



Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana anno 2019

Centro Regionale
Tutela Qualità dell'Aria

Report
ARPAT

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

Anno 2019

aprile 2020



Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana Anno 2019

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:

Il settore Laboratorio dell'Area Vasta Centro per la determinazione di metalli e IPA.

Editing e copertina: ARPAT, Settore Comunicazione, informazione e documentazione

Immagine di copertina: rawpixel.com

ARPAT, 2020

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

Via Nicola Porpora, 22 - 50144 Firenze - tel. 055 32061

www.arpat.toscana.it

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 per il 2019.

La criticità più evidente è quella nei confronti dei rispetto dei valori obiettivi per l'ozono, traguardo ancora molto lontano da raggiungere. Le altre criticità riguardano i due inquinanti PM10 ed NO₂ per i quali, nonostante il monitoraggio del 2019 abbia confermato il trend positivo già cominciato gli ultimi anni, ci sono ancora dei siti per i quali il rispetto dei limiti non è ancora stato raggiunto.

PM10: il limite massimo pari a 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m³ è stato rispettato in tutti i siti eccetto presso LU-Capannori, 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 da almeno 10 anni.

PM2,5: il limite normativo di 25 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale.

NO₂: il valore limite di 40 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni eccetto presso FI-Gramsci, stazione 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; Nel 2019 non si è verificato alcun episodio di superamento della media oraria di 200 µg/m³.

Ozono: è stata confermata la criticità di questo parametro nei confronti di entrambi i valori obiettivo previsti dalla normativa che non sono stati raggiunti nel 80% delle stazioni.

CO, SO₂ e benzene: Il monitoraggio relativo al 2019 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, presso il sito di PI-Montecerboli la percentuale delle ore in cui esso potrebbe presumibilmente avere creato un disagio è stata nettamente inferiore agli anni precedenti.

Metalli pesanti: il monitoraggio relativo al 2019 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.....	7
1. STRUTTURA DELLA RETE DI RILEVAMENTO.....	7
2. EFFICIENZA DELLA RETE DI RILEVAMENTO.....	10
3. MATERIALI E METODI.....	12
3.1. Monitoraggio tramite rete regionale di qualità dell'aria.....	12
4. DATI RILEVATI NELL'ANNO 2019. VALORI DEGLI INDICATORI PER GLI INQUINANTI RILEVATI DALLE STAZIONI DI RETE REGIONALE E CONFRONTO CON I VALORI LIMITE. .	13
4.1. Particolato PM10.....	13
4.2. Particolato PM2,5.....	34
4.3. NO₂ e NO_x.....	45
4.4. Ozono.....	60
4.5. CO.....	71
4.6. SO₂.....	74
4.7. H₂S.....	77
4.8. Benzene.....	81
5. INQUINANTI RILEVATI CON CAMPAGNE DISCONTINUE: INDICATORI E CONFRONTO CON IL VALORE LIMITE O OBIETTIVO, ANNO 2019.....	91
5.1. Benzo(a)pirene nel PM10.....	93
5.2. Metalli pesanti (As, Cd, Ni e Pb) nel PM10.....	93

6. CONCLUSIONI DEL MONITORAGGIO DELLE STAZIONI DI RETE REGIONALE.....	104
SEZIONE 2 - MONITORAGGIO DI INTERESSE NON REGIONALE.....	106
ALLEGATO 1 : TABELLE DEI PERCENTILI.....	113
ALLEGATO 2: LIMITI NORMATIVI.....	117
ALLEGATO 3: CONFRONTO OMS.....	120
ALLEGATO 4: ANALISI AVVEZIONI SAHARIANE ANNO 2019.....	131

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 e quindi il 2019 è stato il terzo anno consecutivo nel quale la Rete Regionale ha funzionato a pieno regime.

