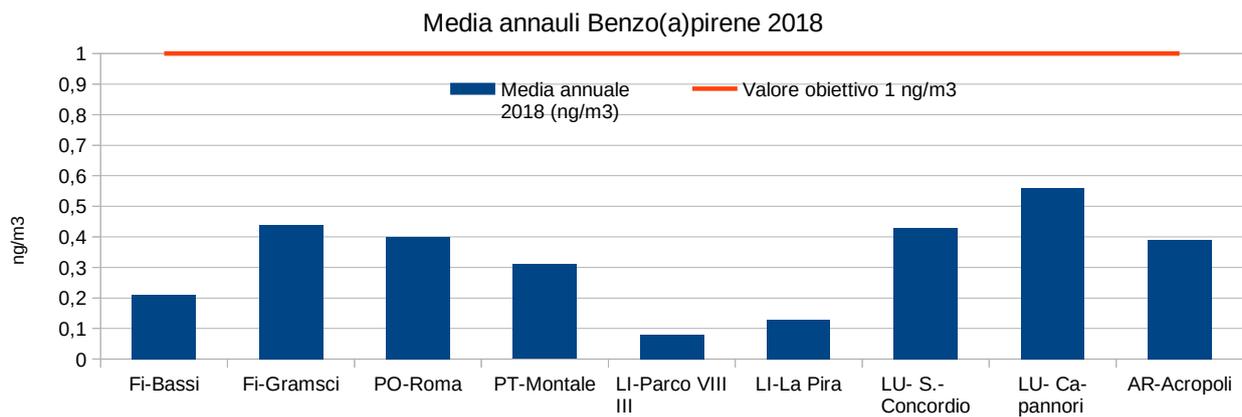
* analisi effettuate su campioni di PM_{2,5}

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

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

- le medie annuali della Zona Costiera sono state molto contenute nei due siti, con media annuale nettamente inferiore alle altre zone;
- per le altre le concentrazioni medie delle stazioni di fondo e traffico sono simili con media massima annuale registrata presso la stazione di LU-Capannori.

Grafico 5.1.1. - Benzo(a)pirene. Medie annuali 2018



L'OMS ha indicato come valore di riferimento per il Benzo(a)pirene una media annuale di 0.12 ng/m³. Confrontando questo riferimento con i valori medi di Benzo(a)pirene ottenuti 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 stazione di LI-Parco VIII Marzo a Piombino.

Sono stati analizzati e riportati in grafico gli andamenti delle medie mensili del Benzo(a)pirene nel 2018.

Tabella 5.1.2. - Andamenti mensili Benzo(a)pirene - 2018

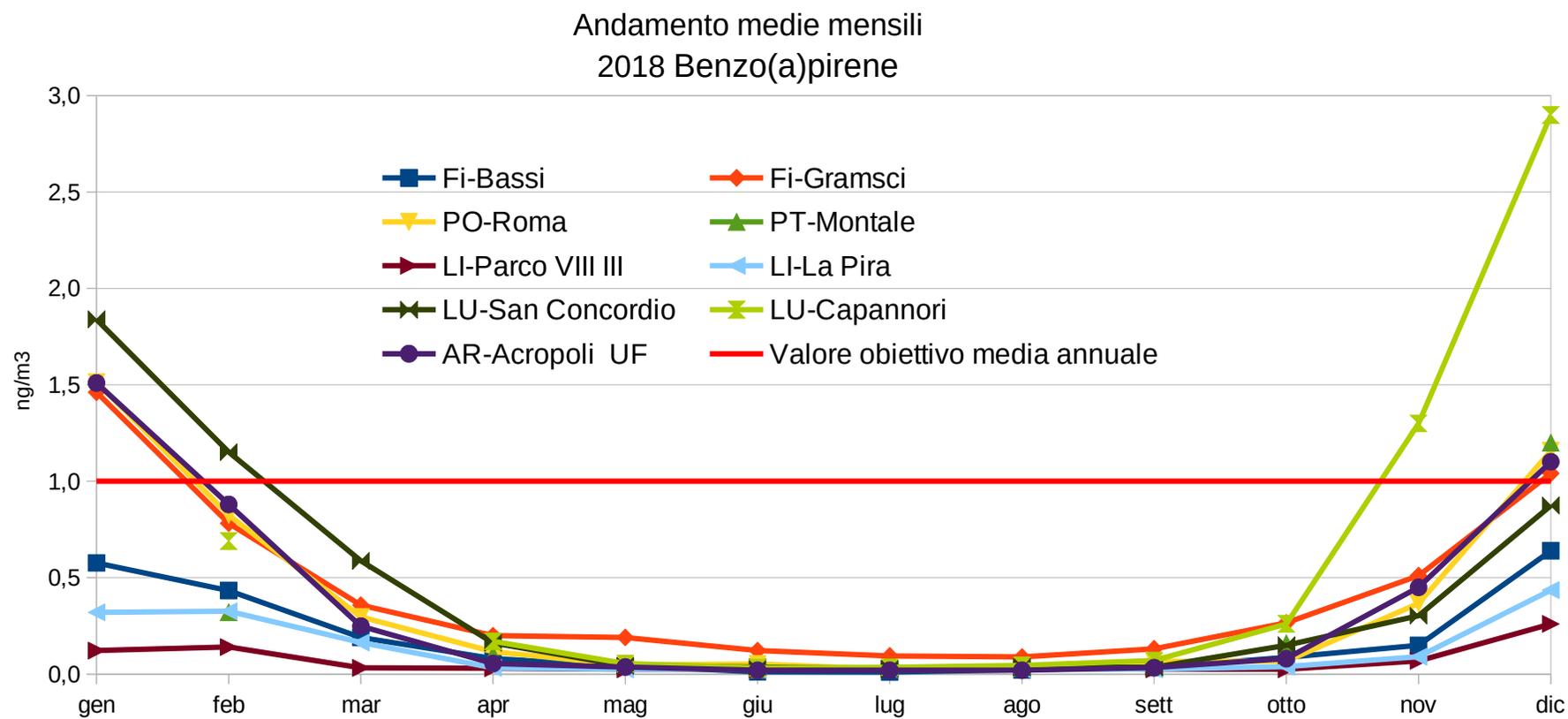
Nome stazione	Medie mensili 2018 (ng/m ³)											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	sett	otto	nov	dic
Fi-Bassi	0,58	0,43	0,19	0,08	0,04	0,01	0,01	0,02	0,03	0,09	0,15	0,64
Fi-Gramsci	1,46	0,78	0,36	0,20	0,19	0,12	0,09	0,09	0,13	0,27	0,51	1,04
PO-Roma	1,51	0,83	0,30	0,12	0,05	0,05	0,03	0,03	0,07	0,07	0,37	1,16
PT-Montale		0,32		0,10		0,02		0,03		0,16		1,20
LI-Parco VIII III	0,12	0,14	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,07	0,26
LI-La Pira	0,32	0,33	0,16	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,09	0,44
LU-S.Concordio	1,84	1,15	0,59	0,16	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,15	0,30	0,87
LU-Capannori		0,69		0,17	0,05	0,03	0,04	0,05	0,07	0,26	1,30	2,90
AR-Acropoli	1,51	0,88	0,25	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,08	0,45	1,10

Il profilo del grafico sotto riportato evidenzia che le concentrazioni di benzo(a)pirene nei campioni di PM10 sono 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. In particolare per le stazioni della zona costiera, molti risultati analitici relativi a campionamenti in stagioni calde, sono risultati addirittura sotto il limite di rivelabilità strumentale.

Come atteso le concentrazioni più elevate di B(a)P corrispondono a concentrazioni più elevate di PM10.

Si ricorda che i campioni relativi a FI-Bassi sono stati effettuati sul PM2,5.

Grafico 5.1.2. - Andamenti mensili Benzo(a)pirene - 2018



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 della media annuale 2007-2018

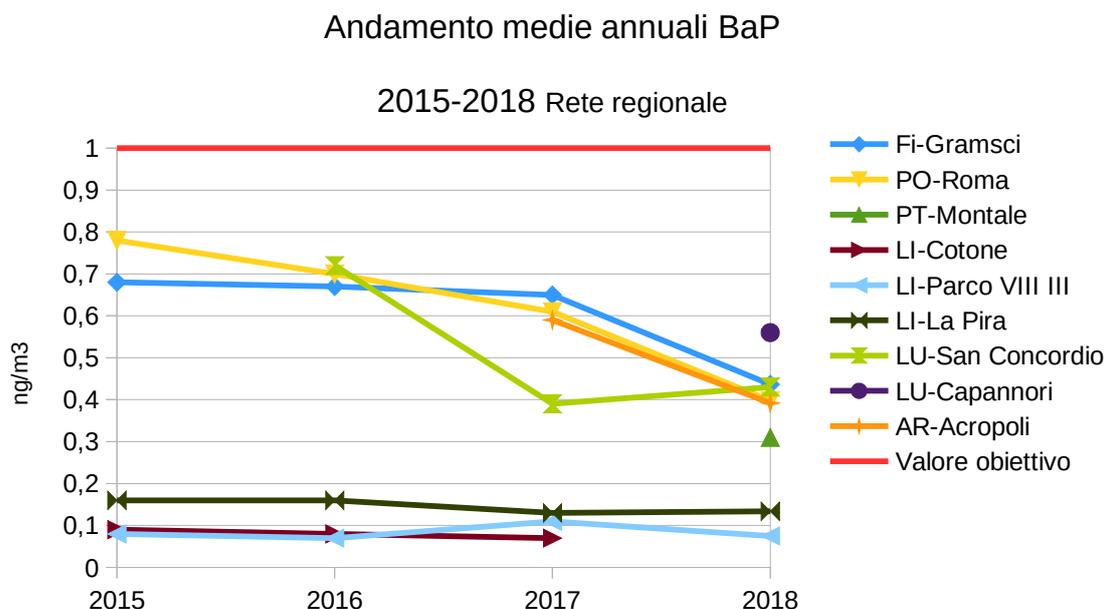
Nome stazione	Concentrazioni medie annuali (ng/m ³)											
	Valore Obiettivo 1.0 ng/m ³											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Fi-Bassi	0,34	0,13	0,17	0,12	0,26	0,3	0,3	0,26	0,26	0,26	0,35***	0,21***
Fi-Gramsci	-	-	-	-	0,51	-	0,44	0,58	0,68	0,67	0,65	0,44
PO-Roma	-	-	-	-	-	-	-	-	0,78	0,7	0,61	0,40
PT-Montale	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31
LI-Cotone	0,95*	0,66*	0,65*	-	0,17*	0,37*	0,67*	0,33	0,09	0,08	0,07	-
LI-Parco VIII III	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,07	0,11	0,08
LI-La Pira	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	0,16	0,13	0,13
LU-San Concordio	-	-	-	-	-	-	-	-	0,79**	0,72	0,39	0,43
LU-Capannori	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,56
AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,59	0,39

*dati ottenuti tramite campionamento ad alto volume ** serie non rappresentativa ***su PM2,5

Si ricorda che i campioni del 2017 e 2018 relativi a FI-Bassi sono stati effettuati sul PM2,5.

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 2015-2018



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 di ARPA Veneto che si occupa di tutti i siti di interesse nazionale. I dati ancora oggi non sono stati resi disponibili quindi i dati di seguito riportati relativi al 2017 e 2018 di riferiscono a campioni effettuati dai laboratori ARPAT sul PM2,5 ed il confronto con gli anni precedenti è soltanto indicativo.

In tabella sono riportati i valori delle medie annue registrate dal 2013 al 2018 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, non si notano cambiamenti significativi nel corso degli anni.

Tabella 5.1.4. - IPA FI-Bassi - medie annue 2013 – 2018

FI-Bassi	Medie annuali 7 congeneri IPA ng/m ³						
	Sul PM10				Sul PM2,5		
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
benzo(a)pirene	0,3	0,26	0,26	0,26	0,35	0,21	
benzo(a)antracene	0,22	0,2	0,18	0,18	0,29	0,16	
benzo(b)fluorantene	0,41	0,33	0,34	0,32	0,36	0,26	
benzo(j)fluorantene	0,29	0,2	0,23	0,24	-	0,15	
benzo(k)fluorantene	0,22	0,17	0,2	0,19	0,18	0,17	
indeno(1,2,3-cd)pirene	0,42	0,36	0,28	0,26	0,28	0,21	
dibenzo(a,h)antracene	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	

FI-Bassi	Rapporto tra i vari congeneri e il benzo(a)pirene					
	Sul PM10				Sul PM2,5	
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
benzo(a)antracene	0,73	0,77	0,69	0,7	0,82	0,76
benzo(b)fluorantene	1,37	1,27	1,31	1,23	1,03	1,21
benzo(j)fluorantene	0,97	0,77	0,88	0,89	---	0,73
benzo(k)fluorantene	0,73	0,65	0,77	0,7	0,52	0,82
indeno(1,2,3-cd)pirene	1,4	1,39	1,08	0,98	0,80	0,98
dibenzo(a,h)antracene	0,1	0,11	0,19	0,13	0,08	0,18

Grafico 5.1.4. - a) IPA FI-Bassi - Medie annue 2013 – 2018

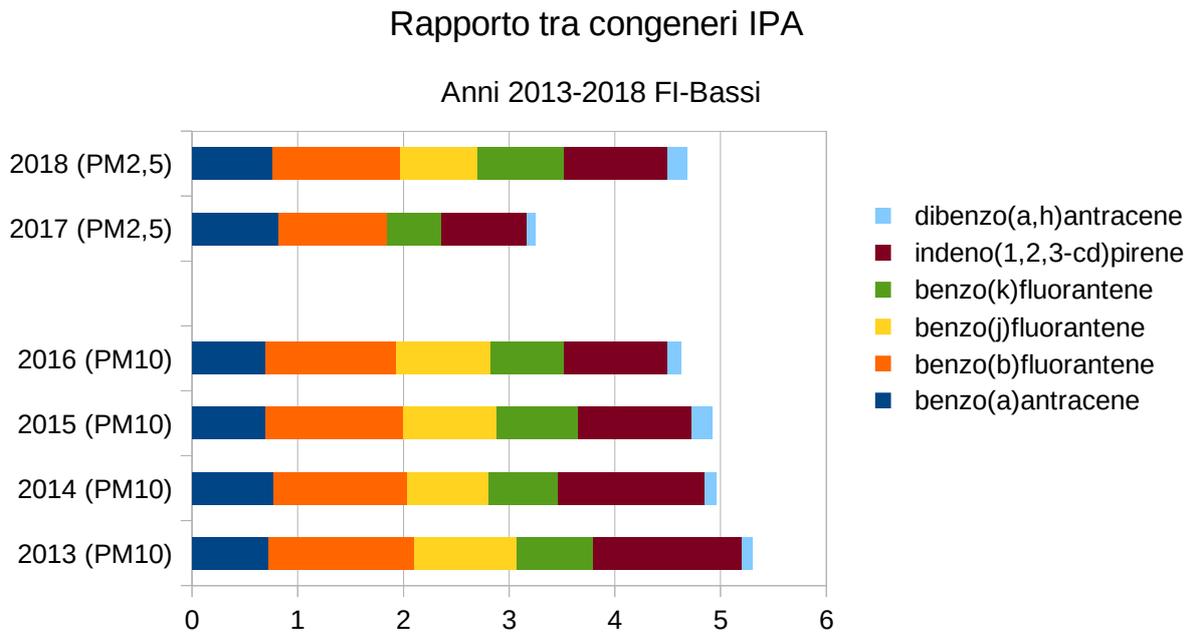
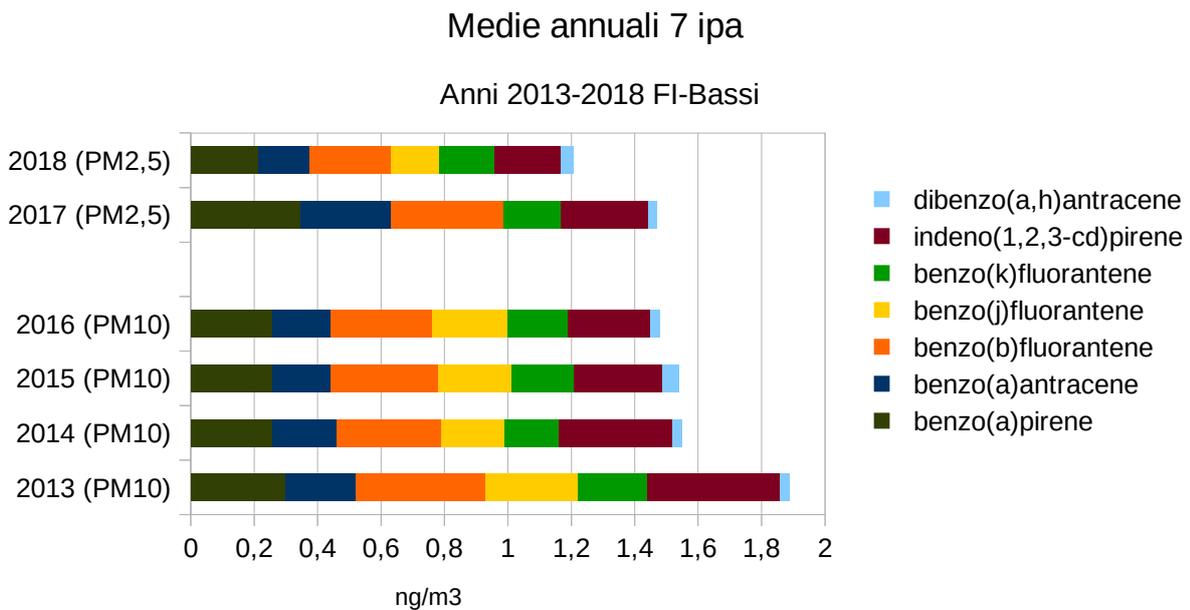


Grafico 5.1.4. - b) IPA FI-Bassi -Rapporto tra i congeneri 2013 – 2018



Sono state calcolate e riportate in tabella e nei grafici sottostanti le medie mensili relative al 2018 per ciascuno dei 7 IPA analizzati sui filtri del sito nazionale di FI-Bassi.

Tabella 5.1.5. - IPA su PM2,5 FI-Bassi - medie mensili 2018

FI-Bassi	FI_Bassi medie mensili 7 congeneri IPA (ng/m ³)											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
B(a)P	0,58	0,43	0,19	0,08	0,04	0,02	0,01	0,02	0,03	0,09	0,12	0,64
benzo[a] antracene	0,38	0,35	0,15	0,06	0,04	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,10	0,50
benzo[b] fluorantene	0,56	0,51	0,26	0,13	0,07	0,03	0,03	0,04	0,08	0,14	0,17	0,76
benzo[k] fluorantene	0,38	0,34	0,15	0,07	0,05	0,02	0,02	0,03	0,04	0,08	0,09	0,42
benzo[j] fluorantene	0,42	0,38	0,17	0,08	0,05	0,03	0,02	0,03	0,05	0,09	0,10	0,50
indeno[1,2,3-cd]pirene	0,47	0,39	0,22	0,12	0,08	0,03	0,03	0,04	0,06	0,13	0,14	0,58
dibenzo[a,h]antracene	0,11	0,12	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,09

Grafico 5.1.5.- a) IPA su PM2,5 FI-Bassi - distribuzioni mensili 2018 dei congeneri IPA

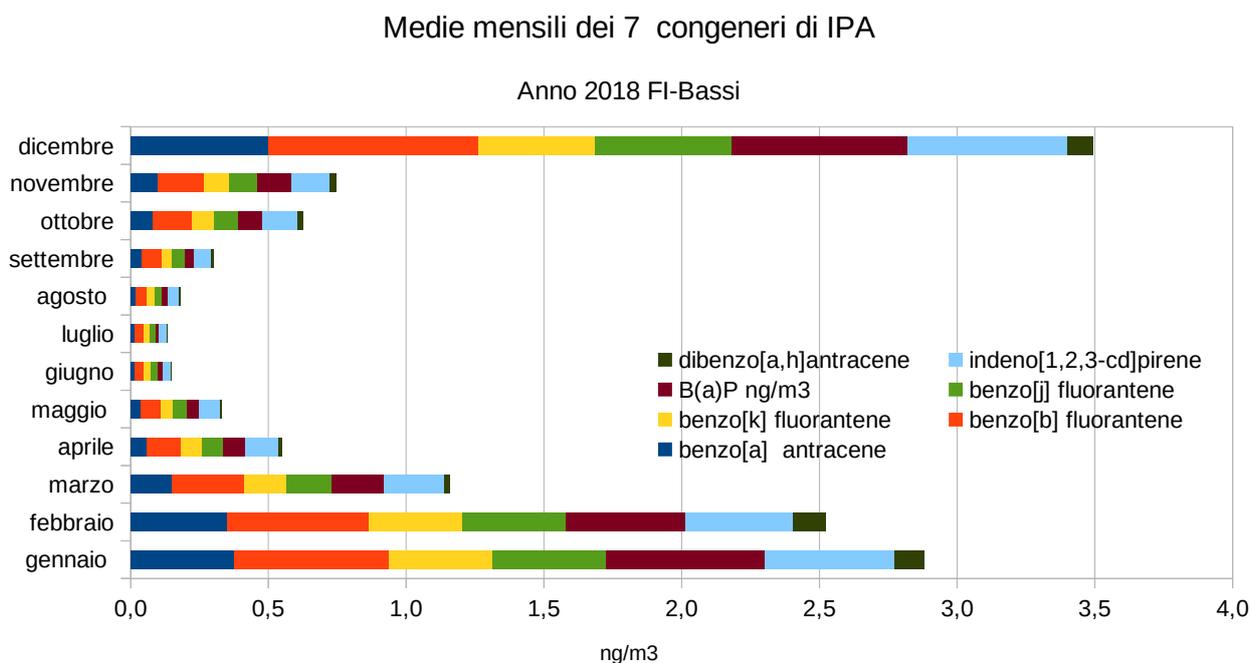
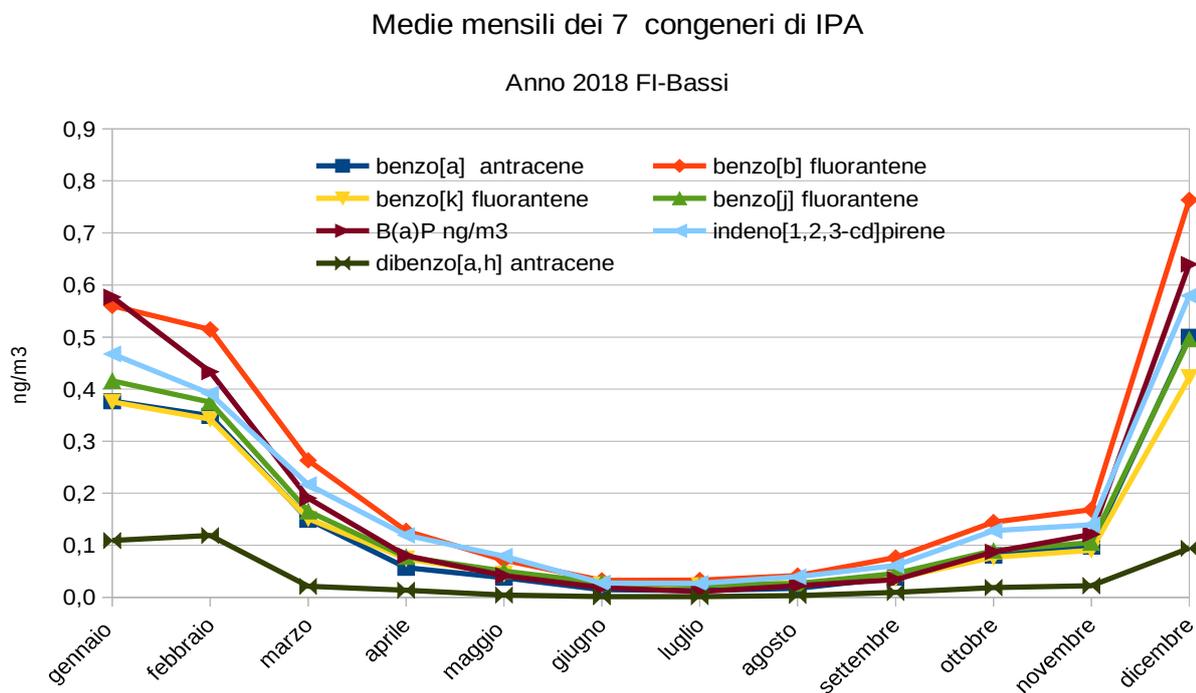


Grafico 5.1.5. - b) IPA FI-Bassi - medie mensili 2018



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 2018 sono stati effettuati i monitoraggi dei metalli presso tutte le stazioni previste dalla DGRT 964/15.

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 nel sito definito dalla DGRT 964/15) 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 il livello massimo di tale parametro in un sito di traffico.

Si riportano comunque anche i risultati del monitoraggio del Piombo effettuato negli altri siti tramite misurazioni indicative.

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 - 2018. Elaborazione degli indicatori

Classificazione Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale Piombo 2018 (ng/m ³)	Valore limite Piombo (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	4,2	500
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	2,1	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	3,1	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	1,5	

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

Tabella 5.2.2. - Arsenico - 2018. Elaborazione degli indicatori

Classificazione Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale Arsenico 2018 (ng/m ³)	Valore obiettivo arsenico (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0,4	6,0
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0,4	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0,3	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0,3	

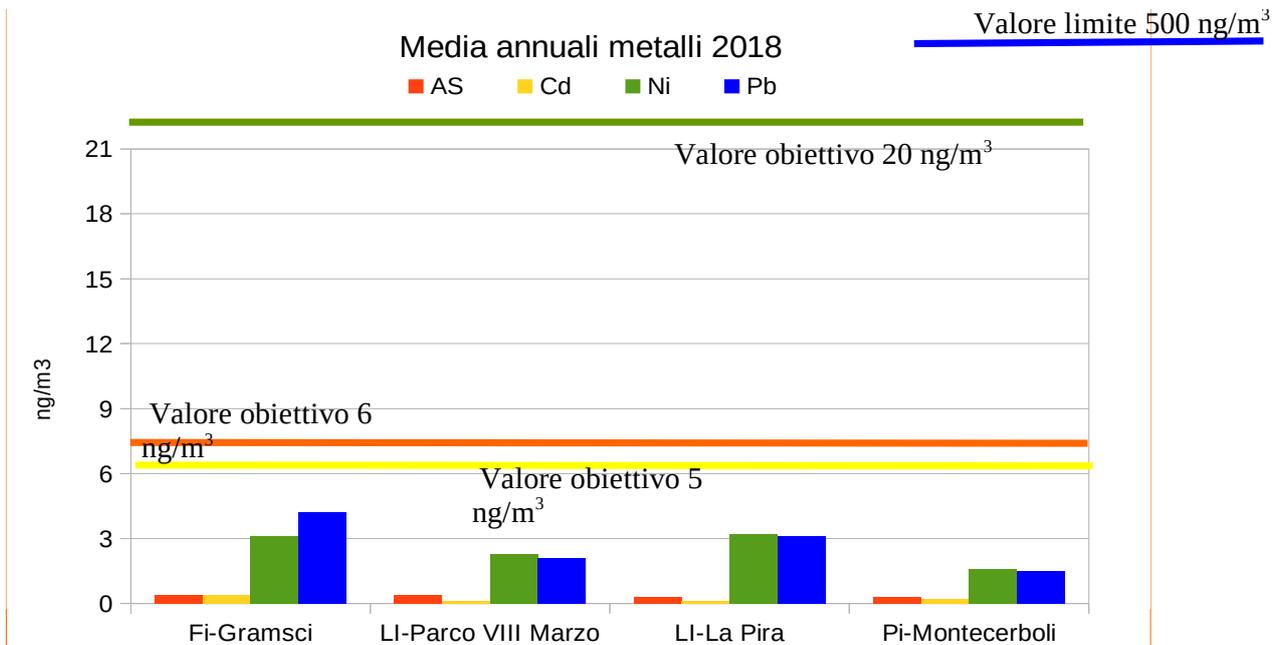
Tabella 5.2.3. - Cadmio - 2018. Elaborazione degli indicatori

Classificazione Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale Cadmio 2018 (ng/m ³)	Valore obiettivo Cadmio (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0,4	5,0
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0,1	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0,1	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0,2	

Tabella 5.2.4. - Nichel - 2018. Elaborazione degli indicatori

Classificazione Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale Nichel 2018 (ng/m ³)	Valore obiettivo Nichel (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	3,1	20,0
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	2,3	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	3,2	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	1,6	

Grafico 5.2.1. - Metalli pesanti - indicatori 2018



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.

L'OMS ha indicato come valore guida 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 2014-2018 - Piombo

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Piombo Valore limite: 500 ng/m ³				
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)				
			2014	2015	2016	2017	2018
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	5	4,8	4,6	4,6	4,2
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII Marzo	*	3,2	2,3	1,9	2,1
	UF	LI-La Pira	*	5,6	5	2,8	3,1
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	*	*	*	1,2	1,5

* non disponibile

Tabella 5.2.6. - Andamenti 2014-2018 - Arsenico

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Arsenico Valore obiettivo: 6 ng/m ³				
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)				
			2014	2015	2016	2017	2018
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,6	0,5	0,5	0,6	0,4
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII Marzo	*	0,7	0,4	0,5	0,4
	UF	LI-La Pira	*	1,1	1,1	0,5	0,3
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	*	*	*	0,5	0,3

* non disponibile

Tabella 5.2.7. - Andamenti 2014-2018 - Cadmio

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Cadmio Valore obiettivo: 5 ng/m ³				
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)				
			2014	2015	2016	2017	2018
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII Marzo	*	0,1	0,1	0,2	0,1
	UF	LI-La Pira	*	0,2	0,5	0,2	0,1
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	*	*	*	0,2	0,2

* non disponibile

Tabella 5.2.8. - Andamenti 2014-2018 - Nichel

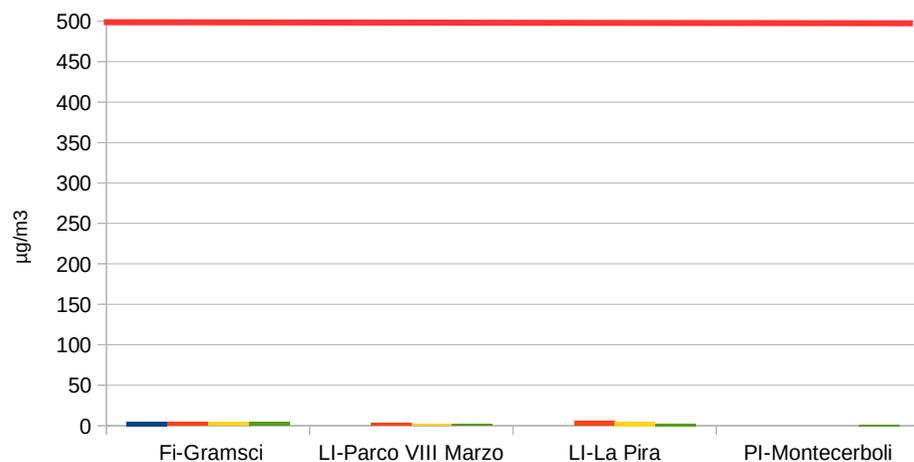
Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Nichel Valore obiettivo: 20 ng/m ³				
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)				
			2014	2015	2016	2017	2018
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	2,7	2,7	3,2	3,3	3,1
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII Marzo	*	3,1	2,5	3,2	2,3
	UF	LI-La Pira	*	4	3,7	2	3,2
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	*	*	*	2,1	1,6

* non disponibile

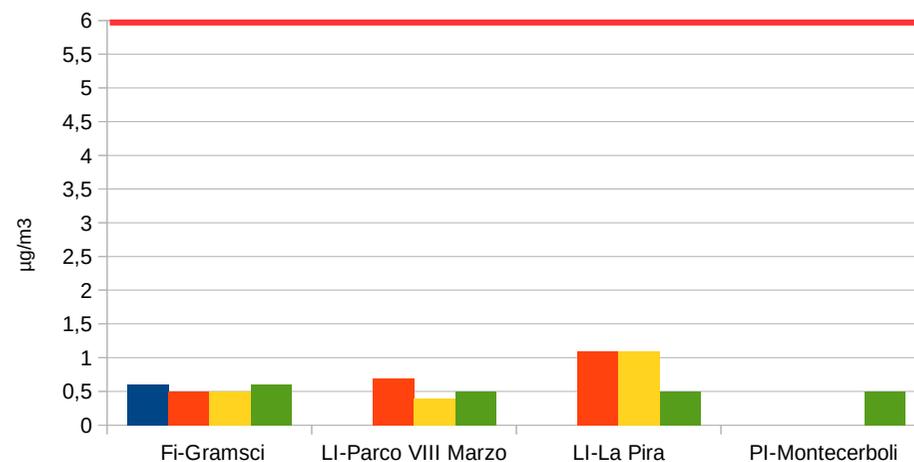
Dai valori riportati in tabella si può concludere che da quando è stato attivato il monitoraggio dei metalli, i valori medi annuali di Piombo, Arsenico, Nichel e Cadmio sono sempre stati molto contenuti e nettamente inferiori ai valori di riferimento.

Grafico 5.2.2. - Andamenti 2014-2018 Metalli pesanti e confronto con i limiti (linea rossa)

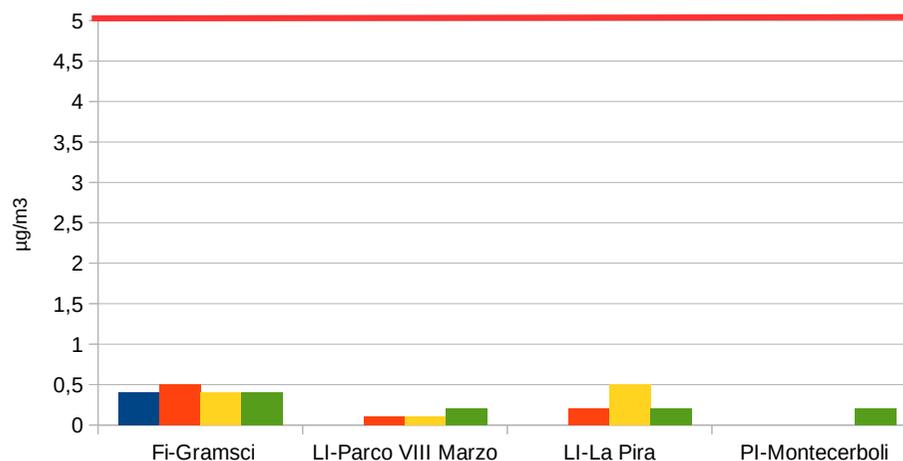
Andamento Pb 2014-2018



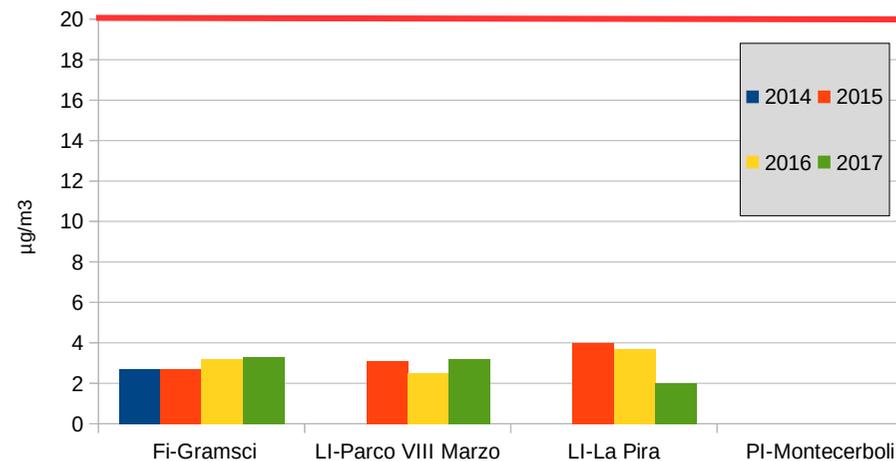
Andamento As 2014-2018



Andamento Cd 2014-2018



Andamento Ni 2014-2018



6. CONCLUSIONI DEL MONITORAGGIO DELLE STAZIONI DI RETE REGIONALE

L'analisi degli indicatori di monitoraggio della qualità della aria nell'anno 2018 ottenuti dal monitoraggio della Rete regionale evidenzia una situazione complessivamente positiva per la Toscana, confermandone una certa criticità soltanto per 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 è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete regionale eccetto che presso la stazione di fondo, di LU-Capannori che si trova nella Zona Valdarno pisano e Piana lucchese.

PM2,5: il limite normativo di 25 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni di RR. Il valore medio di PM2,5 più alto della regione è stato registrato presso la stazione di LU-Capannori, nella Zona Valdarno pisano e Piana lucchese.

NO₂: il valore limite di 40 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni di RR eccetto che per una delle due stazioni di traffico del comune di Firenze: FI-Gramsci. Il limite di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m³ è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete regionale, non essendo stato registrato alcun superamento del valore limite.

Ozono: entrambi i valori obiettivo per la protezione della popolazione e per la protezione della vegetazione non sono stati rispettati nell'80 % dei siti confermando la criticità della Regione Toscana per questo parametro. Nel 2018 non si sono verificati superamenti né della soglia di informazione né della soglia di allarme per l'ozono.

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 soltanto presso il sito PI-Montecerboli i valori orari di H₂S sono stati tali da poter creare un disagio.

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 molto positiva con medie annuali molto contenute in tutta la regione, in particolare nella zona costiera i valori sono stati per gran parte dell'anno sotto il limite di rivelabilità strumentale.

Metalli pesanti: il monitoraggio relativo al 2018 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 regionale

Si riporta l'informazione sui monitoraggi effettuati tramite la strumentazione non facente parte della Rete regionale.

Nel 2018 è stato attivato il monitoraggio in una nuova stazione situata nella zona industriale nella parte nord di Livorno chiamata LI-ENI.

Tabella 2.1 - Stazioni attive nel 2018: parametri e rendimento percentuale annuale

Provincia	Comune	Nome	Tipo sito	Inquinanti monitorati e % copertura anno 2018					
				PM2,5 100%	NOx 98%	O ₃ 100%	PM10 100%	PM2,5 100%	NOx 99%
Livorno	Rosignano Marittimo	LI-Poggio San Rocco	Urbana Fondo	PM2,5 100%	NOx 98%	O ₃ 100%			
Livorno	Collesalvetti	LI-ENI	Urbana Industriale	PM10 100%	PM2,5 100%	NOx 99%	H ₂ S 100%	BTX 99%	

I risultati delle elaborazioni relative alla stazione del comune di Rosignano Marittimo confermano quanto osservato in passato: una situazione priva di criticità per PM2,5 e per NOx, situazione invece critica per l'Ozono che anche nel 2018 non ha rispettato i limiti di normativa.

Tabella 2.2. - LI-Poggio San Rocco: indicatori 2018

Provincia e Comune	Nome stazione	PM _{2,5}	NO ₂		O ₃	
		Media annuale (µg/m ³)	Media annuale (µg/m ³)	Sup.media oraria di 200 µg/m ³	Sup.Val.Ob. per la salute umana	AOT40
Rosignano Marittimo (LI)	LI-Poggio San Rocco	7	7	0 (max 41)	52	25408

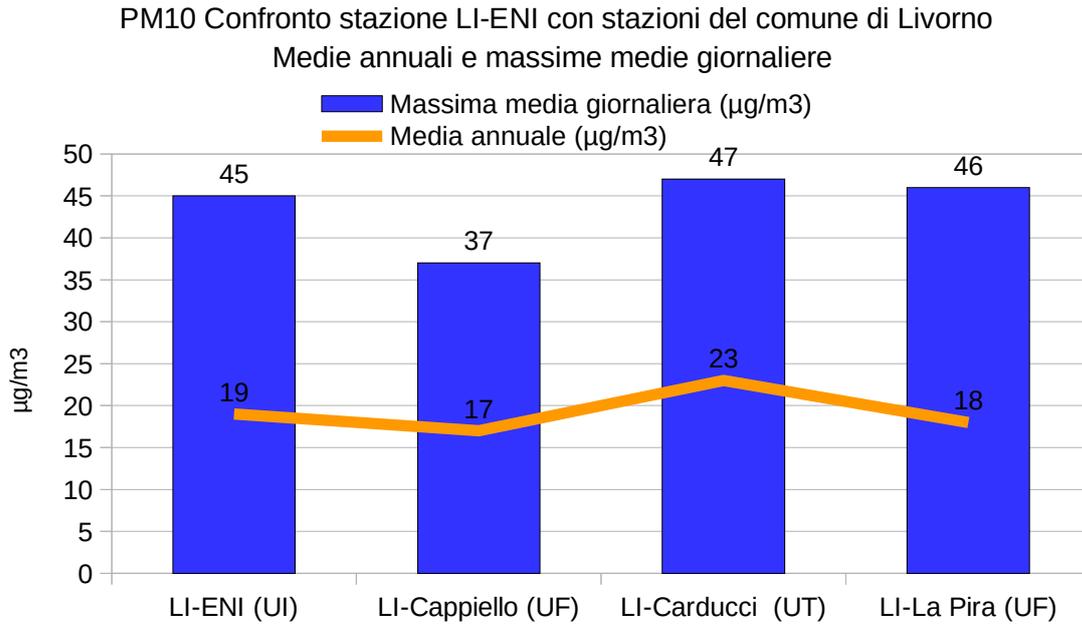
I risultati delle elaborazioni relative alla stazione LI-ENI, situata in località Stagno nel comune di Collesalvetti hanno mostrato una situazione priva di criticità per gli inquinanti monitorati rispetto ai valore limite del D.Lgs.155/10.