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

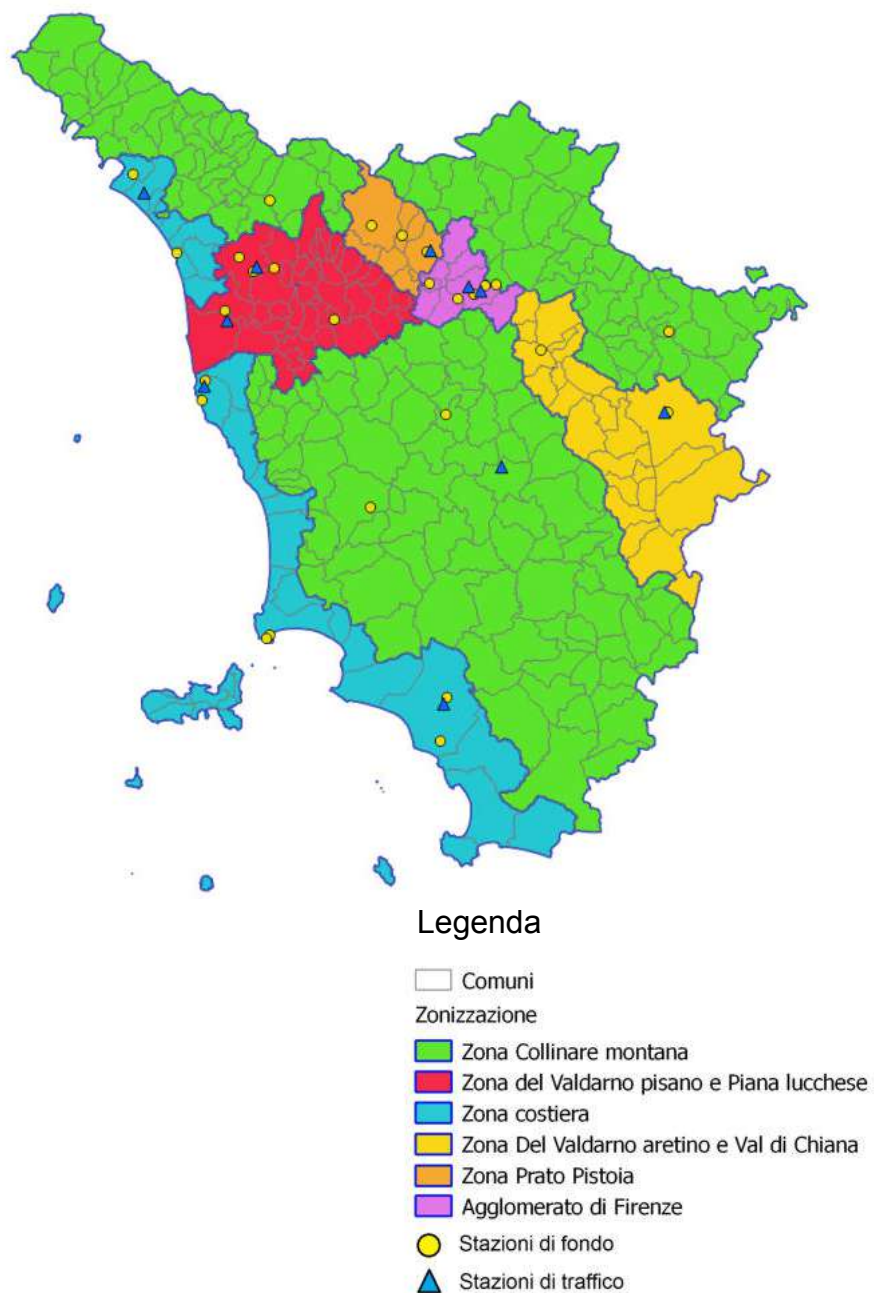


Figura 1.2. Rete regionale ozono

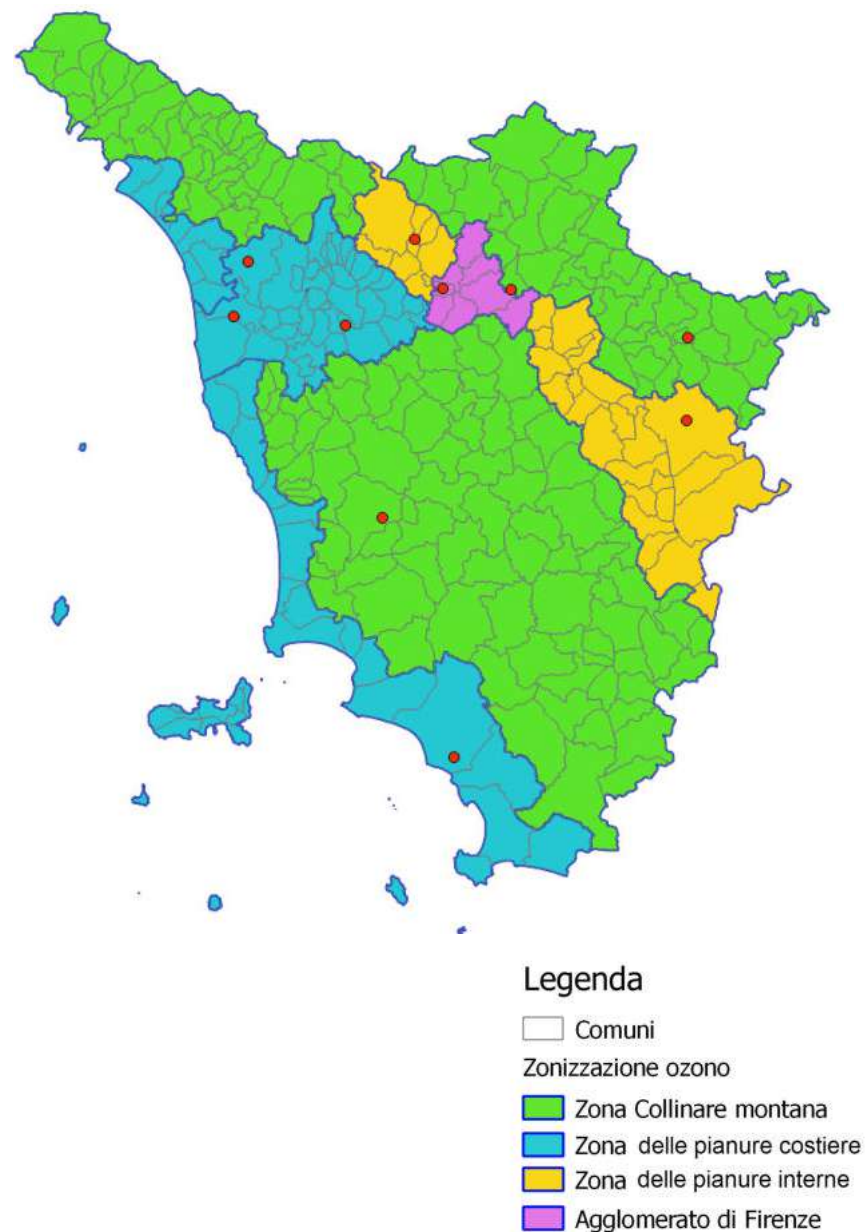


Tabella 1.1. Rete regionale delle stazioni di misura degli inquinanti

Zonizzazione territorio Regione Toscana rel.inq. All V	Class. Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	SO ₂ o H ₂ S	CO	Benzene	IPA	As	Ni	Cd	Pb	O ₃	Class. Zona Ozono	Zonizzazione territorio Regione Toscana O ₃
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-Boboli	X													Agglomerato Firenze
	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	
	S	F	FI	Firenze	FI-Settignano			X									X	S	
Zona Prato Pistoia	U	F	PO	Prato	PO-Roma	X	X	X			X	X							Zona delle Pianure interne
	U	T	PO	Prato	PO-Ferrucci	X	X	X		X									
	U	F	PT	Pistoia	PT-Signorelli	X		X											
	S	F	PT	Montale	PT-Montale	X	X	X									X	S	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropoli	X	X	X			X						X	S	
	U	F	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	X		X											
	U	T	AR	Arezzo	AR-Repubblica	X		X		X									
Zona costiera	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	X	X	X											Zona pianure costiere
	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(2)							
	U	F	MS	Carrara	MS-Colombarotto	X		X											
	U	T	MS	Massa	MS-Marina vecchia	X	X	X											
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	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	
	U	F	PI	Pisa	PI-Passi	X	X	X									X	S	
	U	T	PI	Pisa	PI-Borghetto	X	X	X		X									
Zona collinare e montana	S	F	PI	S.Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	X		X	X(1)								X	S	
	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	X	X	X											
	U	T	SI	Siena	SI-Bracci	X		X		X									
	S	F	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	X		X	X(1)				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) misura di H₂S e non SO₂; (2) parametro sospeso dal 2018

2. EFFICIENZA DELLA RETE DI RILEVAMENTO

Nelle tabelle seguenti si riporta la raccolta minima dei dati relativa all'anno 2019 degli analizzatori degli 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). Per motivi tecnici l'elaborazione degli indicatori relativi agli IPA sarà parte di un allegato che verrà pubblicato successivamente.

Tabella 2.1. Raccolta minima dei dati - rete regionale anno 2019

Zonizzazione territorio inquinanti All V	Class. Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	SO ₂ o H ₂ S	CO	Benzene	As	Ni	Cd	Pb	O ₃	Class. Ozono	Zonizzazione territorio per l' O ₃
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-Boboli	100												Agglomerato Firenze
	U	F	FI	Firenze	FI-Bassi	100	100	98,8	97		97,3							
	U	T	FI	Firenze	FI-Gramsci	100	100	97,1		94	97,4	92	92	92	92			
	U	T	FI	Firenze	FI-Mosse	99,5		99,8										
	U	F	FI	Scandicci	FI-Scandicci	100		100										
	U	F	FI	Signa	FI-Signa	100		96,4								99,7	U	
Zona Prato Pistoia	S	F	FI	Firenze	FI-Settignano			98,6								97,8	S	Zona delle Pianure interne
	U	F	PO	Prato	PO-Roma	100	100	99,5			99,2							
	U	T	PO	Prato	PO-Ferrucci	100	100	100		99								
	U	F	PT	Pistoia	PT-Signorelli	100		99,1										
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	S	F	PT	Montale	PT-Montale	96,3	96,3	100								99,7	S	
	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropoli	100	100	99,7			97,2					99,9	S	
Zona costiera	U	F	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	100		99,9										Zona pianure costiere
	U	T	AR	Arezzo	AR-Repubblica	100		100		100								
	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	100	100	98,6										
	U	T	GR	Grosseto	GR-Sonnino	100		100										
	R	F	GR	Grosseto	GR-Maremma			99,3								99,6	R	
	U	F	LI	Livorno	LI-Cappiello	99,5	99,5	99,5										
	U	F	LI	Livorno	LI-Via La Pira	99,2		100	100		99,3	70	70	70	70			
	U	T	LI	Livorno	LI-Carducci	100	100	79,0		99								
	U	F	LI	Piombino	LI-Parco 8 Marzo	100		100			100	71	71	71	71			
	S	I	LI	Piombino	LI-Cotone	100		98,6		100								
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	U	F	MS	Carrara	MS-Colombarotto	99,5		98,4										
	U	T	MS	Massa	MS-Marina vecchia	100	100	99,4										
	U	F	LU	Viareggio	LU-Viareggio	100	100	100										
	U	F	LU	Capannori	LU-Capannori	100	100	100	98,8									
	U	F	LU	Lucca	LU-San Concordio	100		99,2			97,0							
	U	T	LU	Lucca	LU-Micheletto	100		96,9										
	R	F	LU	Lucca	LU-Carignano			99,5								99,3	S	
	U	F	PI	Pisa	PI-Passi	100	100	99,7								98,2	S	
	U	T	PI	Pisa	PI-Borghetto	100	100	99,1		98								
	S	F	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce(1)	100		100	99,7							98,3	S	
Zona collinare e montana	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	100	100	100										Zona collinare e montana
	U	T	SI	Siena	SI-Bracci	100		99,3		100								
	S	F	PI	Pomarance	PI-Montecerboli (1)	100		99,4	99,5			57	57	57	57	99,5	S	
	U	F	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	100		100										
	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	100		99,7								100	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	D.Lgs.155/2010 Allegato IV
NO ₂ /NO _x	UNI EN 14211:2012	D.Lgs.155/2010Allegato IV
CO	UNI EN 14626:2012	D.Lgs.155/2010Allegato IV
SO ₂	UNI EN 14212:2012	D.Lgs.155/2010Allegato IV
H ₂ S	UNI EN 14212:2012	Metodo per SO ₂ D.Lgs.155/2010Allegato IV
Benzene e derivati	UNI EN 14662:2005, UNI EN 14662:2015, parte 3.	D.Lgs.155/2010Allegato IV
Benzo(a)pirene	UNI EN 15549:2008	D.Lgs.155/2010Allegato IV
As, Ni, Cd, Pb	UNI EN 14902:2005	D.Lgs.155/2010Allegato IV
Ozono	UNI EN 14625:2012	D.Lgs.155/2010Allegato IV

4. DATI RILEVATI NELL'ANNO 2019. 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 2019 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.

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

I valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) per il PM10 sono il numero delle medie giornaliere con concentrazione superiore a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e la media annuale; essi sono stati confrontati con gli indicatori elaborati sui valori giornalieri validi del 2019.

Il valore limite relativo all'indicatore della media annuale di PM10 di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale nel 2019, come già avviene consecutivamente da diversi anni. I valori massimi della media annuale sono stati registrati presso la stazione di traffico di via Gramsci nel comune di Firenze con 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e presso la stazione di fondo nel comune di Capannori con 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentrazione media regionale registrata nel 2019 è pari a 20,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con media registrata presso le stazioni di traffico pari a 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e media delle stazioni di fondo pari a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il limite relativo al numero di superamenti della media giornaliera di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato rispettato in tutte le stazioni eccetto che per la stazione di fondo di LU-Capannori, come già avvenuto lo scorso anno. Nel 2019 sono stati registrati in questo sito 38 superamenti, 3 in più di quanto consentito dalla normativa.

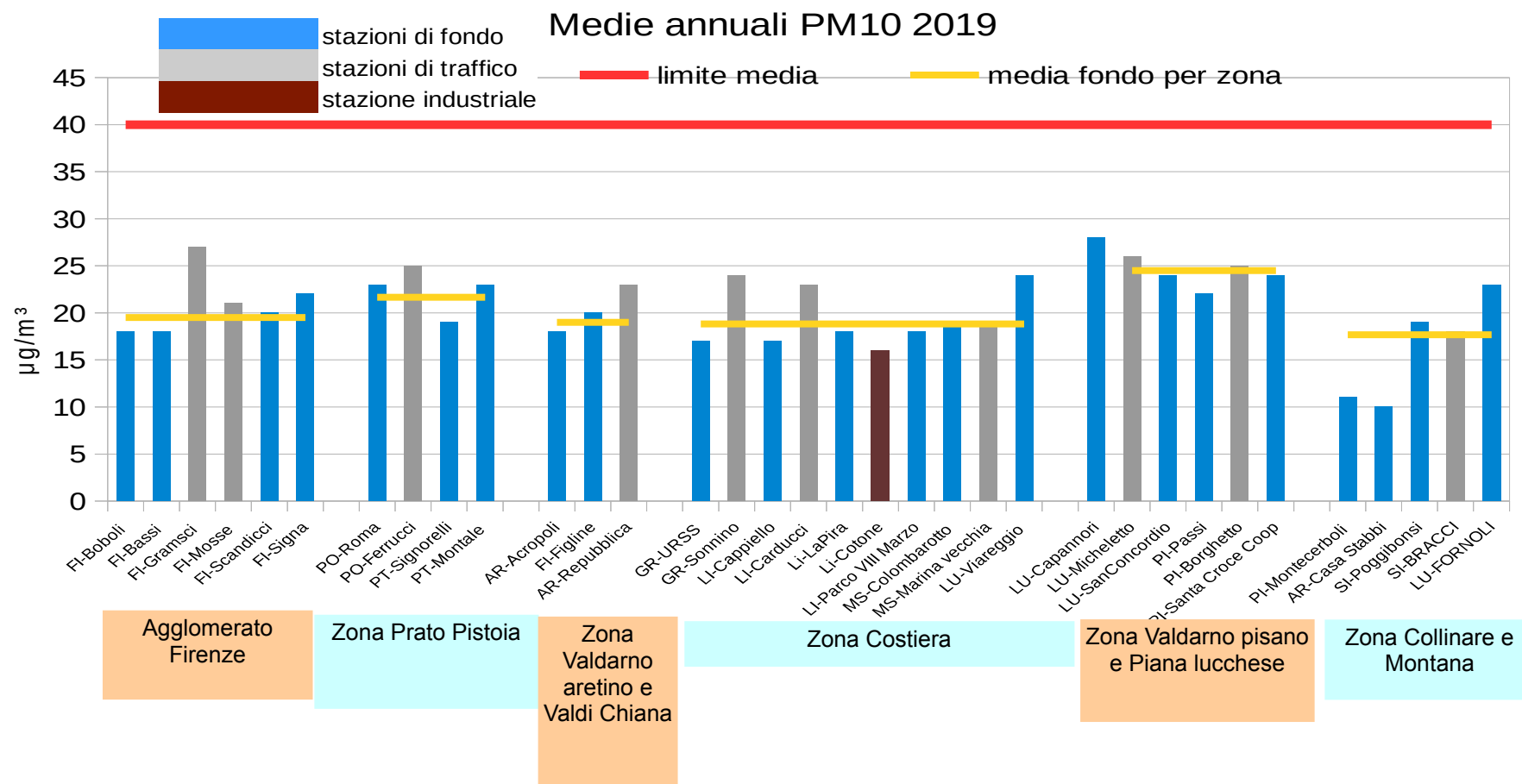
¹ WHO-World Health Organisation, 2006. Air Quality Guidelines. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global Update 2005, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe Regional Publications.