Tabella 2.3. - LI-ENI: indicatori 2018

Provincia e Comune	Nome stazione	PM ₁₀		PM _{2,5}	NO ₂		H ₂ S		Benz	Tol	E-benz	P-Xil	O-Xil
		Media annuale (µg/m ³)	Sup.media giornaliera di 50 µg/m ³	Media annuale (µg/m ³)	Media annuale (µg/m ³)	Sup.media oraria di 200 µg/m ³	Media annuale (µg/m ³)	Max media oraria (µg/m ³)	Media annuale (µg/m ³)				
Collesalvetti (LI)	LI-ENI	19	0	11	17	0 (max 96)	2	11	0,5	2	0,5	1	1

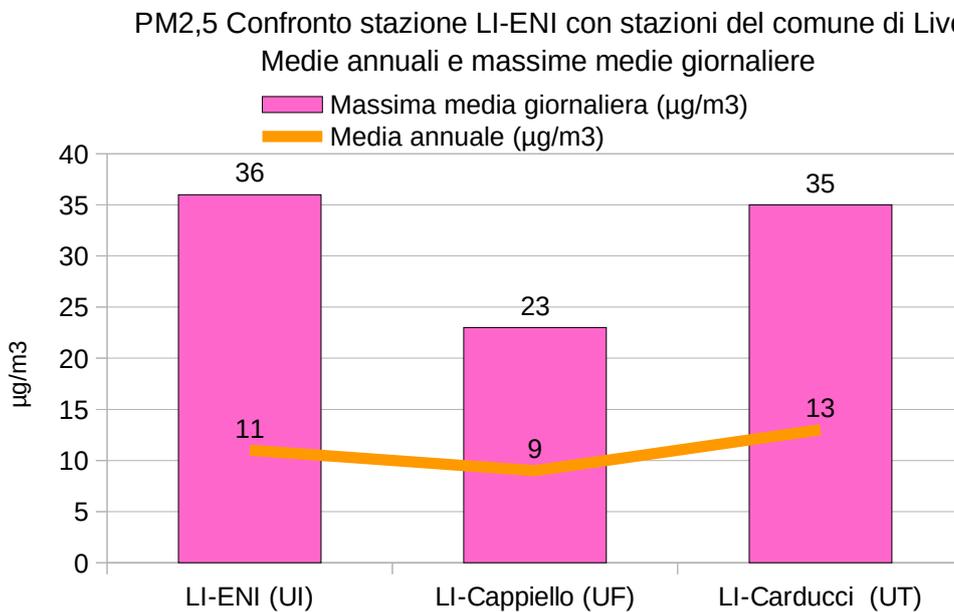
Per la stazione di nuova attivazione LI-ENI, si riporta il confronto con le stazioni che si trovano nel comune limitrofo di Livorno.

Grafico 2.1. - PM10 Stazione di LI-ENI a confronto con le altre del comune di Livorno



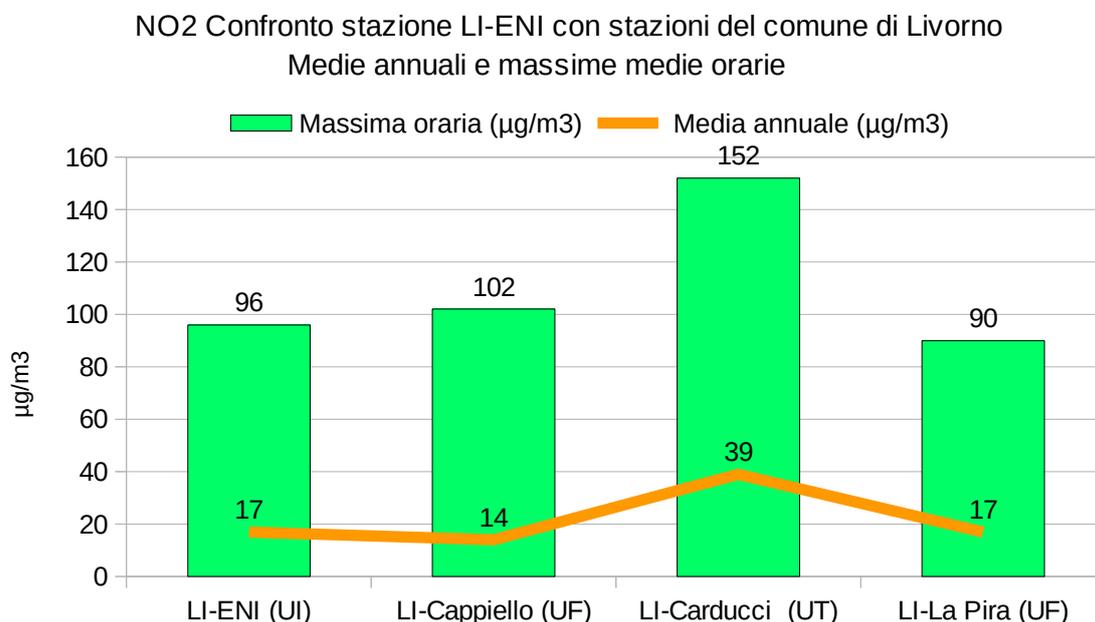
Per il parametro PM10, il valore medio annuale di concentrazione registrato presso la stazione di interesse locale è stato molto contenuto e compreso nel range delle concentrazioni medie registrate presso le stazioni del comune di Livorno. Stessa considerazione per la massima media giornaliera di PM10, pari a 45 µg/m³. Presso la stazione di LI-ENI, analogamente a quanto si osserva per la altre, non si è verificato alcun superamento della media giornaliera di 50 µg/m³.

Grafico 2.2. - PM2,5 Stazione di LI-ENI a confronto con le altre del comune di Livorno



Come per il PM10 anche per il PM2,5, il valore medio annuale di concentrazione registrato presso la stazione di interesse locale è stato molto contenuto ($11 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e compreso nel range delle concentrazioni medie registrate presso le stazioni del comune di Livorno. La massima media giornaliera è stata pari a $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Grafico 2.3. - NO2 Stazione di LI-ENI a confronto con le altre del comune di Livorno

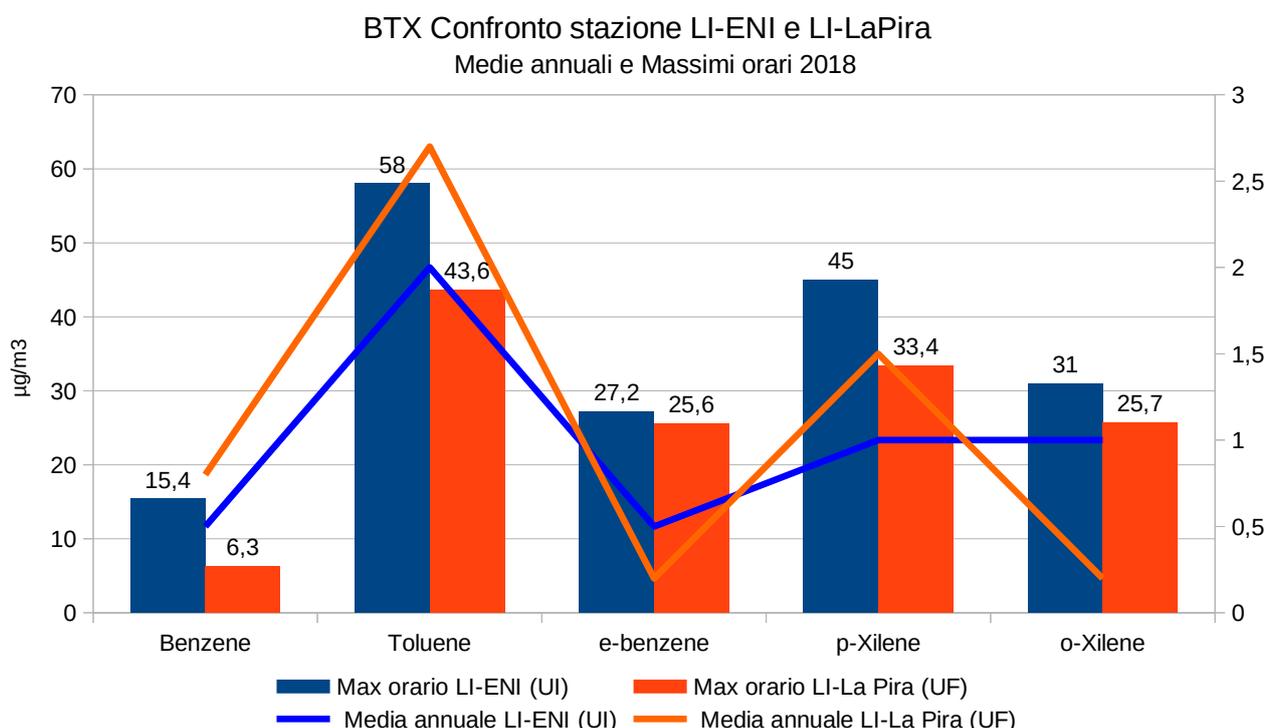


Per il parametro NO2, il valore medio annuale di concentrazione registrato nel 2018 presso la stazione di interesse locale è stato pari a $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, molto contenuto analogamente alle altre due stazioni di fondo comunali. Stessa considerazione per la massima media oraria registrata nel 2018 che è stata pari a $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Anche presso la stazione di LI-ENI, analogamente a quanto osservato per le altre, non si è verificato alcun superamento della media oraria di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per quanto riguarda l'H₂S, i dati registrati presso LI-ENI nel 2018 sono stati molto contenuti e non sono stati registrati valori di concentrazione oraria tali da poter creare un fenomeno di molestia olfattiva da H₂S, in quanto tutti i valori orari sono stati abbondantemente inferiori a 7 ad eccezione di 3 ore in tutto l'arco dell'anno (concentrazioni pari a 7; 7 e $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Grafico e tabella 2.4. - Benzene e derivati: Stazione di LI-ENI a confronto con la stazione di LI-La Pira del comune di Livorno



Massime medie orarie (µg/m³)					
Nome stazione	Benzene	Toluene	e-benzene	p-Xilene	o-Xilene
LI-ENI (UI)	15,4	58	27,2	45	31
LI-La Pira (UF)	6,3	43,6	25,6	33,4	25,7
Media annuale (µg/m³)					
Nome stazione	Benzene	Toluene	e-benzene	p-Xilene	o-Xilene
LI-ENI (UI)	0,5	2,0	0,5	1,0	1,0
LI-La Pira (UF)	0,8	2,7	0,2	1,5	0,2

Il grafico mostra che i livelli di benzene, toluene, e-benzene, p-xilene e o-xilene registrati presso le due stazioni sono simili ma i massimi orari più elevati sono stati registrati presso la stazione LI-ENI per il benzene (rapporto max ENI/max Li-LaPira = 2,4) e per tutti i suoi derivati (rapporti max ENI/max Li-LaPira tra 1 e 1,3).

Per quanto riguarda invece le medie annuali, esse sono state molto contenute in tutte e due le stazioni, con medie di benzene, toluene e p-xilene maggiori presso Li-LaPira.

Sono state realizzate inoltre alcune campagne indicative nel territorio della regione toscana, per alcune delle quali 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 le altre è ancora in fase di elaborazione.

Per le campagne che non sono ancora terminate il rapporto sarà disponibile soltanto a fine monitoraggio ed elaborazioni.

Campagne discontinue svolte durante il 2018, con mezzi mobili:

Nome e Località dell'indagine	Provincia	Parametri monitorati	Inizio campagna	Fine campagna	Campagna indicativa
Livorno – Porto Fortezza Vecchia	Livorno	NO _x , PM10, SO ₂ , CO, BTEX, DV, VV.	26/10/17	30/07/18	Sì
Livorno – Porto Darsena Toscana Ovest	Livorno	NO _x , PM10/PM2,5, SO ₂ , CO, BTEX, DV, VV.	22/11/17	21/08/18	Sì
Fornaci di Barga – Piazzale Del Frate	Lucca	PM10, PM2,5 (+ Metalli su PM10: Pb, As, Ni, Cd, Cu, Zn, Sn)	14/02/18	16/12/18	Sì
Pietrasanta – Loc. Pollino – Via Pontenuovo, 66	Lucca	NO _x , SO ₂ , H ₂ S, DV, VV, PM10, PM2,5	27/07/18	in corso	Sì
Pietrasanta – fraz. Strettoia – Centro Sportivo “La Pruniccia”	Lucca	BTEX, DV, VV, PM10, PM2,5	09/06/18	in corso	Sì
Castelfranco di Sotto – Via dell’Acacia	Pisa	NO _x , PM10, SO ₂ , H ₂ S, DV, VV	12/05/18	22/12/18	Sì
Santa Croce sull’Arno – Via delle Querce Rosse	Pisa	NO _x , PM10, SO ₂ , H ₂ S, DV, VV	21/04/18	21/01/19	Sì
San Miniato – Fraz. Ponte a Egola, Via della Tecnica	Pisa	NO _x , PM10, SO ₂ , H ₂ S, DV, VV, PM2,5 solo inverno	25/01/18	13/10/18	Sì
Fucecchio (FI), Via dei Cerchi	Pisa	NO _x , PM10, SO ₂ , H ₂ S, DV, VV, PM2,5 solo inverno	08/12/17	25/09/18	Sì
Prato Cafaggio	Prato	PM10, PM2.5 NO ₂	15-03-2018	07-01-2019	Sì
Montelupo	Firenze	PM10, PM2.5 NO ₂	12-07-2018	in corso	Sì
Badia al Pino – Civitella in Val di Chiana	Arezzo	NO _x , PM10-PM2,5, Ag, As, Cd, Ni, Pb, BaP e altri 6 congeneri IPA	18/01/18	27/11/18	Sì
Tegoleto – Civitella in Val di Chiana	Arezzo	PM10	18/01/18	27/11/18	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 14625:2012	<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	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)
Analizzatori NOx	Metodo chemiluminescenza UNI EN 14211:2012	<ul style="list-style-type: none"> • Disseminazione di campioni di miscela gassose in bombole e successiva lettura in serie con gli analizzatori della RR. Il titolo dei campioni viene verificato prima della disseminazione con l'analizzatore di riferimento del laboratorio del CRTQA.

3.1. Verifiche effettuate sui campionatori /analizzatori di PM10 e di PM2,5 di rete regionale

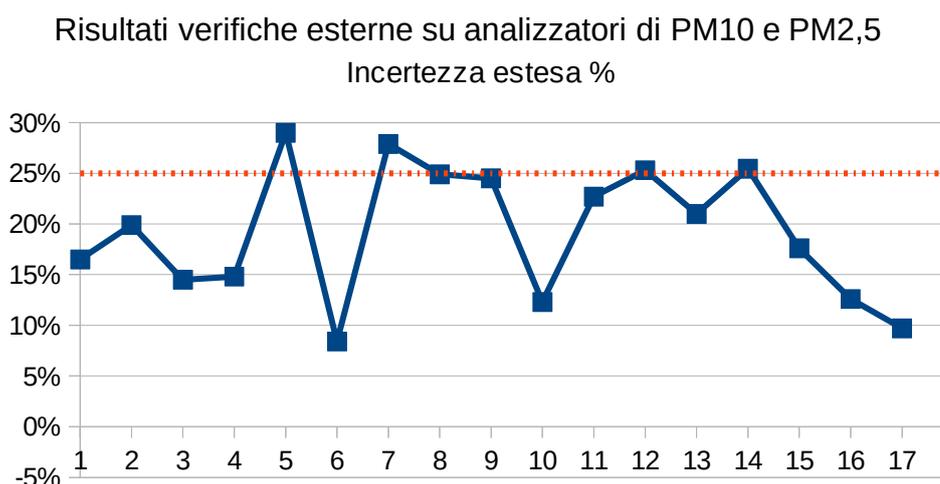
Le verifiche sulla strumentazione di PM10 e di PM2,5 sono state effettuate durante il 2018 con le modalità riportate in tabella 3.2.1.

Sono state effettuate 35 campagne di verifica di 15-20 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 94% dei casi.

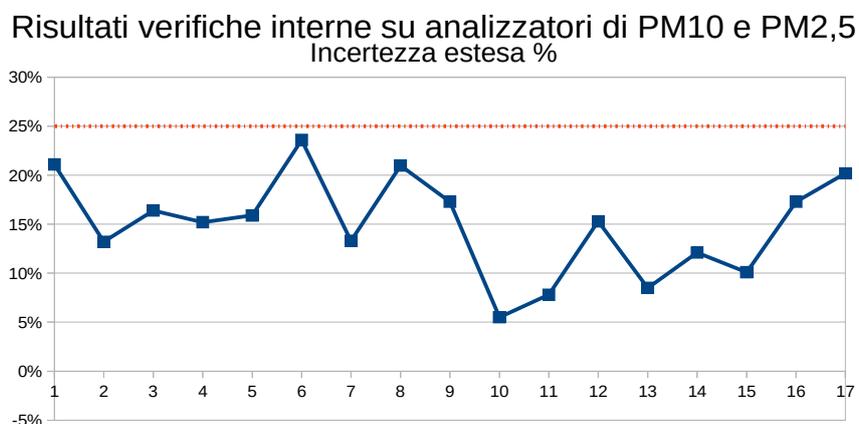
L'audit con incertezza superiore al parametro consentito è stato ripetuto con esito positivo.

Grafico 3.2.1. - Risultati audit esterni: incertezza al valore limite per la media giornaliera di 50 µg/m³



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

Grafico 3.2.2. - Risultati verifiche interne: incertezza al valore limite per la media giornaliera di 50 µg/m³



Tre analizzatori sono stati coinvolti in verifiche ON-GOING, su 80 giorni annuali distribuiti in modo omogeneo tra le 4 stagioni. Le verifiche hanno compreso un intervallo di tempo a cavallo tra il 2018 e il 2019 ed i risultati sono in corso di elaborazione.