Tabella 4.1.1. PM10 – Indicatori relativi alle stazioni di rete regionale anno 2019

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	4	35	18	40
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	5		18	
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	13		27	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	10		21	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	12		20	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	15		22	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	21		23	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	24		25	
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	6		19	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	20		23	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	4		18	
	UF	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	14		20	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	11		23	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	2		17	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	4		24	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		17	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	1		23	
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0		18	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	2		16	
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	2		18	
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	0		19	
	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	1		19	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	11		24	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	38		28	
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	21		26	
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	15		24	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	11		22	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	15		25	
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	22		24	

Zona collinare e montana	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	1		11	
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0		10	
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0		19	
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	1		18	
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	10		23	
Media annuale di PM10 complessiva della Rete Regionale							20,6	
Media annuale di PM10 stazioni di tipo fondo							20	
Media annuale di PM10 stazioni di tipo traffico							23	

Grafico 4.1.1. PM10 – Medie annuali PM10 anno 2019

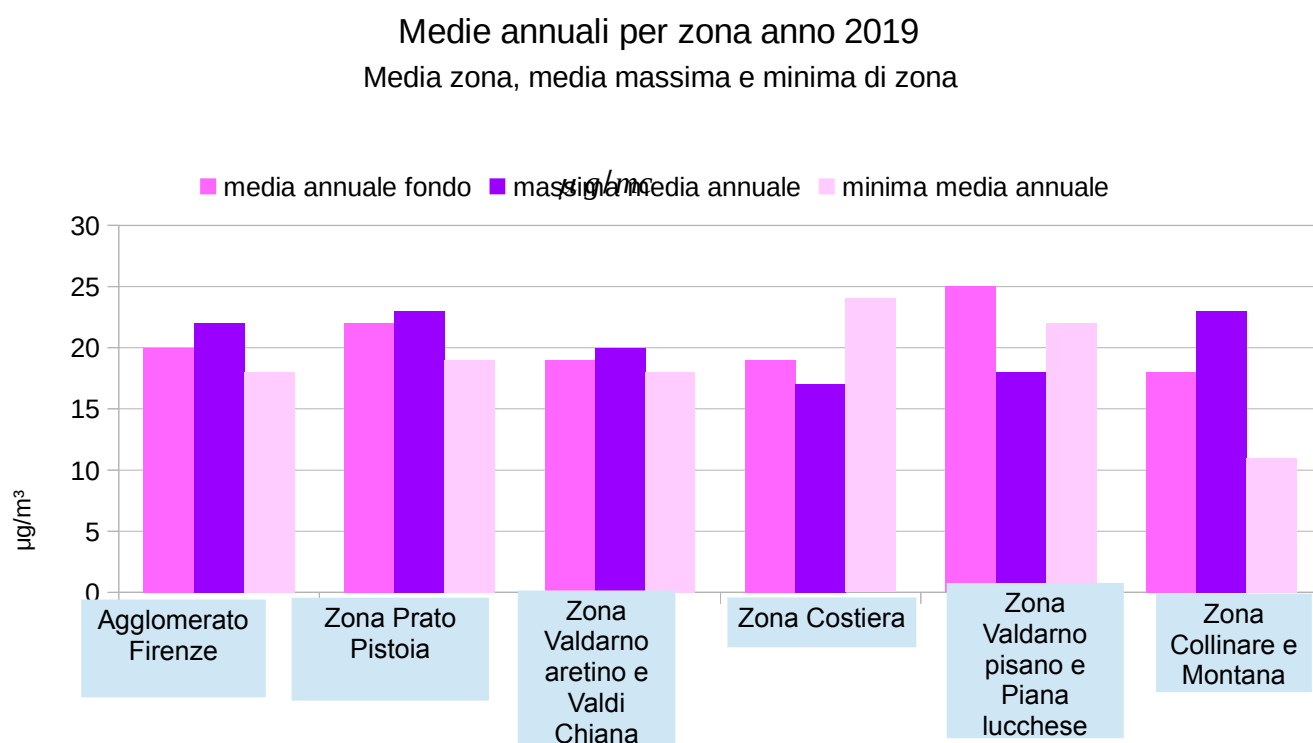


Dal grafico è molto evidente come le medie annuali delle concentrazioni di fondo di PM10 variano a seconda della zona, le medie di zona sono rispettivamente pari a:

- 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, come media delle 4 stazioni di fondo dell'agglomerato fiorentino;
- 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media delle 3 stazioni della Zona PO-PT;
- 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la Zona del Valdarno aretino e Valdichiana ;
- 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, come media delle stazioni della Zona Costa;
- 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, come media delle 4 stazioni della Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese;
- 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media delle 4 stazioni della Zona Collinare e Montana, esclusa la rurale di AR-Casa Stabbi rappresentativa del fondo regionale.

Il fondo rurale è stato nel 2019 pari a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

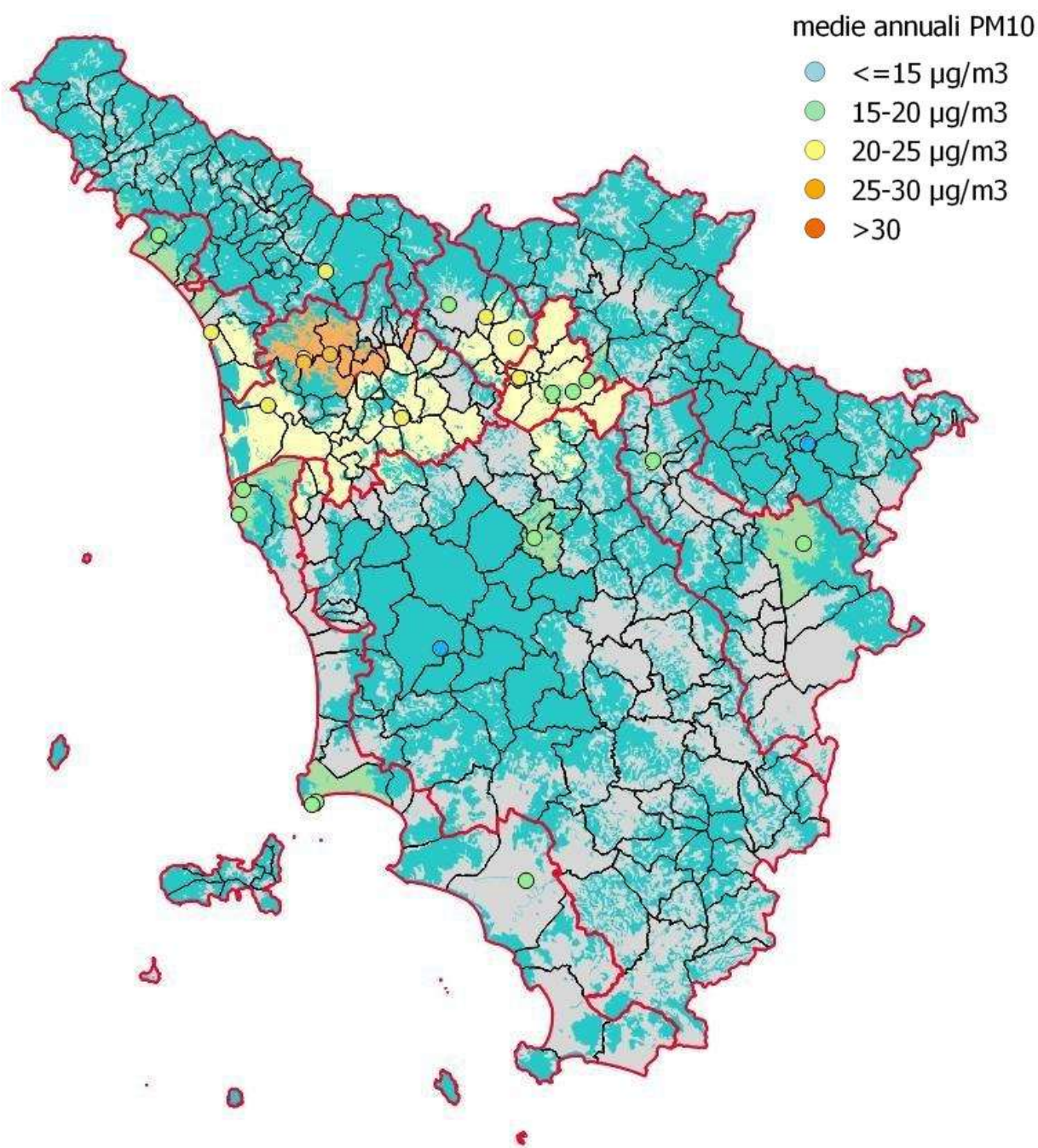
Grafico 4.1.2. PM10 – Medie annuali di PM10, stazioni di fondo anno 2019



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

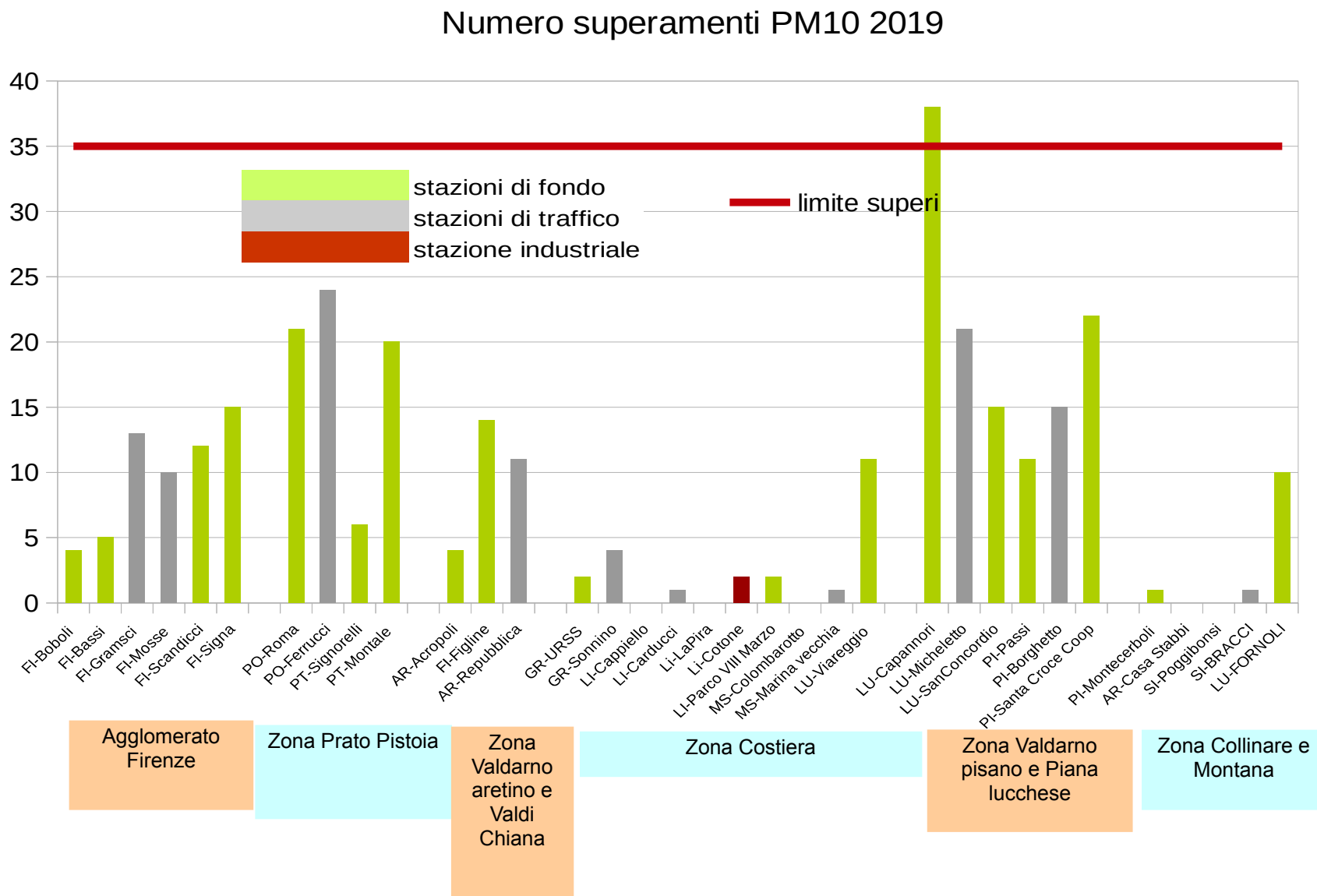
concentrazione di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Confrontando i valori medi annuali di concentrazione di PM10 registrati presso le stazioni di Rete Regionale Toscana con questo valore guida, si nota che la situazione della qualità dell'aria in Toscana rispetta solo in parte le indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. Infatti nelle 10 stazioni di traffico della Rete Regionale Toscana è stata registrata una media superiore a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nell'80% dei casi mentre nelle 24 stazioni di fondo la media è stata superiore nel 38% dei casi circa.