Allegato 1

Tabelle percentili

TABELLA 1. - PM10

Tabella percentili di PM10: _medie giornaliere $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
PM10	0°	25°	50°	75°	90,4°	100°
FI-Boboli	1	13	17	23	29	61
FI-Bassi	2	13	18	23	30	73
FI-Gramsci	10	22	28	35	46	80
FI-Mosse	1	17	22	28	39	88
FI-Scandicci	1	15	20	26	33	82
FI-Signa	1	14	19	26	38	73
PO-Roma	3	15	20	28	40	106
PO-Ferrucci	2	16	22	31	43	91
PT-Signorelli	1	12	17	24	31	63
PT-Montale	2	15	20	28	45	106
AR-Acropoli	4	13	17	21	32	64
FI-Figline	7	16	23	29	41	66
AR-Repubblica	6	16	21	27	40	78
GR-URSS	3	14	18	22	26	44
GR-Sonnino	6	20	26	32	40	77
LI-Cappiello	3	13	17	21	26	37
LI-Carducci	7	18	22	27	33	47
LI-LaPira	0	13	17	22	26	46
LI-Cotone	1	11	16	20	25	48
LI-Parco VIII Marzo	0	13	17	21	24	43
MS-Colombarotto	7	15	19	23	31	62
MS-MarinaVecchia	7	15	19	23	30	65
LU-Viareggio	7	16	20	27	36	78
LU-Capannori	9	17	22	38	58	110
LU-San Concordio	3	16	21	30	41	73
LU-Micheletto	6	16	22	31	44	78
PI-Passi	3	15	19	25	32	111
PI-Borghetto	8	19	25	32	38	69
PI-Santa Croce	3	16	22	31	41	63
SI-Poggibonsi	1	14	18	22	27	39
SI-Bracci	2	14	17	22	28	44
LU-Fornoli	2	11	16	29	41	69
PI-Montecerboli	1	8	11	15	18	37
AR-Casa Stabbi	1	6	11	14	18	48

TABELLA 2. - NO₂

Tabella percentili di NO ₂ : medie orarie µg/m ³						
NO2	0°	25°	50°	75°	98,8°	100°
FI-Bassi	1	8	15	28	86	99
FI-Gramsci	3	40	59	77	139	176
FI-Mosse	3	24	34	51	114	142
FI-Scandicci	1	12	22	37	92	109
FI-Signa	1	8	14	26	75	87
FI-Settignano	1	4	6	10	56	73
PO-Roma	3	14	23	42	101	108
PO-Ferrucci	2	12	22	38	86	102
PT-Montale	1	7	14	26	70	82
PT-Signorelli	1	10	16	30	82	99
AR-Acropoli	0	6	11	20	63	78
FI-Figline	0	11	17	27	71	98
AR-Repubblica	3	23	34	47	94	121
GR-URSS	0	8	13	20	81	97
GR-Sonnino	0	20	33	49	114	150
GR-Maremma	0	2	3	4	14	26
LI-Cappiello	0	6	10	18	69	102
LI-Carducci	0	24	37	52	114	152
LI-LaPira	0	8	14	23	73	90
Li-Cotone	0	7	12	18	76	101
LI-Parco VIII Marzo	0	6	9	15	66	92
MS-Colombarotto	0	7	11	21	64	71
MS-MarinaVecchia	0	8	15	26	81	98
LU-Viareggio	0	10	19	34	86	127
LU-Carignano	0	4	8	13	54	67
LU-Capannori	0	11	20	32	77	84
LU-Micheletto	1	14	23	34	68	88
LU-San Concordio	0	12	21	34	86	109
PI-Passi	0	6	13	24	69	86
PI-Borghetto	0	18	29	43	96	119
PI-Santa Croce	1	12	20	30	85	108
PI-Montecerboli	0	1	3	5	36	59
SI-Poggibonsi	1	8	14	23	65	84
SI-Bracci	3	19	31	48	128	148
LU-Fornoli	0	6	10	16	49	67
AR-Casa Stabbi	0	1	1	2	11	18

TABELLA 3. - PM2

Tabella percentili di PM _{2,5} : _medie giornaliere µg/m ³						
PM _{2,5}	0°	25°	50°	75°	90,4°	100°
FI-Bassi	1	8	11	15	21	48
FI-Gramsci	5	12	15	19	26	50
PO-Ferrucci	2	10	13	19	29	78
PO-Roma	1	9	13	18	31	92
PT-Montale	2	10	13	20	36	96
AR-Acropoli	3	8	11	15	23	57
GR-URSS	3	7	10	13	15	22
LI-Cappiello	2	6	9	12	15	23
LI-Carducci	4	9	12	16	19	32
MS-MarinaVecchia	3	8	11	15	19	56
LU-Viareggio	3	9	12	16	23	44
LU-Capannori	3	11	15	29	49	109
PI-Borghetto	4	11	15	20	25	53
PI-Passi	2	8	11	15	21	72
SI-Poggibonsi	0	8	12	15	20	28

TABELLA 4. - OZONO

Tabella percentili di O ₃ : _medie orarie µg/m ³					
O ₃	0°	25°	50°	75°	100°
FI-Settignano	0	39	60	84	174
FI-Signa	0	20	51	80	165
AR-Acropoli	0	25	53	80	147
PT-Montale	2	16	48	78	166
GR-Maremma	10	59	76	94	156
LU-Carignano	2	42	66	92	177
PI-Passi	0	24	48	74	146
PI-Santa Croce	0	11	36	69	147
AR-Casa Stabbi	8	50	67	85	163
PI-Montecerboli	7	59	77	93	159

TABELLA 5. - BENZENE

Tabella percentili di Benzene: _medie orarie $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
Benzene	0°	25°	50°	75°	100°
FI-Bassi	0	0,5	1	1,7	14
FI-Gramsci	0,2	1,3	2,2	3,4	10
PO-Roma	0,1	0,2	0,3	0,7	5,6
AR-Acropoli	0	0,4	0,7	1,4	8,1
LU-San Concordio	0	0,4	0,8	1,8	8,3
LI-LaPira	0	0,4	0,6	1,1	6,3
LI-Parco VIII Marzo	0	0,2	0,3	0,4	11,6

Allegato 2

Limiti normativi

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

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

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³

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

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

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

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

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

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

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di Mediazione	Valore limite
Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³ NO _x

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 10. - 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

Confronto degli indicatori di qualità dell'aria ottenuti con la Rete regionale di Qualità dell'Aria in Toscana nel 2018 con i valori di riferimento indicati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.

Tabella 1. - Confronto dei dati della Rete Regionale Toscana con valori guida/valori di riferimento indicati dall'OMS

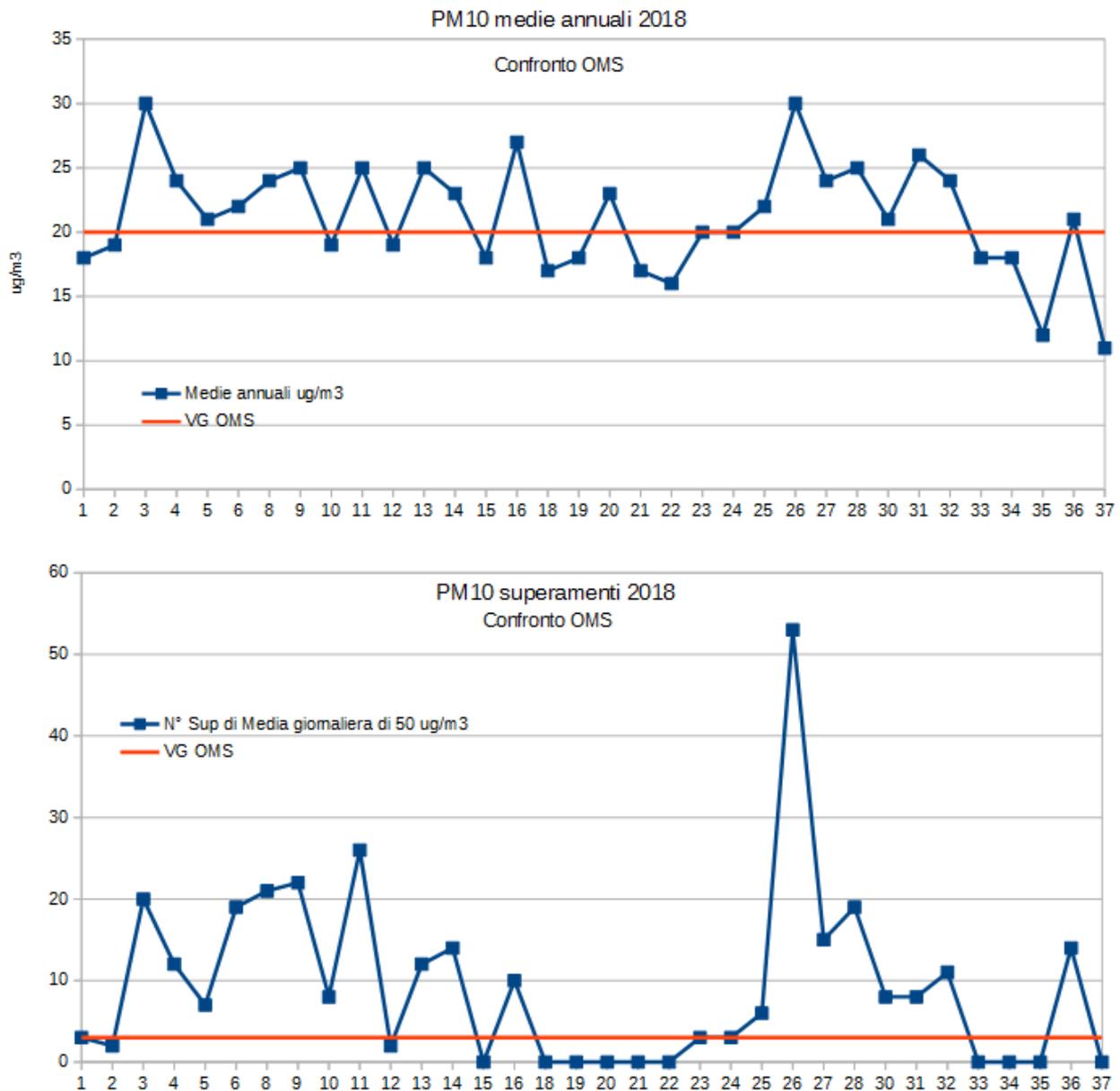
Valori Guida (VG) e valori di riferimento (VR) dell'OMS			PM ₁₀		PM _{2,5}	NO ₂		SO ₂	CO	Benzene	BaP	Pb	O ₃
			20 µg/m ³	3 sup. di 200 µg/m ³	10 µg/m ³	40 µg/m ³	Nessun sup. di 200 µg/m ³	20µg/m ³	10 mg/m ³	1,7 µg/m ³	0,12 ng/m ³	500 ng/m ³	100 µg/m ³
N°	Comune	Nome stazione	Medie annuali µg/m ³	N° Sup di Media giornaliera di 50 µg/m ³	Medie annuali µg/m ³	Medie annuali µg/m ³	N° Sup di Media oraria di 200 µg/m ³	Max media giornaliera µg/m ³	Massima media mobile su 8 h 2018 10 (mg/m ³)	Medie annuali µg/m ³	Medie annuali ng/m ³	Medie annuali ng/m ³	Massima media mobile su 8 h 2018 (µg/m ³)
1	Firenze	FI-Boboli	18	3									
2	Firenze	FI-Bassi	19	2	12	20	0	5		1,3	0,21		
3	Firenze	FI-Gramsci	30	20	16	60	0		2,6	2,5	0,44	4,2	
4	Firenze	FI-Mosse	24	12		39	0						
5	Scandicci	FI-Scandicci	21	7		26	0						
6	Signa	FI-Signa	22	19		19	0						149
7	Firenze	FI-Settignano				8	0						155
8	Prato	PO-Roma	24	21	16	30	0			0,6	0,40		
9	Prato	PO-Ferrucci	25	22	16	27	0		2,0				
10	Pistoia	PT-Signorelli	19	8		22	0						
11	Montale	PT-Montale	25	26	18	18	0						151
12	Arezzo	AR-Acropoli	19	2	13	15	0			1,1	0,39		142
13	Incisa Valdarno	FI-Figline	25	12		20	0						
14	Arezzo	AR-Repubblica	23	14		36	0		2,1				
15	Grosseto	GR-URSS	18	0	10	16	0						
16	Grosseto	GR-Sonnino	27	10		37	0						
17	Grosseto	GR-Maremma				3	0						147
18	Livorno	LI-Cappiello	17	0	9	14	0						
19	Livorno	LI-Via La Pira	18	0		17	0	8		0,8	0,13	3,1	
20	Livorno	LI-Carducci	23	0	13	39	0		2,2				
21	Piombino	LI-Parco 8 Marzo	17	0		15	0			0,4	0,08	2,1	
22	Piombino	LI-Cotone	16	0		15	0		1,0				
23	Carrara	MS-Colombarotto	20	3		15	0						
24	Massa	MS-Marina vecchia	20	3	12	19	0						
25	Viareggio	LU-Viareggio	22	6	14	24	0						
26	Capannori	LU-Capannori	30	53	22	23	0	5					
27	Lucca	LU-S.Concordio	24	15		25	0			1,3	0,43		
28	Lucca	LU-Micheletto	25	19		25	0						
29	Lucca	LU-Carignano				10	0						168
30	Pisa	PI-Passi	21	8	13	17	0						134
31	Pisa	PI-Borghetto	26	8	16	32	0		1,5				
32	S.Croce sull'Arno	PI-S.Croce	24	11		23	0						136
33	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	18	0	12	17	0						
34	Siena	SI-Bracci	18	0		36	0		1,4				
35	Pomarance	PI-Montecerboli	12	0		4	0					1,5	143
36	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	21	14		12	0						
37	Chitignano	AR-Casa Stabbi	11	0		2	0						146

1. PM10

Per quanto riguarda il PM10 l'Organizzazione mondiale della sanità indica due valori guida (VG), entrambi molto più restrittivi rispetto ai limiti del D.Lgs155/2010 attualmente vigente in Italia.

Nei grafici le stazioni sono riportate con il numero assegnato in tabella 1.

Grafico 1. Particolato PM10 confronto con il valore guida indicato dall'OMS

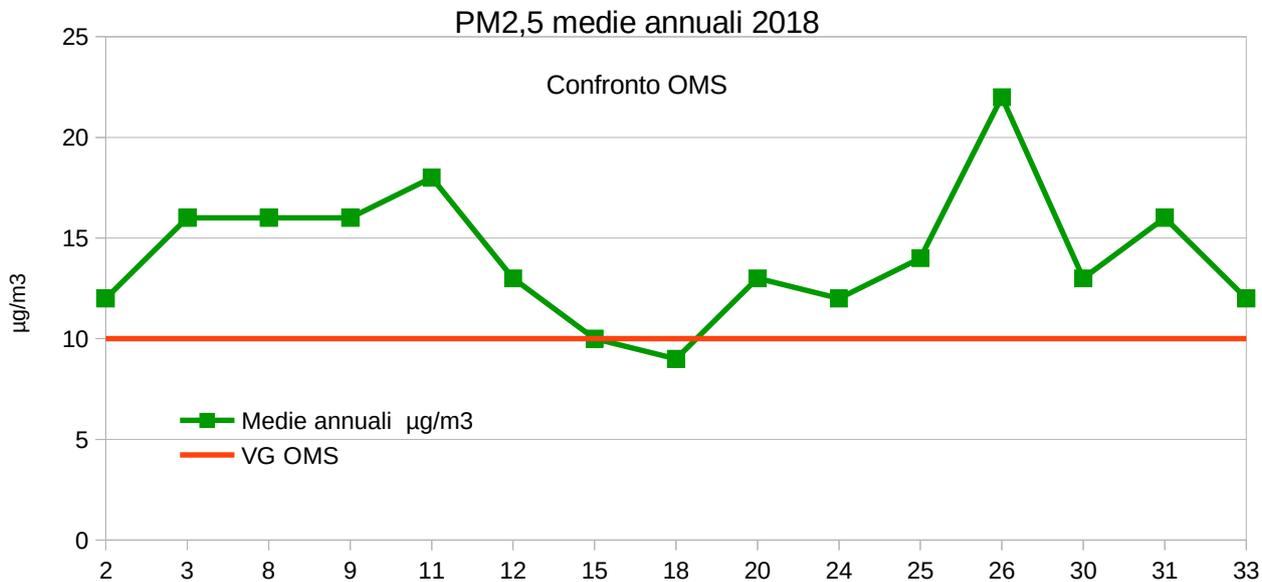


Come VG sulla media annuale di PM10, l'OMS indica 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pari al 50% del limite normativo vigente. Mentre il limite normativo vigente è stato rispettato nel 100 % delle stazioni, il VG indicato dall'OMS come media annuale di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ non è stato rispettato nel 2018 nel 56 % delle stazioni di rete regionale.

Per quanto riguarda il VG dei superamenti della media giornaliera di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, l'OMS indica un massimo di 3 superamenti. Mentre il limite normativo di 35 superamenti non è stato rispettato soltanto in una stazione su 34, pari al 3 % della stazioni di rete regionale, il

2. PM2,5

Grafico 2. Particolato PM2,5 confronto con il valore guida indicato dall'OMS

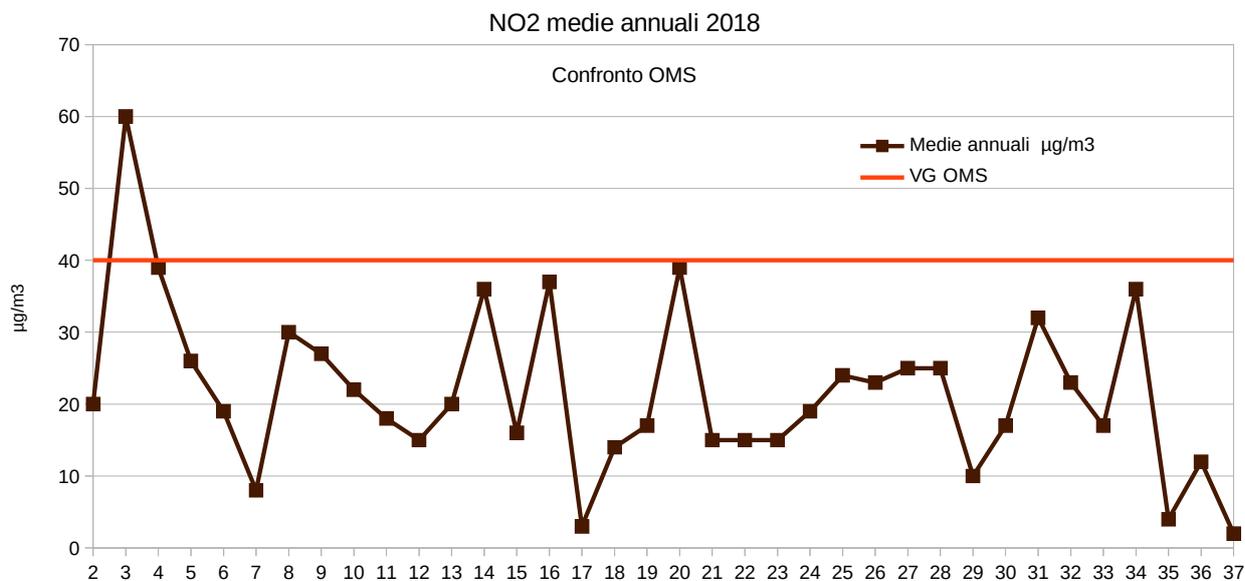


Per quanto riguarda il PM2,5 l'Organizzazione mondiale della sanità indica una media annuale di 10 µg/m³ pari al 40 % del limite normativo vigente.

Essendo molto più restrittivo rispetto al limite del D-LGS155/2010, la criticità nel 2018 è stata per 13 stazioni su 15, pari all'87 % delle stazioni di Rete regionale.

3. NO₂

Grafico 3. Biossido di azoto confronto con il valore guida indicato dall'OMS

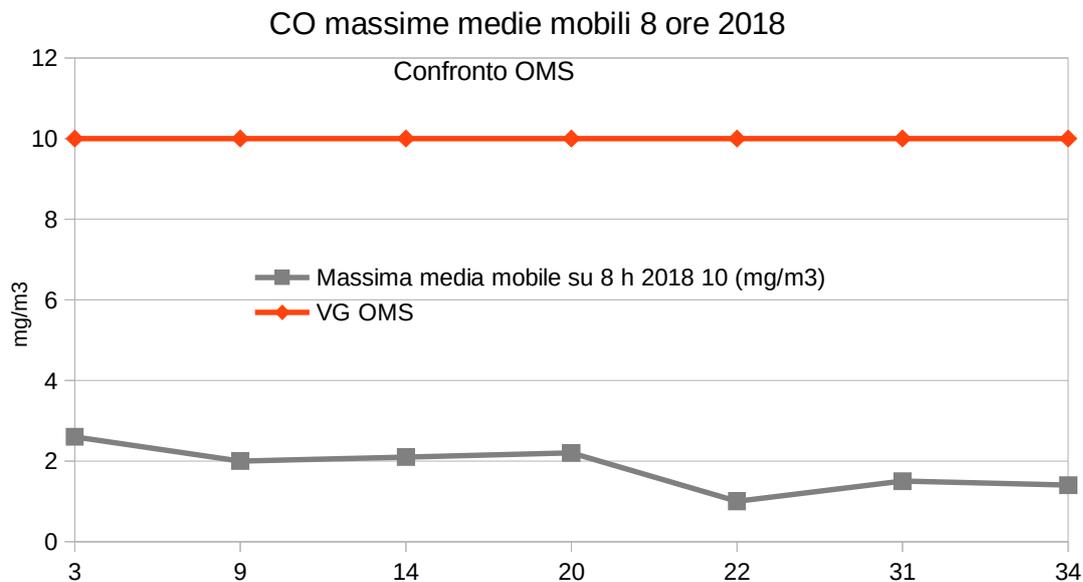


Per quanto riguarda il biossido di azoto, il parametro indicato dall'Organizzazione mondiale della sanità è lo stesso che è stato recepito dalla vigente normativa, una media annuale pari a 40 µg/m³, 40 % del limite normativo vigente. Esso non è stato rispettato soltanto da 1 stazione su 36, pari al 3 %.

Per i superamenti della media oraria di 200 µg/m³, l'OMS indica 0 superamenti del valore medio orario di 200 µg/m³. Esso nonostante sia molto più restrittivo del limite normativo che consiste in 18 superamenti, nel 2018 è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete regionale attivo.

4. CO

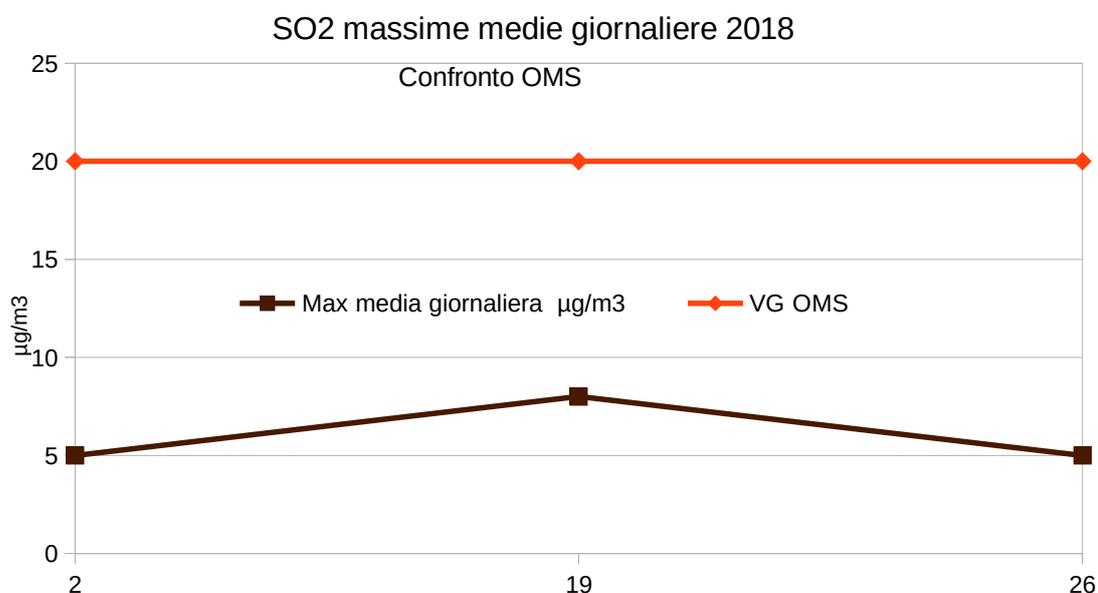
Grafico 4. - Monossido di carbonio confronto con il valore guida indicato dall'OMS



Per il CO il riferimento indicato dall'OMS coincide con il limite normativo recepito dalla normativa vigente, la massima media giornaliera su 8 ore di 10 mg/m³ che è stato rispettato nel 100 % delle stazioni di Rete regionale.

5. SO₂

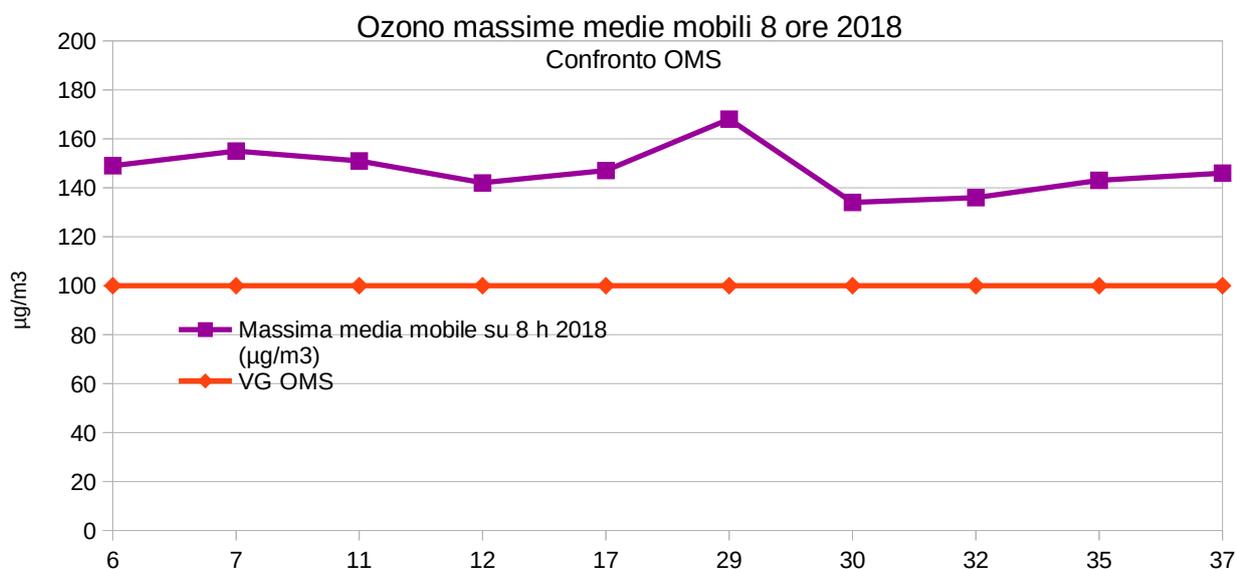
Grafico 5. - Biossido di zolfo confronto con il valore guida indicato dall'OMS



Per il biossido di zolfo il riferimento dell' OMS è una media giornaliera di 20 µg/m³ . Questo riferimento è rispettato nel 100 % delle stazioni.

6. O₃

Grafico 6. - Ozono confronto con il valore guida indicato dall'OMS

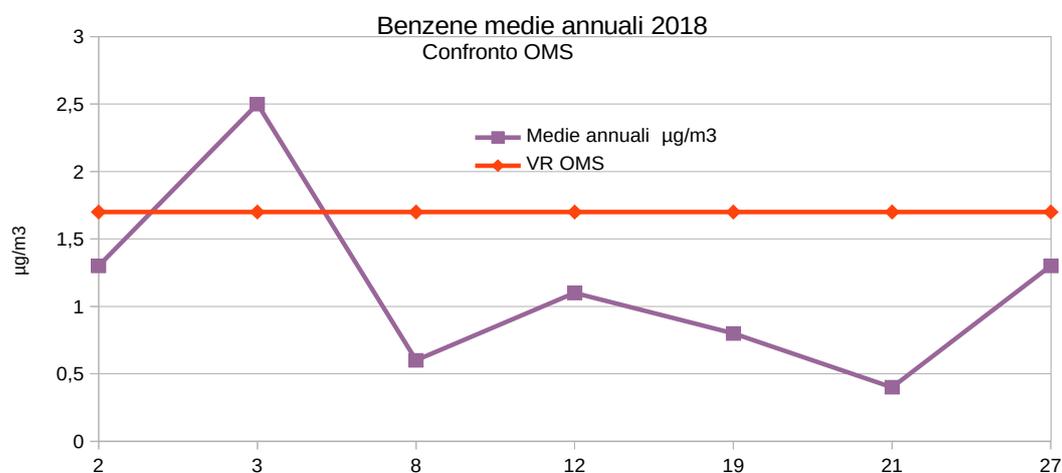


Per l'ozono il valore guida dell'OMS è una media mobile di 8 ore che non deve mai superare 100 µg/m³ nettamente inferiore al valore obiettivo della vigente normativa che indica una media mobile di 120 µg/m³ da non superare più di 25 volte.

Nel 2018 il valore guida dell'OMS è stato ampiamente superato nel 100 % delle stazioni mentre il valore di normativa è stato superato nel 70 % dei casi.

7. Benzene

Grafico 7. - Benzene confronto con il valore di riferimento indicato dall'OMS

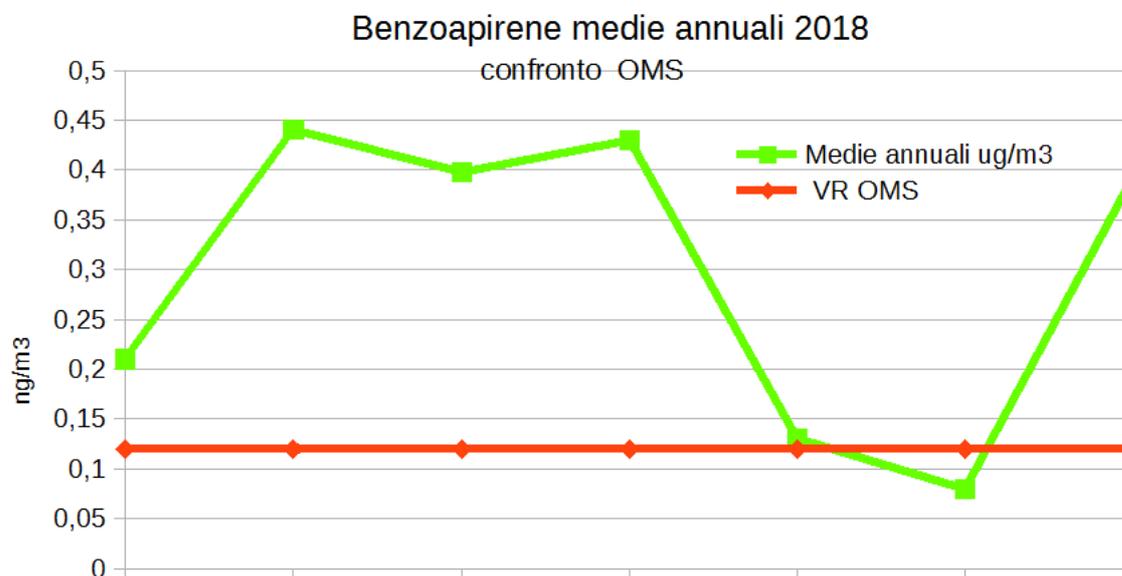


Per il benzene il valore di riferimento dell'OMS è una media annuale di 1,7 µg/m³ pari a circa un terzo del valore limite di normativa. Nel 2018 una stazione su 7, pari al 14 % non ha rispettato l'indicazione dell'OMS, mentre il limite di normativa è stato rispettato dal 100 % delle stazioni di rete regionale.

8. Benzo(a)pirene

Nei grafici le stazioni sono riportate con il numero assegnato in tabella 1.

Grafico 8. Benzo(a)pirene confronto con il valore di riferimento indicato dall'OMS

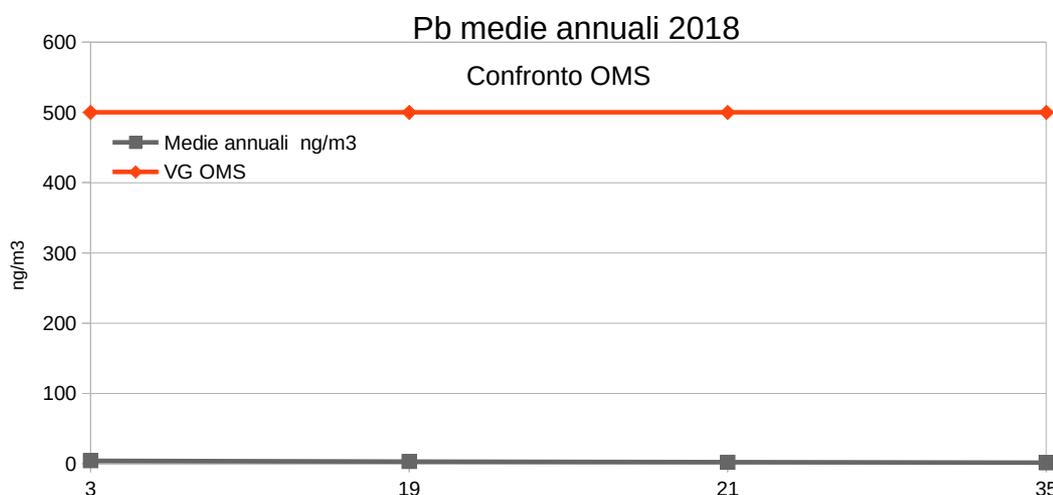


L'OMS indica un valore di riferimento come media annuale di benzoapirene di 0,12 ng/m³, nettamente inferiore al valore obiettivo di normativa pari a 1 ng/m³.

Nel 2018 6 stazioni su 7 (86 % delle stazioni) hanno rilevato una media annuale superiore all'indicazione dell'OMS, nonostante i valori registrati siano nel 100 % dei casi nettamente inferiori al valore obiettivo.

9. Piombo

Grafico 9. - Piombo confronto con il valore guida indicato dall'OMS



Il valore guida indicato dall'OMS per il Piombo coincide con quello recepito dalla normativa vigente, 500 ng/m³ come media annuale.

Esso è abbondantemente rispettato in tutto il territorio regionale.

Allegato 4

ANALISI DEL TREND DEGLI INQUINANTI (PM10, PM2,5, NO₂, OZONO) (2003-2018)

Analisi del trend degli inquinanti (PM10, PM2,5, NO₂, Ozono) (2003-2018)

Questa analisi ha lo scopo di descrivere in modo sintetico e in forma aggregata 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 16 anni (2003-2018) presso le stazioni di rete regionale (DGRT 964/2015) per le quali l'analisi dei trend per gli anni 2003-2017 riportata nella Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria relativa all'anno 2017 abbia evidenziato un trend statisticamente non significativo (evidenziate in grigio nelle tabelle); a queste sono state aggiunte le stazioni la cui serie storica con l'anno 2018 ha raggiunto il numero minimo di cinque anni previsto per potere effettuare analisi statistiche sufficientemente solide (evidenziate in azzurro nelle tabelle).

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.

Dall'analisi dei trend effettuata per gli anni 2003-2017 e riportata nella precedente edizione della relazione regionale è emerso, per alcune stazioni, un trend decrescente statisticamente significativo ma con valori di slope molto piccoli. In tali casi sono stati effettuati ulteriori approfondimenti per la verifica del trend tramite l'utilizzo di metodi statistici che permettessero di effettuare un'analisi di trend di tipo non lineare. I dati di queste stazioni sono stati aggiornati al 2018 nel paragrafo 1 e 2 (in blu nelle tabelle).

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 2003-2017¹; Per l'ozono sembra esserci un'indicazione chiara di un incremento 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.

I metodi statistici adottati

Per l'analisi del trend di tipo lineare delle serie storiche di dati di qualità dell'aria possono essere utilizzati diversi tipi di approcci quali il metodo di Mann-Kendall² [1] o quello di Theil-Sen [2, 3]. Per questo studio, coerentemente a quanto già presentato nelle precedenti Relazioni regionali 2016 e 2017, è stato utilizzato questo ultimo, implementato dal *King's College* di Londra nel software OpenAir [4], che permette di individuare l'intervallo di confidenza del parametro utilizzato per la descrizione del trend (slope).

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. (Paragrafo 1)

¹ Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Regione Toscana, anno 2017

² Utilizzato per la stima del trend nella Relazione regionale di qualità dell'aria 2016 in relazione agli anni 2003-2015.

L'approfondimento dell'analisi di trend delle stazioni per le quali sono stati osservati trend decrescenti statisticamente significativi ma con valori di slope ridotti è stato effettuato utilizzando la regressione non parametrica al fine di indagare la forma della linea di tendenza. La tecnica statistica utilizzata è quella del General Additive Model (GAM); è stata utilizzata la funzione "SmoothTrend", implementata nel software OpenAir [4]; come per la funzione "TheilSen", anche in questo caso, la stagionalità è stata rimossa dalle serie di dati utilizzando l'opzione prevista all'interno della stessa funzione³. (Paragrafo 2)

1. I RISULTATI DEL TEST DI THEIL-SEN – TREND MONOTONO

1.1 MATERIALE PARTICOLATO PM10

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003 – 2018 mostra, per la maggior parte delle stazioni, un trend in diminuzione. All'elenco delle stazioni esaminate nella precedente edizione della relazione regionale, si sono aggiunte le stazioni di FI-Signa, AR-Acropoli e LI-Cappiello per le quali sono stati raggiunti i 5 anni di monitoraggio necessari per tale tipo di analisi. Su 27 stazioni analizzate solo 2 non presentano un trend statisticamente significativo (in grigio nel grafico) mentre per le altre stazioni si osserva un trend decrescente statisticamente significativo (in blu nel grafico).

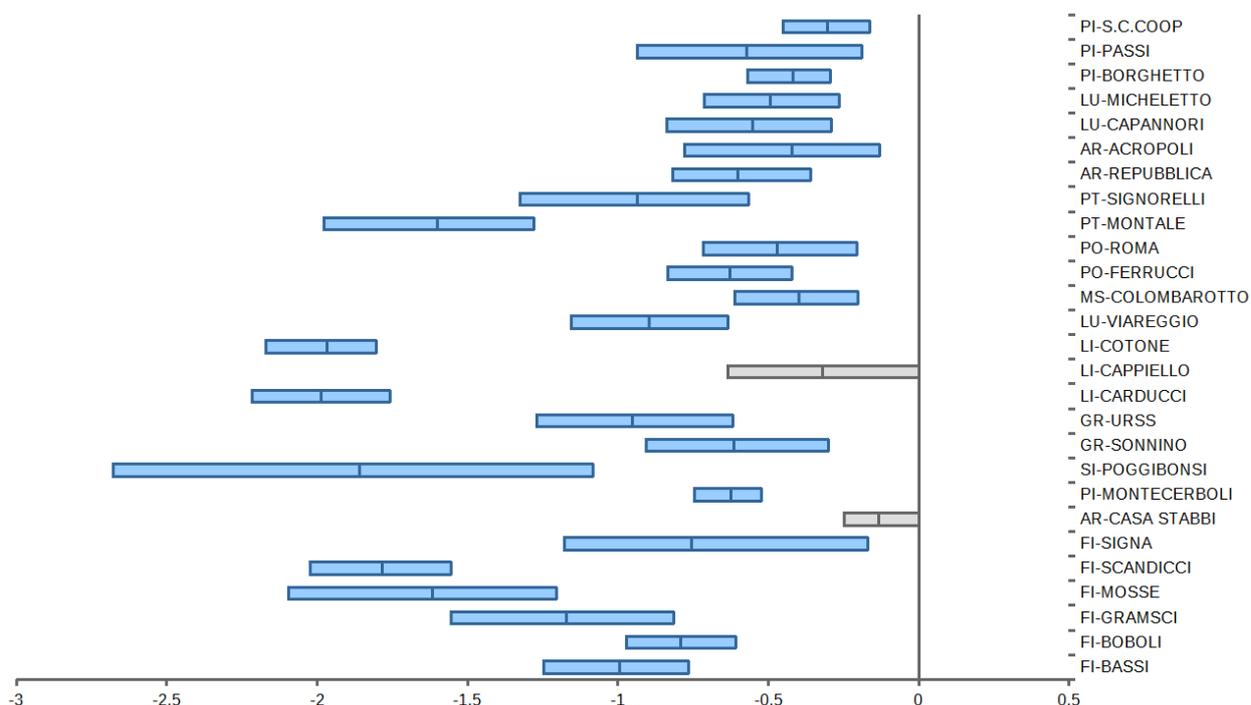


Figura 1. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 (2003-2018)

³ Questa metodologia è stata applicata per l'elaborazione dei dati di qualità dell'aria nelle seguenti pubblicazioni:
 - "Review of cumulative air impact assessment methodologies for nsw - final report", NSW Environment Protection Authority (EPA), 24/08/2015
 - The website for airquality data managed by the Scottish Environment Protection Agency (SEPA)
<http://www.scottishairquality.scot/data/openair?build=smoothtrend>

Delle due stazioni per le quali non è possibile individuare un trend, una è la stazione di AR-Casa Stabbi per la quale non era stato individuato un trend statisticamente significativo nemmeno per la serie relativa agli anni 2006-2017 mentre la seconda è la stazione di LI-Cappiello la cui serie dati è costituita da solo cinque anni.

Il valore mediano dei trend decrescenti statisticamente significativi è di $-0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno⁴ ($-0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e massimo $-2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) con variazioni anche rilevanti tra le varie zone. (Figura 1).