Figura 4.1.1. Distribuzione del PM10 sul territorio toscano nel 2019, stimata secondo le aree di rappresentatività delle stazioni di fondo



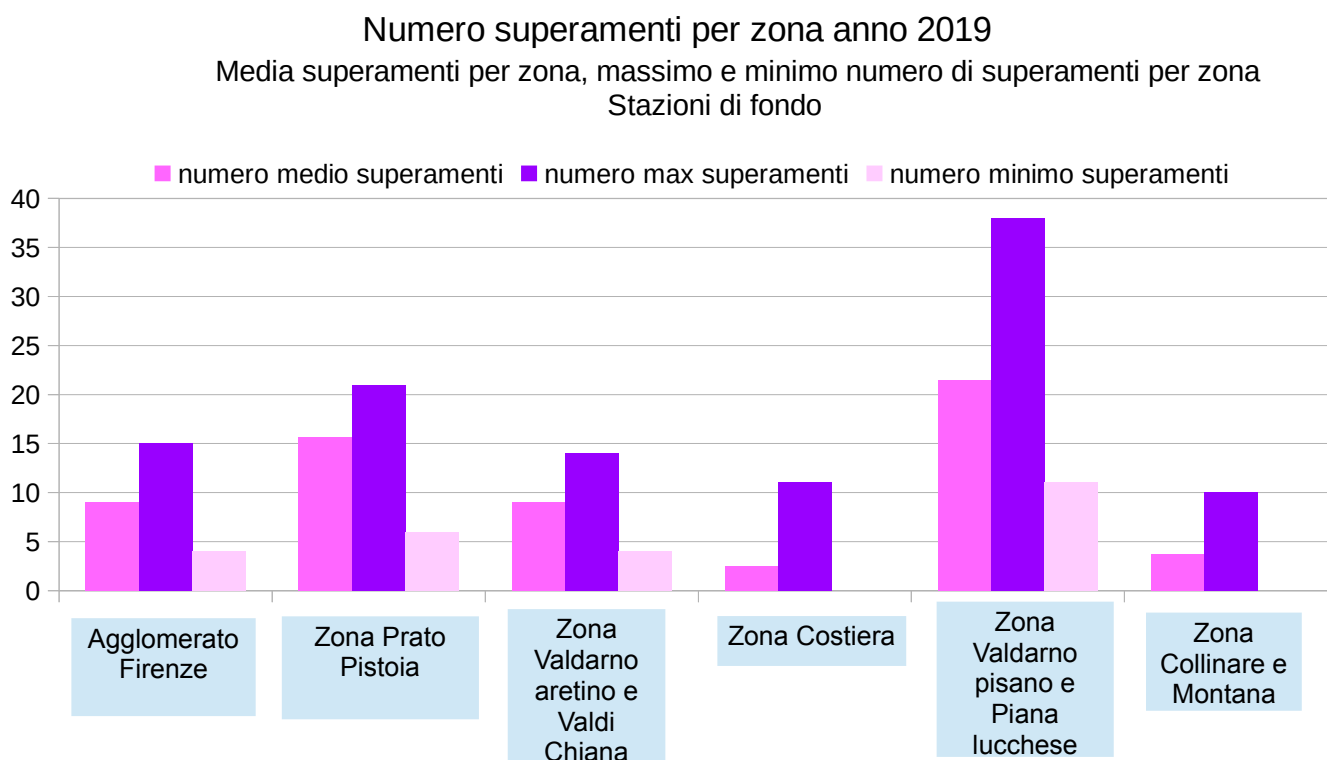
La mappa qui riportata evidenzia con i colori in legenda la distribuzione delle concentrazioni medie annuali del 2019 sul territorio toscano nelle stazioni di fondo. Lo sfondo colorato dove presente indica il territorio a cui è associata la rispettiva concentrazione.

Grafico 4.1.3. PM10 – N° superamenti soglia 50 µg/m³ PM10 anno 2019



Il numero massimo di 35 superamenti della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 indicato dal D.lgs.155/2010, analogamente a quanto avvenuto nel 2018 è stato rispettato nel 2019 da tutte le stazioni delle Rete Regionale con eccezione della sola stazione urbana di fondo di LU-Capannori che ha registrato 38 superamenti, circa il 10% in eccesso.