Zona	Periodo	Stazione	Slope	Lower slope	Upper slope	Significatività statistica del test (p-value)	Trend
Agglomerato	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-BASSI (UF)	-0.9938916	-1.247211	-0.7664908	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-BOBOLI (UF)	-0.7900184	-0.9730893	-0.607697	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-GRAMSCI (UT)	-1.172974	-1.556116	-0.8152187	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-MOSSE (UT)	-1.617574	-2.094312	-1.203853	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2004 – 31/12/2016	FI-SCANDICCI (UF)	-1.782296	-2.023835	-1.55607	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2014 – 31/12/2018	FI-SIGNA	-0.587357	-1.009442	-0.1685779	< 0.05	DECRESCENTE
Zona collinare/montana	01/01/2008 – 31/12/2018	AR-CASA STABBI (RF)	-0.1086325	-0.2236316	0.02304887	0.1101836	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	PI-MONTECERBOLI (SF)	-0.622912	-0.7468956	-0.5231468	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2010 – 31/12/2016	SI-POGGIBONSI (UF)	-1.860716	-2.6789	-1.082411	< 0.001	DECRESCENTE
Zona costiera	01/01/2006 – 31/12/2017*	GR-SONNINO (UT)	-0.6136916	-0.904865	-0.2995146	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2004 – 31/12/2016	GR-URSS (UF)	-0.9524205	-1.271244	-0.6186512	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-CARDUCCI (UT)	-1.988009	-2.216679	-1.75771	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2014 – 31/12/2018	LI-CAPPIELLO (UF)	-0.1570556	-0.4719026	0.1640223	0.3572621	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-COTONE (SI)	-1.96769	-2.169512	-1.802616	< 0.001	DECRESCENTE
Zona Prato/Pistoia	01/01/2003 – 31/12/2016	LU-VIAREGGIO (UF)	-0.8946853	-1.156485	-0.6351552	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2007 – 31/12/2016	MS-COLOMBAROTTO (UF)	-0.3968876	-0.6113853	-0.2013193	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	PO-FERRUCCI (UT)	-0.6284269	-0.8330496	-0.4222117	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	PO-ROMA (UF)	-0.4692989	-0.7170056	-0.20583	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	PT-MONTALE (SF)	-1.599202	-1.977626	-1.280406	< 0.001	DECRESCENTE
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	01/01/2009 – 31/12/2016	PT-SIGNORELLI (UF)	-0.9348631	-1.324829	-0.5653732	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	AR-REPUBBLICA (UT)	-0.5998887	-0.8178964	-0.3595755	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2014 – 31/12/2018	AR-ACROPOLI (UF)	-0.4219652	-0.777597	-0.1302192	< 0.01	DECRESCENTE
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	01/01/2003 – 31/12/2016	LU-CAPANNORI (UF)	-0.5536633	-0.8362081	-0.2917359	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	LU-MICHELETTO (UT)	-0.4936151	-0.7122571	-0.2643837	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2018	PI-BORGHETTO (UT)	-0.4177401	-0.5686971	-0.292104	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2010 – 31/12/2016	PI-PASSI (UF)	-0.5723035	-0.9368461	-0.1898499	< 0.01	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2018	PI-S.C.COOP (SF)	-0.3048801	-0.4502253	-0.1639235	< 0.001	DECRESCENTE

Tabella 1. Parametri del Test di Theil-Sen applicato alle concentrazioni medie giornaliere di PM10 e periodo considerato per l'analisi (2003-2018)

(in azzurro le stazioni aggiuntive rispetto a quelle analizzate per gli anni 2003-2017

in grassetto le stazioni che per gli anni 2003-2017 non presentavano un trend statisticamente significativo

in grigio le stazioni che per gli anni 2003-2018 non presentano un trend statisticamente significativo

in blu le stazioni di cui al paragrafo 2)

1.2 MATERIALE PARTICOLATO PM2,5

Per quanto riguarda i livelli di concentrazione di PM2,5 si osserva, per 5 stazioni su 12 analizzate, un trend decrescente statisticamente significativo (Figura 2). L'analisi statistica conferma il trend crescente per la stazione di SI-Poggibonsi già evidenziato nella relazione regionale precedente, mentre per le stazioni di PT-Montale, LU-Capannori, AR-Acropoli, LI-Cappiello e LU-Viareggio non è possibile individuare un trend statisticamente significativo; per queste ultime quattro stazioni la serie dei dati disponibile è costituita da solo cinque anni.

⁴ 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

I valore mediano dei trend decrescenti statisticamente significativi di PM_{2,5} è di -0.3 µg/m³ all'anno⁵.

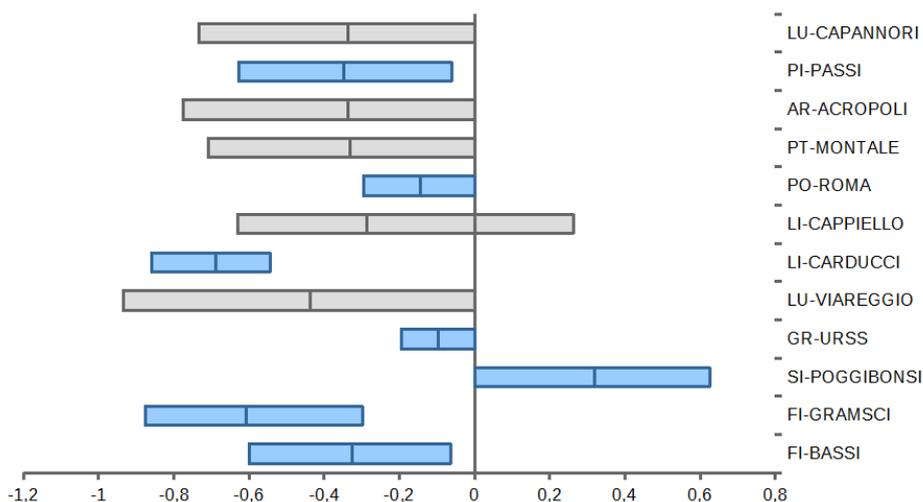


Figura 2. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{2.5} (2003-2018)

Zona	Periodo	Stazione	Slope	Lower slope	Upper slope	Significatività statistica del test (p-value)	Trend
Agglomerato	01/01/2011 – 31/12/2017	FI-BASSI (UF)	-0.3266869	-0.5979292	-0.06392066	<0.05	DECRESCENTE
	01/01/2010 – 31/12/2016	FI-GRAMSCI (UT)	-0.6060455	-0.8764413	-0.2980122	< 0.001	DECRESCENTE
Zona collinare/montana	01/01/2012 – 31/12/2017	SI-POGGIBONSI (UF)	0.347816	0.02827966	0.6536242	< 0.05	CRESCENTE
Zona costiera	01/01/2010 – 31/12/2018	GR-URSS (SF)	-0.164933	-0.2631923	-0.06944666	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2014 – 31/12/2018	LU-VIAREGGIO (UF)	-0.03896092	-0.5349853	0.3993854	0.8113523	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	LI-CARDUCCI (UT)	-0.6880754	-0.8583911	-0.5429082	< 0.001	DECRESCENTE
Zona Prato/Pistoia	01/01/2014 – 31/12/2018	LI-CAPPIELLO (UF)	-0.0236822	-0.3659083	0.2633284	0.8881469	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2006 – 31/12/2018	PO-ROMA (UF)	-0.2287688	-0.3800177	-0.08483389	< 0.001	DECRESCENTE
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	01/01/2013 – 31/12/2018	PT-MONTALE (SF)	-0.2731499	-0.649546	0.05717996	0.1602671	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2018	AR-ACROPOLI (UF)	-0.1667193	-0.6049257	0.1707233	0.3505843	NON SIGNIFICATIVO
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	01/01/2010 – 31/12/2016	PI-PASSI (UF)	-0.3469247	-0.6259372	-0.06074843	< 0.05	DECRESCENTE
	01/01/2014 – 31/12/2018	LU-CAPANNORI (UF)	-0.08952056	-0.484722	0.2471384	0.6377295	NON SIGNIFICATIVO

Tabella 2. Parametri del Test di Theil-Sen applicato alle concentrazioni medie giornaliere di PM_{2.5} e periodo considerato per l'analisi (2003-2018)

(in azzurro le stazioni aggiuntive rispetto a quelle analizzate per gli anni 2003-2017
in grassetto le stazioni che per gli anni 2003-2017 non presentavano un trend statisticamente significativo
in grigio le stazioni che per gli anni 2003-2018 non presentano un trend statisticamente significativo
in blu le stazioni di cui al paragrafo 2)

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.

1.3 BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003–2018 mostra un trend decrescente statisticamente significativo per circa l'86% delle stazioni di rete regionale. Tre stazioni su 28 non presentano un trend statisticamente significativo (SI-Poggibonsi, PO-Roma, PI-Santa Croce Coop) mentre per la stazione di PI-Passi si conferma un trend crescente. All'elenco delle stazioni esaminate nella precedente edizione della relazione regionale, si è aggiunta la stazione di FI-Signa per la quale sono stati raggiunti i 5 anni di monitoraggio necessari per tale tipo di analisi. Il valore mediano dei trend decrescenti statisticamente significativi di NO₂ è di -1.1 µg/m³ all'anno⁶ 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.

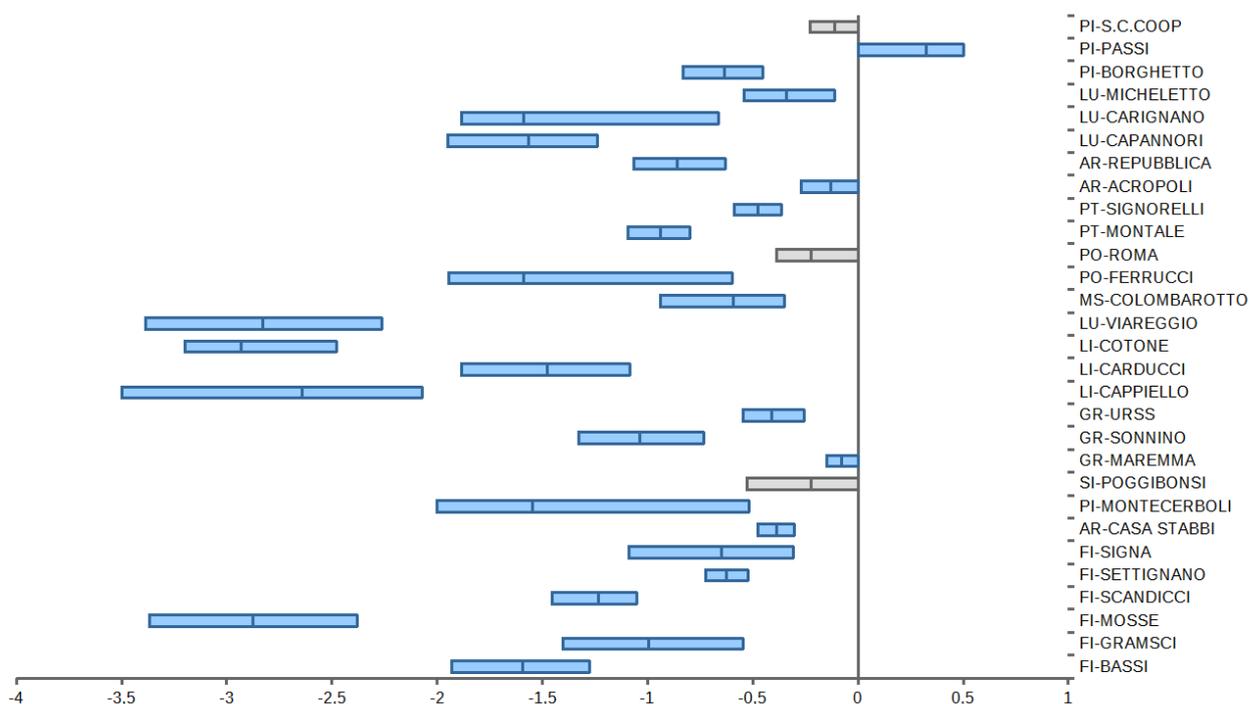


Figura 3. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di NO₂ (2003-2018)

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.

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
	01/01/2003 – 31/12/2016	FI-SETTIGNANO	-0.6260513	-0.7243732	-0.5209631	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2014 – 31/12/2018	FI-SIGNA	-0.6496114	-1.089753	-0.305314	< 0.001	DECRESCENTE
Zona collinare/montana	01/01/2005 – 31/12/2016	AR-CASA STABBI	-0.3858141	-0.4770214	-0.3046546	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2013 – 31/12/2017	PI-MONTECERBOLI	-1.026942	-1.483241	-0.5186126	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2010 – 31/12/2018	SI-POGGIBONSI	-0.186477	-0.4882691	0.03775368	0.1101836	NON SIGNIFICATIVO
Zona costiera	01/01/2010 – 31/12/2018	GR-MAREMMA	-0.2049754	-0.2737097	-0.1271168	< 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
	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
Zona Prato/Pistoia	01/01/2003 – 31/12/2018	PO-ROMA	-0.1832854	-0.3487636	0.03754188	0.1135225	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2003 – 31/12/2016	PT-MONTALE	-0.9391522	-1.091833	-0.7959965	< 0.001	DECRESCENTE
	01/01/2003 – 31/12/2016	PT-SIGNORELLI	-0.4766882	-0.5864156	-0.3654864	< 0.001	DECRESCENTE
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	01/01/2003 – 31/12/2018	AR-ACROPOLI	-0.3224643	-0.4620627	-0.1943541	< 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 – 31/12/2018	LU-MICHELETTO	-0.3386596	-0.5418102	-0.1104097	< 0.01	DECRESCENTE
	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 – 31/12/2018	PI-S.C.COOP	-0.01141364	-0.1315577	0.09789587	0.8213689	NON SIGNIFICATIVO

Tabella 3. Parametri del Test di Theil-Sen applicato alle concentrazioni medie giornaliere di NO₂ e periodo considerato per l'analisi (2003-2018)

(in azzurro le stazioni aggiuntive rispetto a quelle analizzate per gli anni 2003-2017

in grassetto le stazioni che per gli anni 2003-2017 non presentavano un trend statisticamente significativo

in grigio le stazioni che per gli anni 2003-2018 non presentano un trend statisticamente significativo

in blu le stazioni di cui al paragrafo 2)

1.4 OZONO (O₃)

L'analisi statistica dei dati del periodo 2003–2018 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, mentre per altre 5 stazioni non è possibile individuare un trend statisticamente significativo (Figura 4); per la stazione di PI-Passi, che per gli anni 2003-2017 mostrava un trend decrescente, non viene individuato un trend statisticamente significativo. All'elenco delle stazioni esaminate nella precedente edizione della relazione regionale, si è aggiunta la stazione di FI-Signa per la quale sono stati raggiunti i 5 anni di monitoraggio necessari per tale tipo di analisi. Il valore mediano dei trend⁷ delle quattro stazioni con trend crescente statisticamente significativo è pari a 0.5 µg/m³.

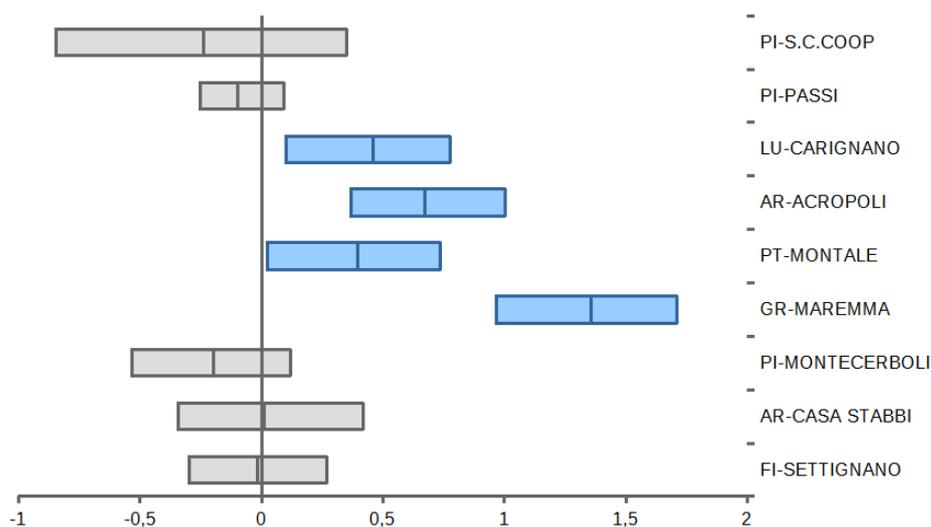


Figura 4. Trend delle concentrazioni medie giornaliere di ozono (2003-2018)

Zona	Periodo	Stazione	Slope	Lower slope	Upper slope	Significatività statistica del test (p-value)	Trend
Agglomerato	01/01/2003 – 31/12/2018	FI-SETTIGNANO	0.009714632	-0.2193576	0.2437963	0.8814691	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2014 – 31/12/2018	FI-SIGNA	1.08153	-0.2073081	2.362239	0.1235392	NON SIGNIFICATIVO
Zona collinare/montana	01/01/2006 – 31/12/2018	AR-CASA STABBI	-0.0512069	-0.3918275	0.29506	0.7479132	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2004 – 31/12/2018	PI-MONTECERBOLI	-0.1240436	-0.3792669	0.09475255	0.3372287	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 – 31/12/2018	PI-PASSI	-0.09853608	-0.09853608	0.09294659	0.2971619	NON SIGNIFICATIVO
	01/01/2012 – 31/12/2018	PI-S.C.COOP	0.3524236	-0.1005487	0.8336203	0.08347245	NON SIGNIFICATIVO

Tabella 4. Parametri del Test di Theil-Sen applicato alle concentrazioni medie giornaliere di ozono e periodo considerato per l'analisi (2003-2018)

(in azzurro le stazioni aggiuntive rispetto a quelle analizzate per gli anni 2003-2017)

in grassetto le stazioni che per gli anni 2003-2017 non presentavano un trend statisticamente significativo

in grigio le stazioni che per gli anni 2003-2018 non presentano un trend statisticamente significativo

in blu le stazioni di cui al paragrafo 2)

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.

2. I RISULTATI DEL MODELLO DI REGRESSIONE PARAMETRICA – TREND NON MONOTONO

L'approfondimento con regressione parametrica dell'analisi di trend è stato effettuato per le stazioni per le quali sono stati osservati trend decrescenti statisticamente significativi ma valori di slope ridotti. In particolare, sono state considerate le serie di dati per le quali il valore dello slope è risultato essere inferiore al valore del 95° percentile della serie dei valori di pendenza ottenuti dall'applicazione del test di Theil-Sen per ciascuno degli inquinanti analizzati; vengono, quindi, esaminati solo i risultati il cui valore di slope ha una probabilità di accadimento del 5% con una confidenza pari al 95%.

Fa eccezione l'ozono per il quale tale approfondimento è stato realizzato solo per la stazione di PI-Passi, unica postazione per la quale è stato rilevato un trend decrescente statisticamente significativo ma con un valore di slope ridotto. Per tutte le altre stazioni l'analisi di trend di tipo monotono effettuata per gli stessi anni ha mostrato un marcato trend crescente che non necessita di un ulteriore approfondimento; per tali stazioni verrà aggiornato nel corso degli anni lo studio del trend con il test di Theil-Sen al fine di verificare l'eventuale presenza di variazioni significative.

2.1 MATERIALE PARTICOLATO PM10

Per questo inquinante le stazioni selezionate con il criterio precedentemente esposto sono due:

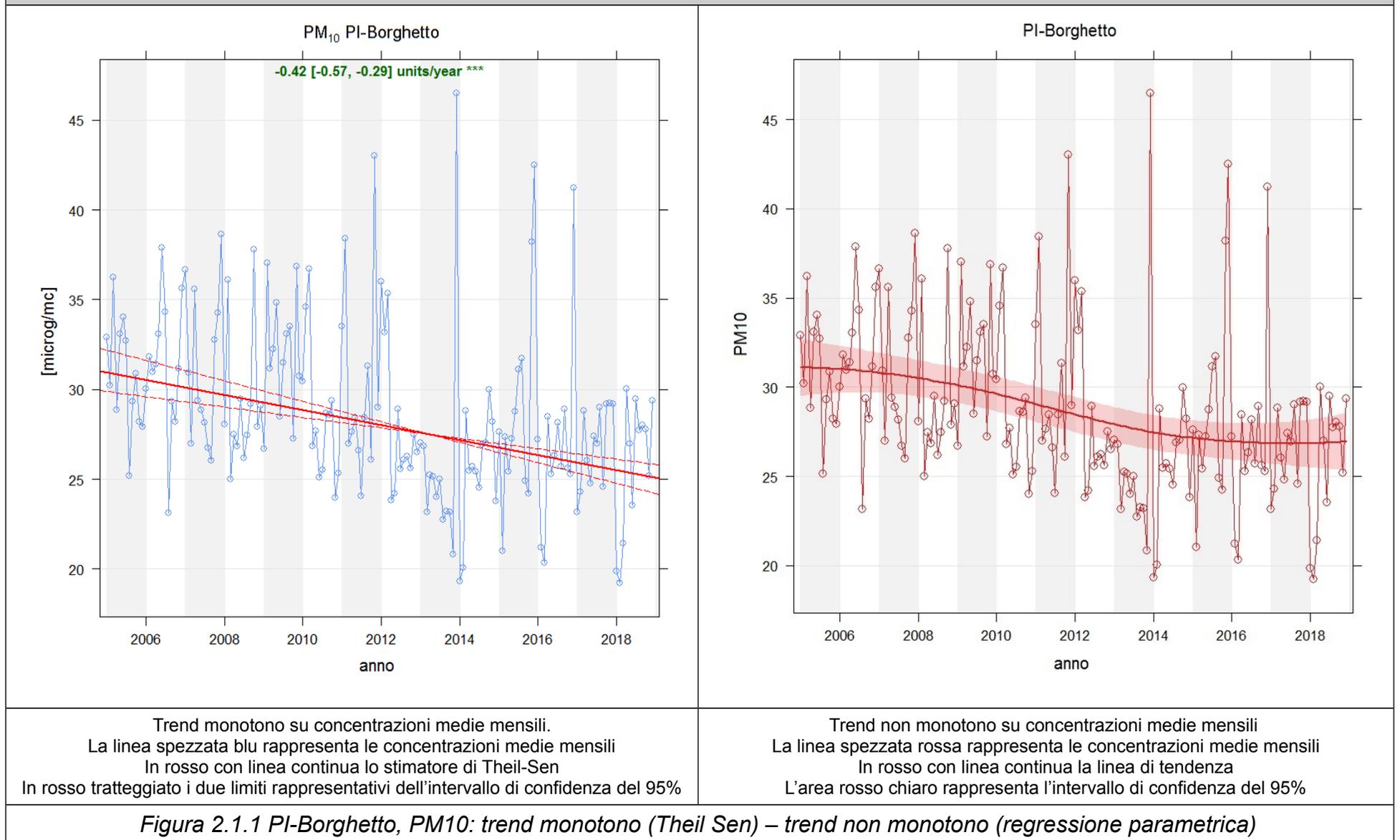
- > PI-Borghetto, slope (2003-2017): $-0,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- > PI-Santa Croce Coop, slope (2003-2017): $-0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

In figura 2.1.1 e 2.1.2 vengono riportati i grafici affiancati della linea di tendenza ottenuta con il metodo Theil-Sen (a sinistra) per tutti gli anni di monitoraggio compreso l'anno 2018 e quelli di trend non monotono ottenuti con il metodo della regressione parametrica (a destra) per gli stessi anni.

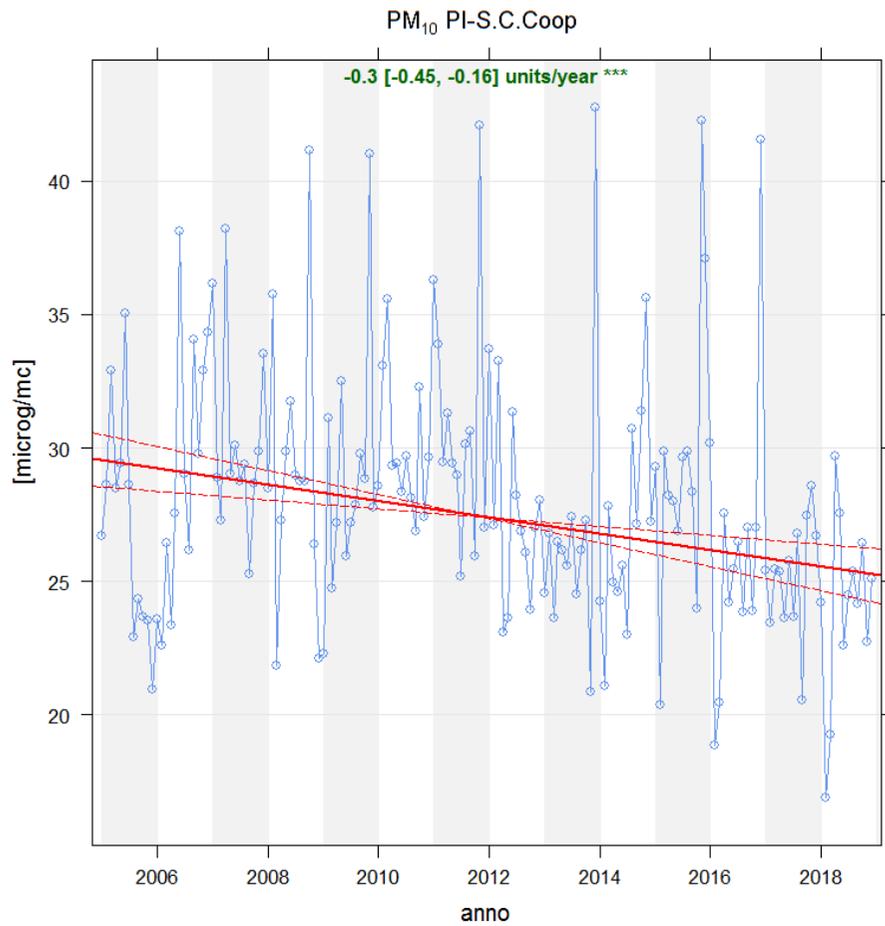
Per la stazione di PI-Borghetto si riscontra un decremento dei livelli di concentrazione di PM10 continuo e costante nel corso degli anni con una variazione delle pendenze locali della curva di trend di entità contenuta. Lo slope della linea di trend monotono aumenta rispetto a quello individuato per la serie relativa agli anni 2003-2017 passando a $-0,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il trend per i livelli di concentrazione di PM10 rilevati presso la stazione di PI-Santa Croce Coop negli anni 2003-2018 è descritto, applicando il metodo della regressione parametrica, da una curva con variazioni di pendenza locale non costante nel tempo e con segno, talvolta, opposto tra periodi successivi. Nel complesso, si osserva un decremento dei livelli di concentrazione della linea di tendenza nel corso degli anni. Il risultato ottenuto con l'applicazione del metodo Theil-Sen per gli anni 2003-2017 pressoché invariato aggiungendo alla serie dati i livelli di concentrazione rilevati nel corso del 2018 ($-0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

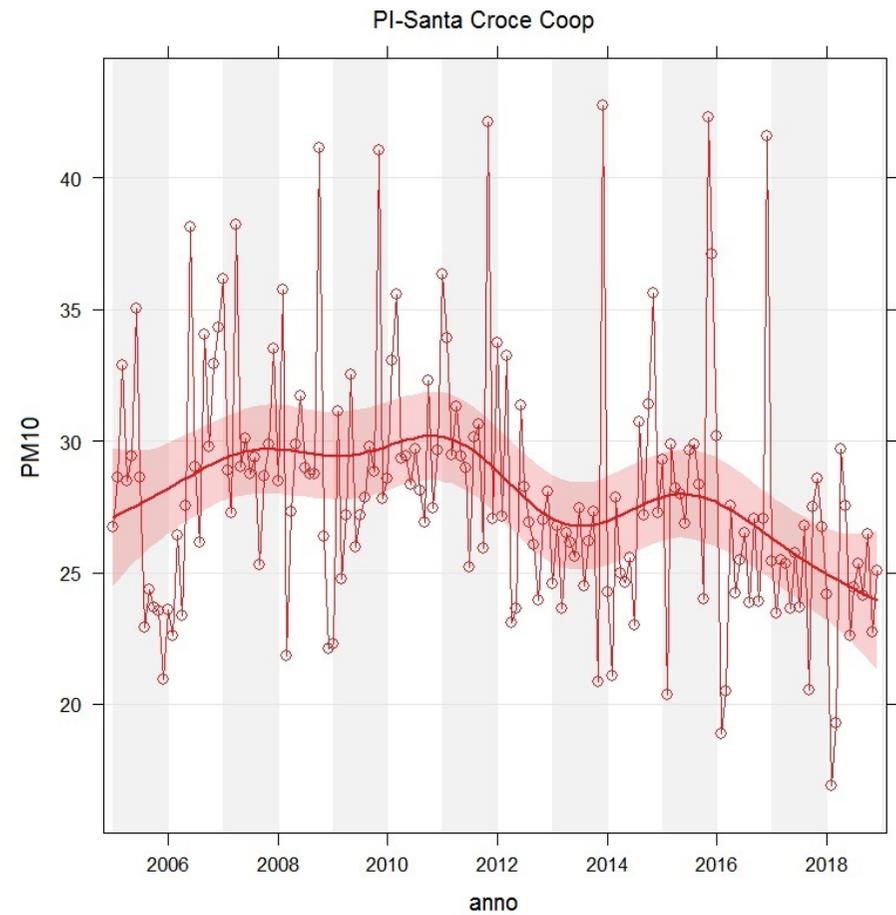
PI-BORGHETTO
(tipo UT, Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese)



PI- SANTA CROCE COOP
(tipo SF, Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese)



Trend monotono su concentrazioni medie mensili.
La linea spezzata blu rappresenta le concentrazioni medie mensili
In rosso con linea continua lo stimatore di Theil-Sen
In rosso tratteggiato i due limiti rappresentativi dell'intervallo di confidenza del 95%



Trend non monotono su concentrazioni medie mensili
La linea spezzata rossa rappresenta le concentrazioni medie mensili
In rosso con linea continua la linea di tendenza
L'area rosso chiaro rappresenta l'intervallo di confidenza del 95%

Figura 2.1.2 PI-S.C.Coop, PM10: trend monotono (Theil Sen) – trend non monotono (regressione parametrica)

2.2 MATERIALE PARTICOLATO PM2,5

Per questo inquinante le stazioni selezionate con il criterio precedentemente esposto sono due:

> GR-URSS, slope (2003-2016): $-0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$

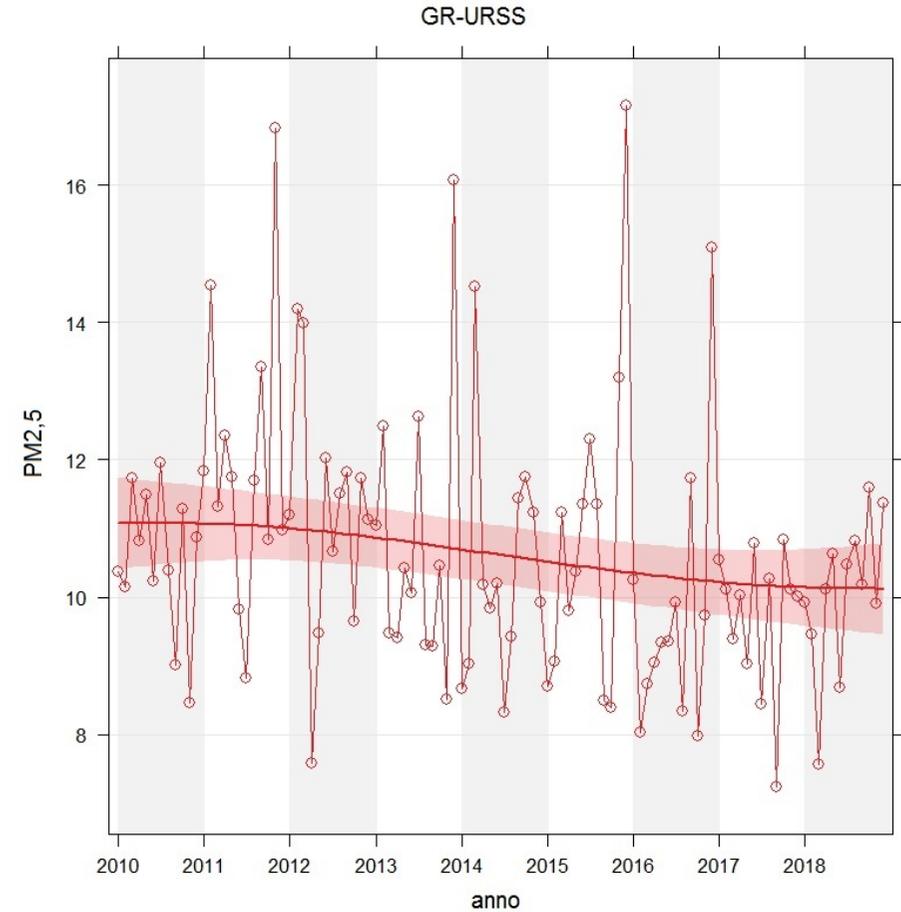
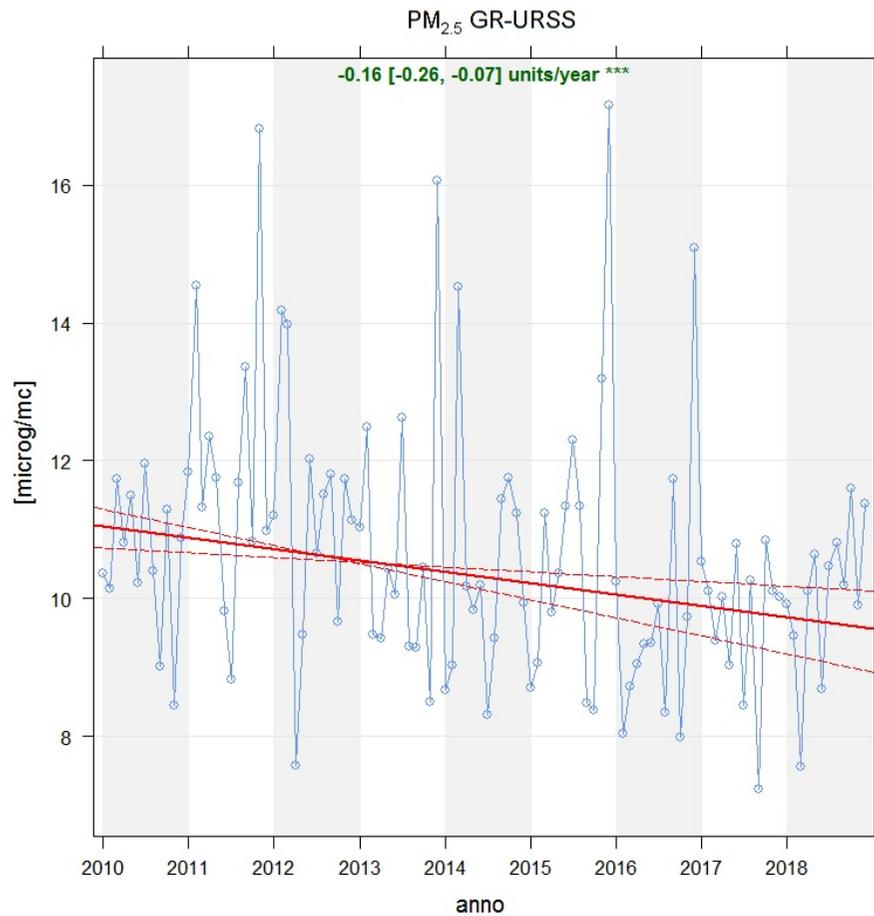
> PO-Roma, slope (2003-2017): $-0,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

In figura 2.2.1 e 2.2.2 vengono riportati i grafici affiancati della linea di tendenza ottenuta con il metodo Theil-Sen (a sinistra) per tutti gli anni di monitoraggio compreso l'anno 2018 e quelli di trend non monotono ottenuti con il metodo della regressione parametrica (a destra) per gli stessi anni.

Per la stazione di GR-URSS si riscontra un decremento dei livelli di concentrazione di PM2,5 continuo e costante nel corso degli anni con una variazione delle pendenze locali della curva di trend di entità contenuta. Lo slope della linea di trend monotono rimane pressoché invariato aggiungendo alla serie dati i livelli di concentrazione rilevati nel corso del 2018 ($-0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Il trend per i livelli di concentrazione di PM2,5 rilevati presso la stazione di PO-Roma negli anni 2003-2018 è descritto, applicando il metodo della regressione parametrica, da una curva con variazioni assolute di pendenza locale poco variabili nel tempo e di entità contenuta ma con segno opposto tra due periodi successivi. Il risultato ottenuto con l'applicazione del metodo Theil-Sen per gli anni 2003-2017 rimane pressoché invariato aggiungendo alla serie dati i livelli di concentrazione rilevati nel corso del 2018 ($-0,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

GR-URSS
(tipo UF, zona Costiera)

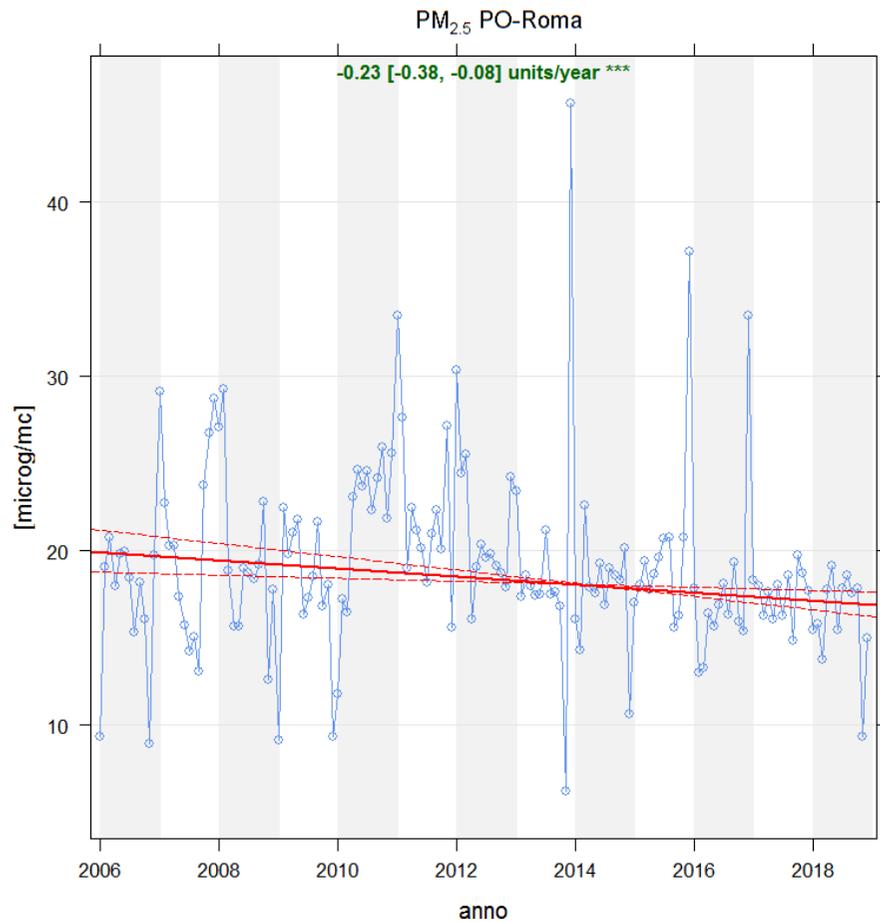


Trend monotono su concentrazioni medie mensili.
La linea spezzata blu rappresenta le concentrazioni medie mensili
In rosso con linea continua lo stimatore di Theil-Sen
In rosso tratteggiato i due limiti rappresentativi dell'intervallo di confidenza del 95%

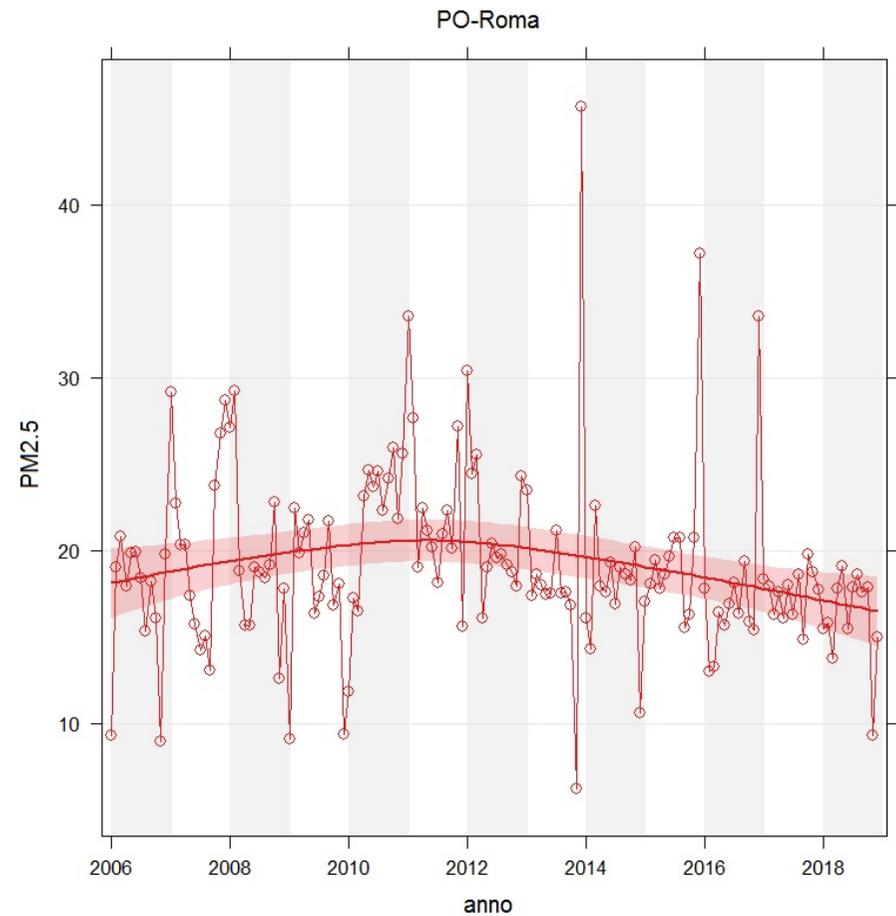
Trend non monotono su concentrazioni medie mensili
La linea spezzata rossa rappresenta le concentrazioni medie mensili
In rosso con linea continua la linea di tendenza
L'area rosso chiaro rappresenta l'intervallo di confidenza del 95%

Figura 2.2.1 GR-URSS, PM2.5: trend monotono (Theil Sen) – trend non monotono (regressione parametrica)

PO-ROMA
(tipo UF, zona Prato Pistoia)



Trend monotono su concentrazioni medie mensili.
La linea spezzata blu rappresenta le concentrazioni medie mensili
In rosso con linea continua lo stimatore di Theil-Sen
In rosso tratteggiato i due limiti rappresentativi dell'intervallo di confidenza del 95%