Grafico 4.1.4. PM10 – N° superamenti soglia $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 anno 2019, stazioni di fondo



Esaminando la panoramica dei superamenti che si sono verificati zona per zona si nota che:

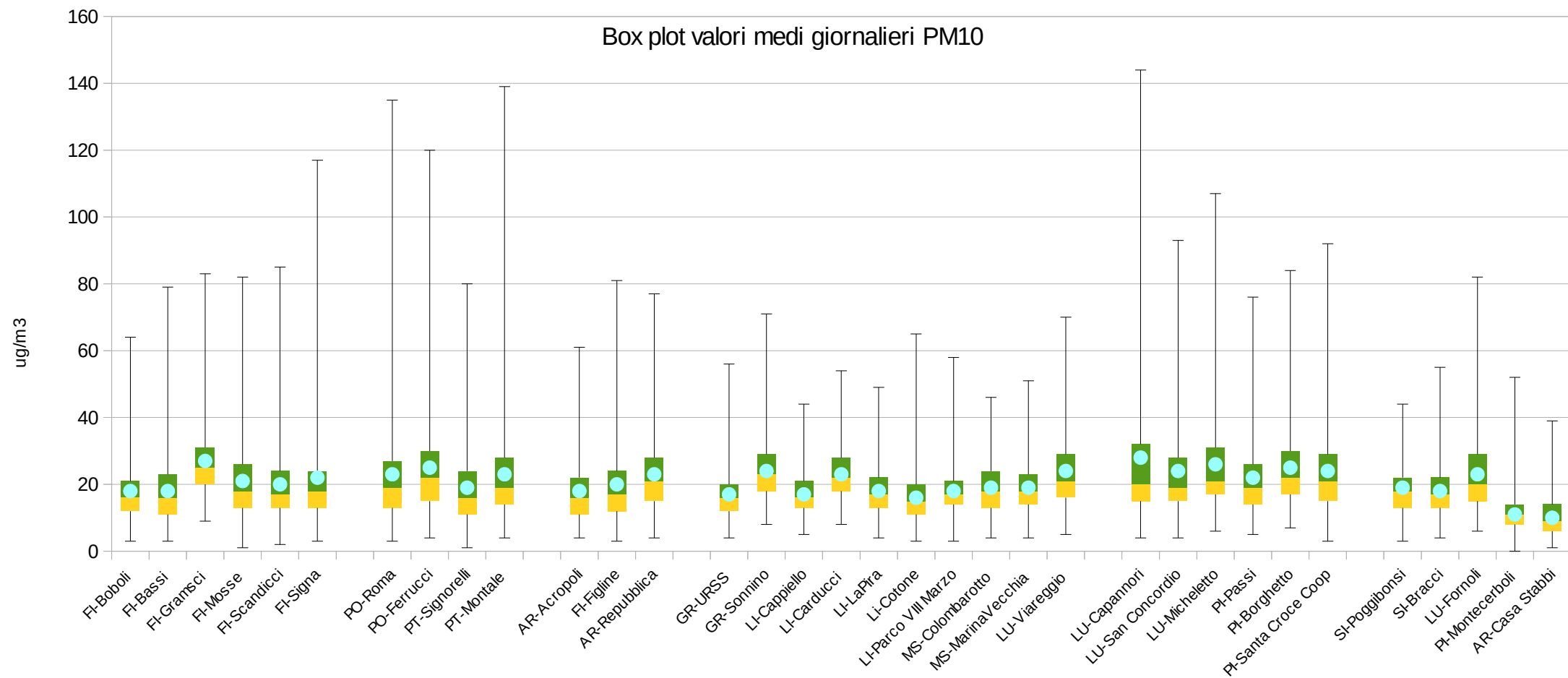
- le stazioni della zona costiera e della Zona Collinare e Montana hanno registrato pochi superamenti;
- le stazioni dell'Agglomerato di Firenze, della zona di Prato e Pistoia e del Valdarno aretino hanno rilevato episodi di superamento in numero molto contenuto;
- le stazioni della zona del Valdarno pisano e Piana lucchese hanno registrato mediamente il numero massimo di superamenti della regione, sulla media influisce significativamente la stazione di LU-Capannori presso la quale si sono verificati 38 superamenti ed 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 2019 non è stato rispettato presso la maggior parte delle stazioni urbane di rete regionale.

In allegato 4 si riporta l'analisi degli episodi avvezzivi 2019 che ha evidenziato dodici principali casi di contributi naturali sahariani per il materiale particolato PM10 in aria ambiente, per i quali sono stati registrati in corrispondenza, 20 casi di superamento del valore limite relativo all'indicatore della media giornaliera. Tuttavia si rileva che la sottrazione del contributo sahariano non determinerebbe variazioni al quadro regionale relativo alla valutazione di conformità al valore limite per l'indicatore della media giornaliera PM10 per il 2019

Grafico 4.1.5.Box plot dei valori giornalieri 2019 di PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



È 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 con l'obiettivo di dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati. Il box rettangolare rappresentato nel grafico indica il range dal 25° al 50° percentile in giallo e dal 50° al 75° percentile in arancione, comprendendo i valori di concentrazione media giornaliera registrata nel 50% dei giorni dell'anno. Questo range non è particolarmente esteso e va da un minimo di 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ della stazione periferica di fondo di PI-Montecerboli ad un massimo di 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la stazioni di fondo urbano di LU-Capannori. Il baffo inferiore del grafico indica il primo quartile dei valori ed è molto contenuto mentre il baffo superiore indica il quartile rappresentato dai valori di concentrazione media giornaliera più alti, oltre il 75°. Questo è il quartile che rappresenta il range di concentrazioni più elevate ed è il più esteso, per alcune stazioni supera i 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con un massimo per LU-Capannori di 112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2010-2019)

Tabella 4.1.2. PM10 – Medie annuali - Andamenti 2010-2019 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class.	Prov.	Comune	Nome stazione	Medie annuali in µg/m³										Nome stazione
					V.L. = 40 µg/m³										
					2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Agglomerat o Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	23	26	23	20	19	22	18	18	18	18	FI-Boboli
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	22	24	23	20	18	22	19	20	19	18	FI-Bassi
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	38	38	36	34	29	31	30	28	30	27	FI-Gramsci
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	39	38	39	30	23	24	22	22	24	21	FI-Mosse
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	33	29	27	24	20	23	21	22	21	20	FI-Scandicci
	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	25	26	24	23	22	22	FI-Signa
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	31	30	30	27	25	28	26	25	24	23	PO-Roma
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	33	35	31	30	25	27	25	24	25	25	PO-Ferrucci
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	26	25	24	23	21	23	20	20	19	19	PT-Signorelli
	SF	PT	Montale	PT-Montale	*	34	34	29	26	31	28	27	25	23	PT-Montale
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	-	-	-	-	21	23	19	19	19	18	AR-Acropoli
	UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	-	25	25	20	FI-Figline
	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	27	28	28	27	27	30	25	24	23	23	Ar- Repubblica
Zona costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	18	19	19	17	17	17	17	17	18	17	GR-URSS
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	37	29	30	-	-	-	26	24	27	24	GR-Sonnino
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	-	17	18	18	17	17	17	LI-Cappiello
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	27	28	27	23	23	25	24	23	23	23	LI-Carducci
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	*	21	19	19	18	18	LI-LaPira
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	27	27	25	23	21	18	16	16	16	16	LI-Cotone
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	*	19	17	17	17	18	LI-Parco VIII Marzo
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	22	24	24	24	22	23	21	21	20	19	MS-Colombarotto
	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	-	*	22	21	20	19	MS-MarinaVecchia
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	26	30	28	27	24	27	26	26	22	24	LU-Viareggio
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	27	31	26	24	29	33	29	31	30	28	LU-Capannori
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	-	-	-	-	*	26	26	24	24	LU-San Concordio
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	31	33	33	29	28	32	28	28	25	26	LU-Micheletto
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	25	26	25	23	21	25	22	22	21	22	PI-Passi
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	29	30	28	26	25	29	27	27	26	25	PI-Borghetto
	SF	PI	S.Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	30	31	28	27	27	29	26	25	24	24	PI-S. Croce Coop PI-Montecerboli
Zona Collinare e montana	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	13	15	14	10	8	11	10	11	12	11	PI-Montecerboli
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	10	13	13	*	11	11	10	10	11	10	AR-Casa Stabbi
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	29	22	18	18	20	18	19	18	19	SI-Poggibonsi
	UI	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	*	21	21	19	18	18	SI-Bracci
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	*	29	28	27	23	25	22	22	21	23	LU-Fornoli