Trend non monotono su concentrazioni medie mensili
La linea spezzata rossa rappresenta le concentrazioni medie mensili
In rosso con linea continua la linea di tendenza
L'area rosso chiaro rappresenta l'intervallo di confidenza del 95%

Figura 2.2.2 PO-Roma, PM_{2.5}: trend monotono (Theil Sen) – trend non monotono (regressione parametrica)

2.3 BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)

Per questo inquinante le stazioni selezionate con il criterio precedentemente esposto sono due:

> AR-Acropoli, slope (2003-2017): $-0,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$

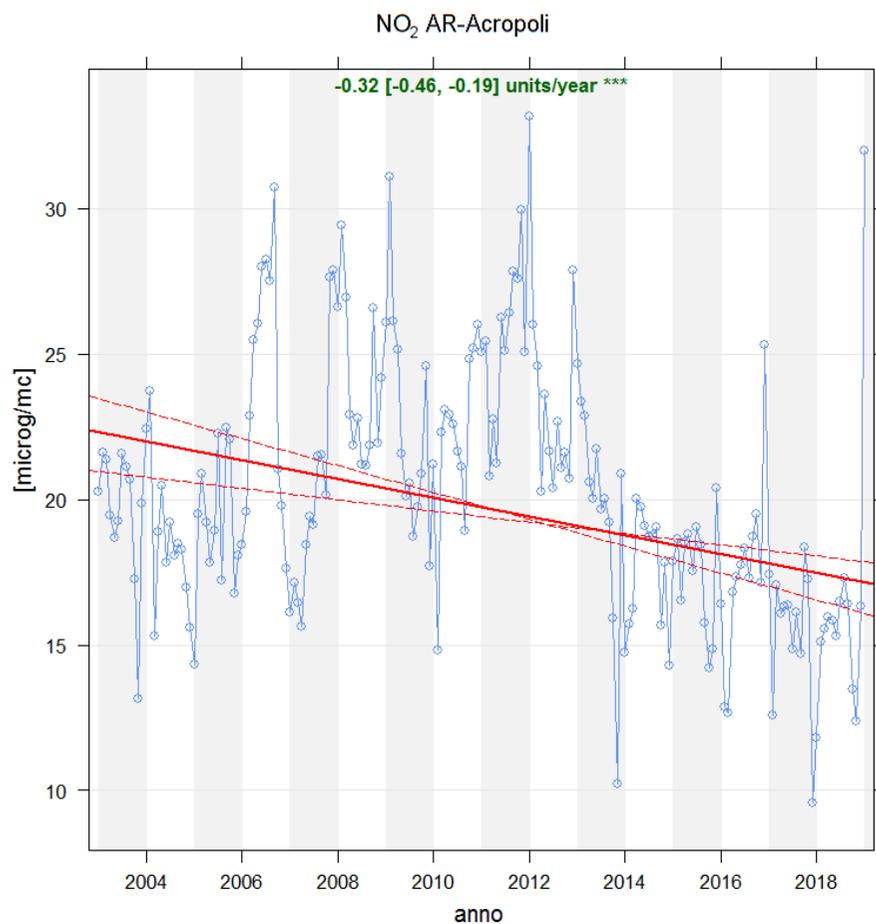
> GR-Maremma, slope (2003-2017): $-0,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$

In figura 2.3.1 e 2.3.2 vengono riportati i grafici affiancati della linea di tendenza ottenuta con il metodo Theil-Sen (a sinistra) per tutti gli anni di monitoraggio compreso l'anno 2018 e quelli di trend non monotono ottenuti con il metodo della regressione parametrica (a destra) per gli stessi anni.

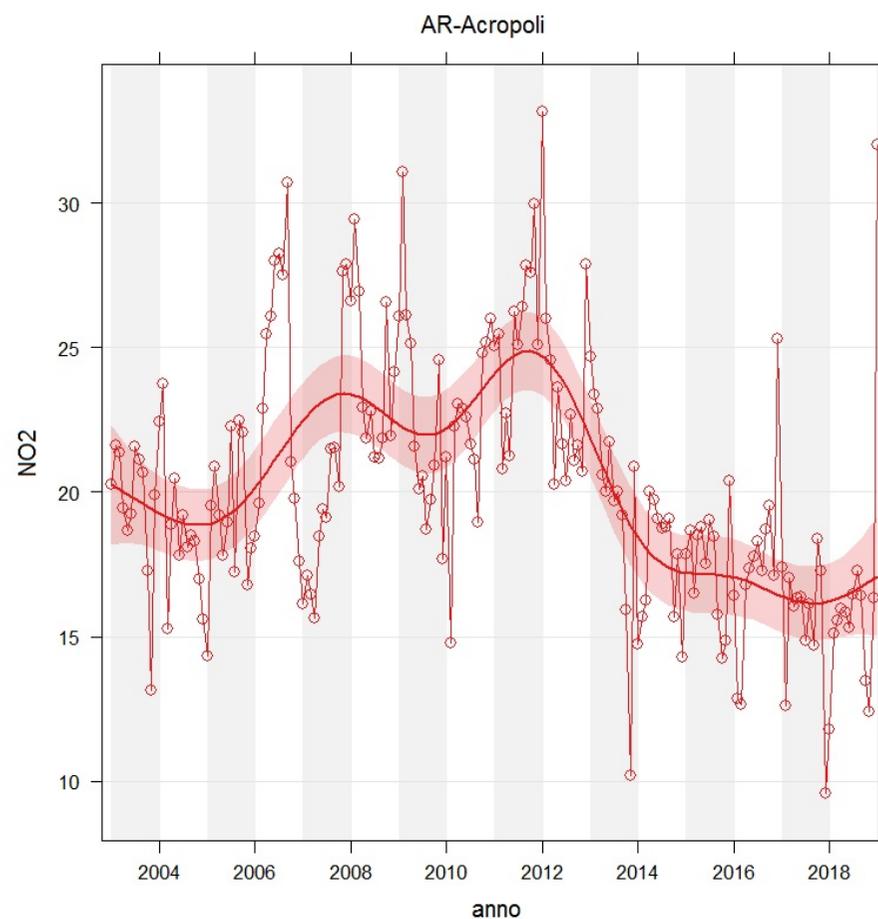
Il trend per i livelli di concentrazione di NO₂ rilevati presso la stazione di AR-Acropoli negli anni 2003-2018 è descritto, applicando il metodo della regressione parametrica, da una curva con variazioni assolute di pendenza locale variabili nel tempo e con segno opposto tra periodi successivi. Il risultato ottenuto con l'applicazione del metodo Theil-Sen per gli anni 2003-2017 rimane pressoché invariato aggiungendo alla serie dati i livelli di concentrazione rilevati nel corso del 2018 ($-0,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Come per la stazione di AR-Acropoli, anche per GR-Maremma il grafico a destra mostra una curva con variazioni assolute di pendenza locale variabili nel tempo e con segno opposto tra periodi successivi. Il risultato ottenuto con l'applicazione del metodo Theil-Sen per gli anni 2003-2017 rimane pressoché invariato aggiungendo alla serie dati i livelli di concentrazione rilevati nel corso del 2018 ($-0,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

AR-ACROPOLI
(tipo UF, Zona Valdarno Aretino e Valdichiana)



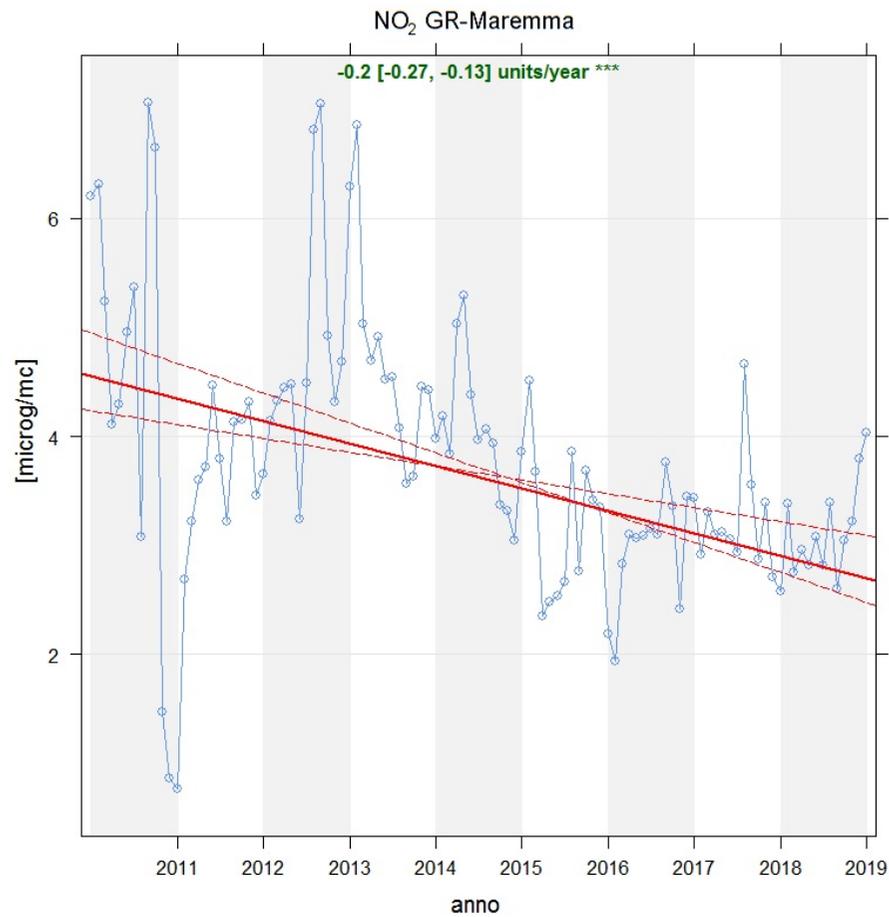
Trend monotono su concentrazioni medie mensili.
La linea spezzata blu rappresenta le concentrazioni medie mensili
In rosso con linea continua lo stimatore di Theil-Sen
In rosso tratteggiato i due limiti rappresentativi dell'intervallo di confidenza del 95%



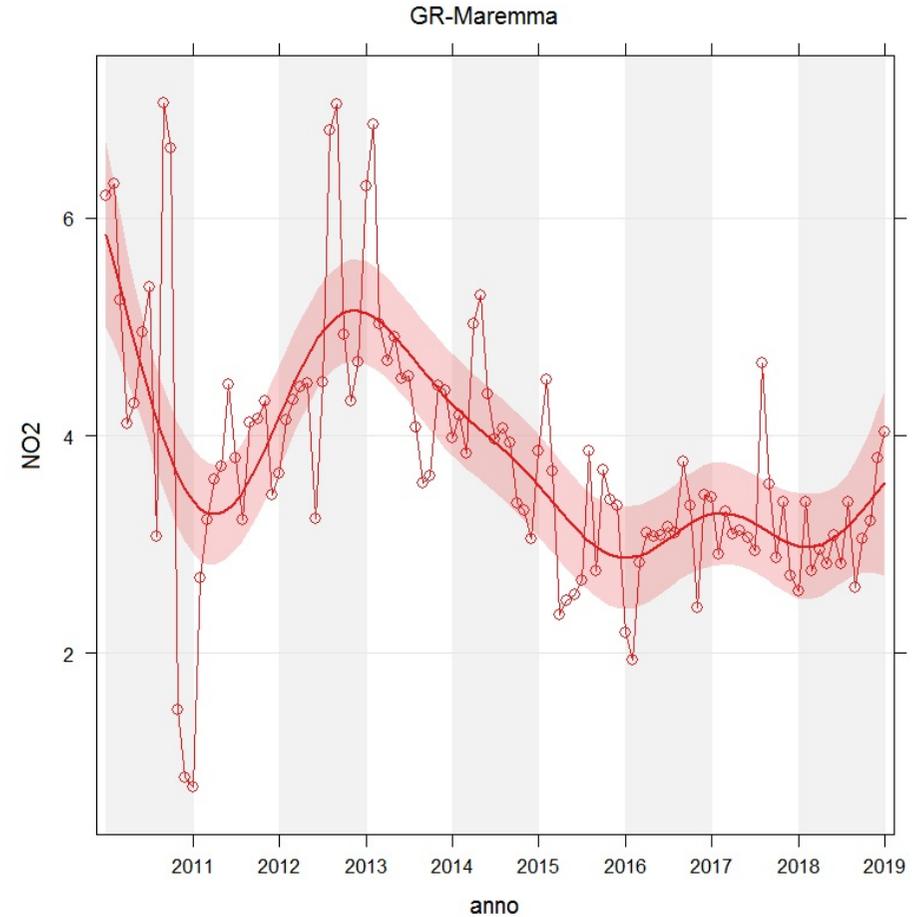
Trend non monotono su concentrazioni medie mensili
La linea spezzata rossa rappresenta le concentrazioni medie mensili
In rosso con linea continua la linea di tendenza
L'area rosso chiaro rappresenta l'intervallo di confidenza del 95%

Figura 2.3.1 AR-Acropoli, NO₂: trend monotono (Theil Sen) – trend non monotono (regressione parametrica)

GR-MAREMMA
(tipo RF, zona Costiera)



Trend monotono su concentrazioni medie mensili.
La linea spezzata blu rappresenta le concentrazioni medie mensili
In rosso con linea continua lo stimatore di Theil-Sen
In rosso tratteggiato i due limiti rappresentativi dell'intervallo di confidenza del 95%



Trend non monotono su concentrazioni medie mensili
La linea spezzata rossa rappresenta le concentrazioni medie mensili
In rosso con linea continua la linea di tendenza
L'area rosso chiaro rappresenta l'intervallo di confidenza del 95%

Figura 2.3.2 GR-Maremma, NO₂: trend monotono (Theil Sen) – trend non monotono (regressione parametrica)

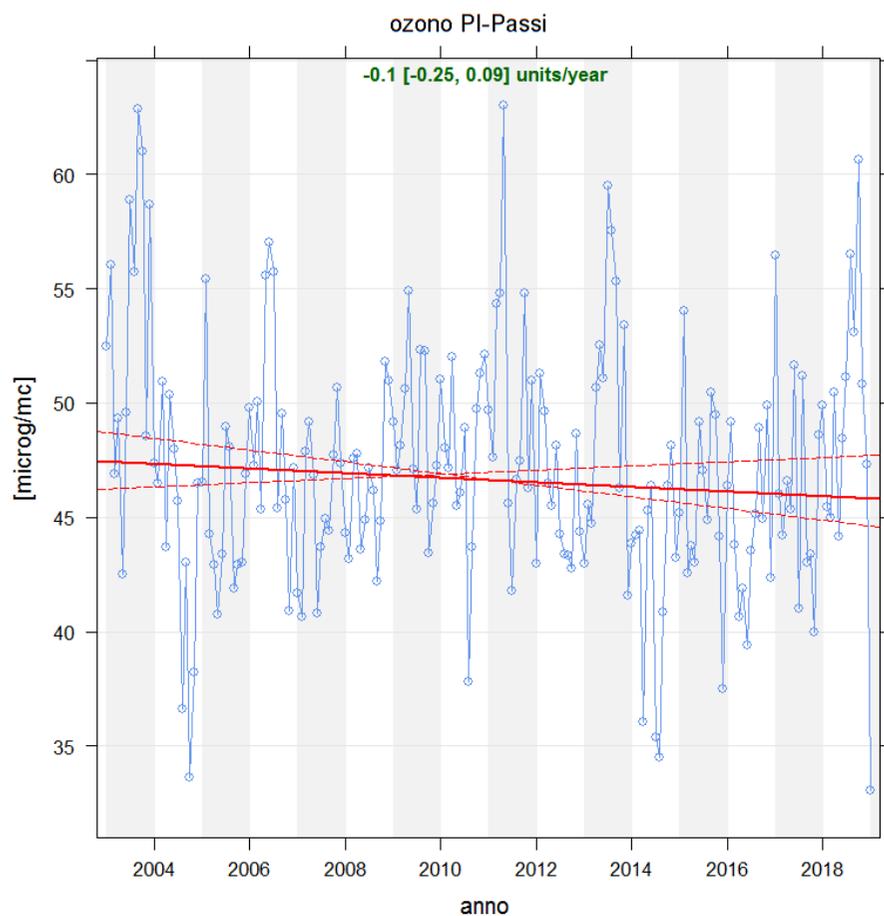
2.4 OZONO (O₃)

Come indicato in precedenza, per questo inquinante l'analisi di trend con tecniche di regressione parametrica è stata effettuata per la sola postazione di PI-Passi, stazione di tipo urbana fondo localizzata nella zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese il cui valore di slope individuato per gli anni 2003-2017 è pari a $-0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$

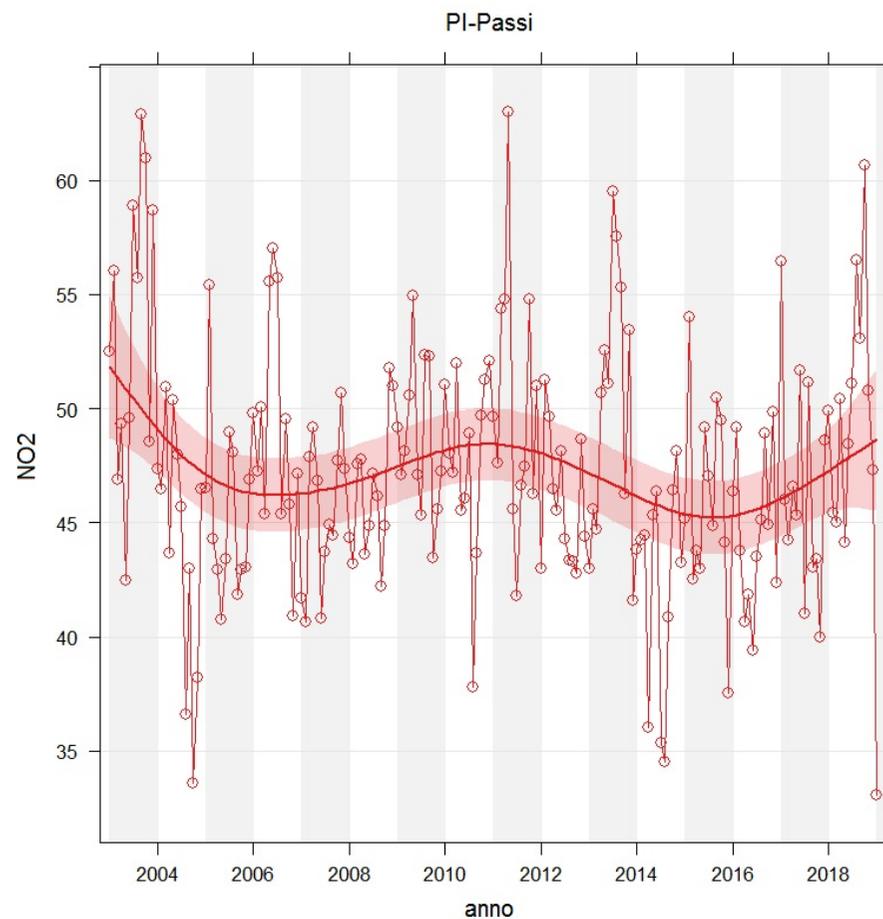
In figura 2.4.1 vengono riportati i grafici affiancati della linea di tendenza ottenuta con il metodo Theil-Sen (a sinistra) per tutti gli anni di monitoraggio compreso l'anno 2018 e quelli di trend non monotono ottenuti con il metodo della regressione parametrica (a destra) per gli stessi anni.

Il trend per i livelli di concentrazione di ozono rilevati presso tale stazione negli anni 2003-2018 è descritto, applicando il metodo della regressione parametrica, da una curva con variazioni assolute di pendenza locale variabili nel tempo e con segno opposto tra periodi successivi. Aggiungendo alla serie dati i livelli di concentrazione rilevati nel corso del 2018, il risultato ottenuto con l'applicazione del metodo Theil-Sen per gli anni 2003-2017 non viene confermato; l'analisi mostra, infatti, la mancanza di un trend statisticamente significativo.

PI-PASSI
(tipo UF, Zona Valdarno Pisano e Piana Lucchese)



Trend monotono su concentrazioni medie mensili.
La linea spezzata blu rappresenta le concentrazioni medie mensili
In rosso con linea continua lo stimatore di Theil-Sen
In rosso tratteggiato i due limiti rappresentativi dell'intervallo di confidenza del 95%



Trend non monotono su concentrazioni medie mensili
La linea spezzata rossa rappresenta le concentrazioni medie mensili
In rosso con linea continua la linea di tendenza
L'area rosso chiaro rappresenta l'intervallo di confidenza del 95%

Figura 2.4.1 PI-Passi, O₃: trend monotono (Theil Sen) – trend non monotono (regressione parametrica)



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
via N. Porpora 22, 50144 Firenze – tel. 05532061
www.arpat.toscana.it