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

I dati in tabella e nel grafico mostrano che i valori medi di PM10 registrati in tutte le 34 stazioni di Rete Regionale, negli ultimi 10 anni sono stati inferiori al limite di legge per tutte le tipologie di stazione.

Grafico 4.1.6. PM10 – Medie annuali – Andamenti 2010-2019 per le stazioni di rete regionale

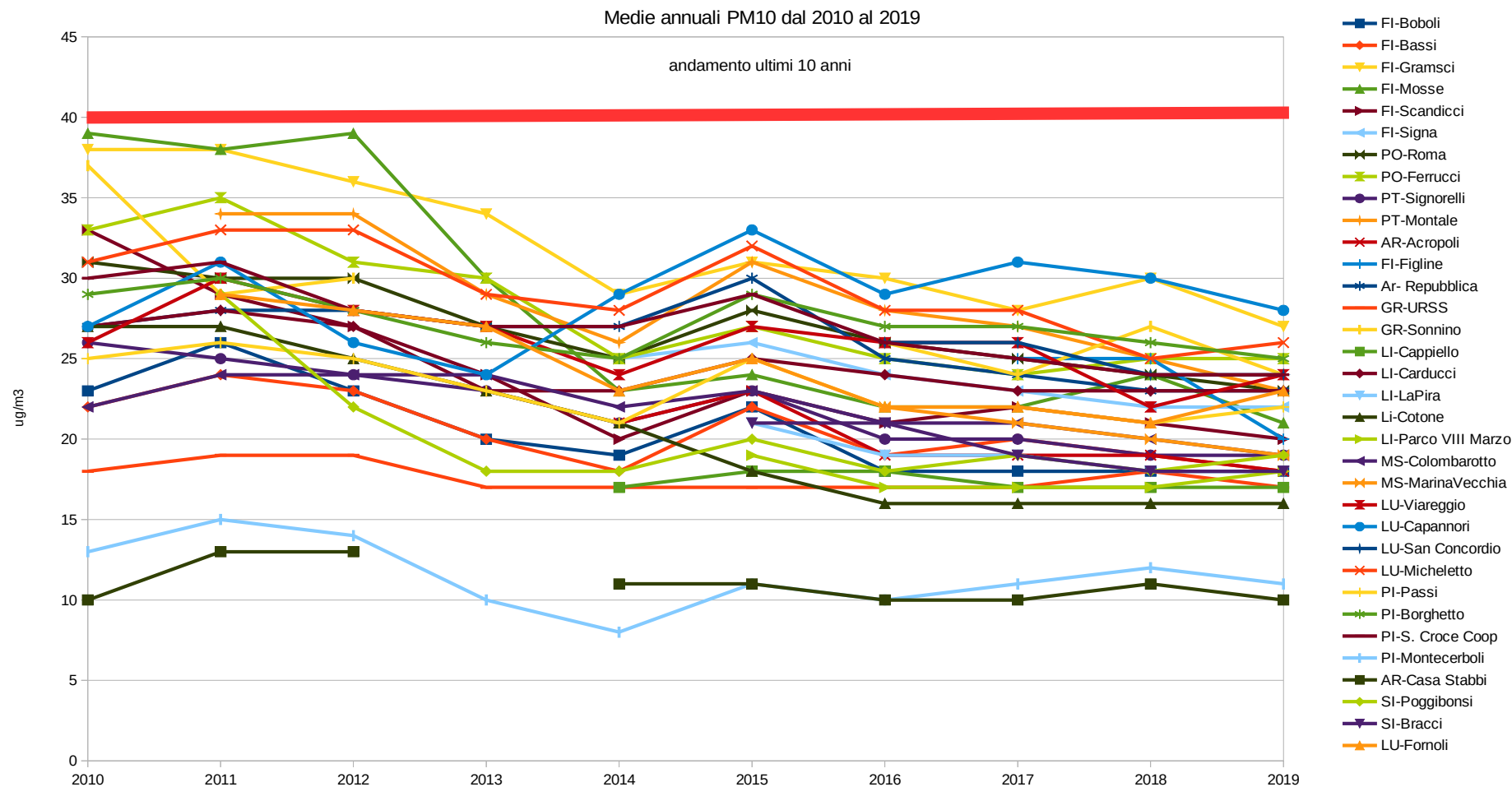
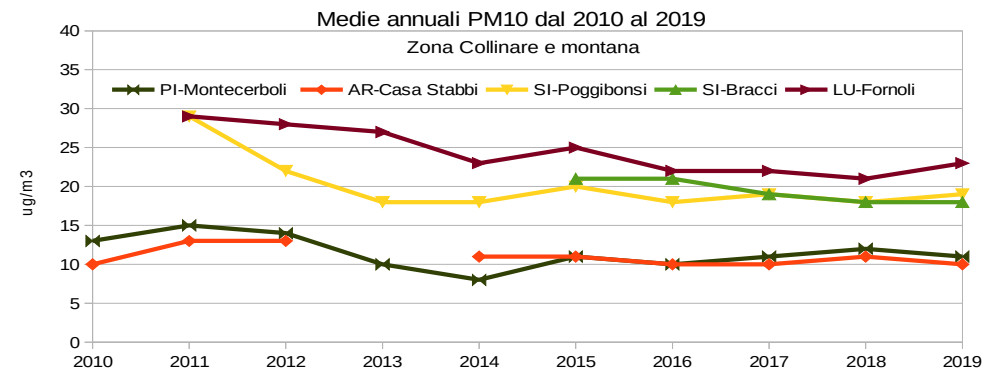
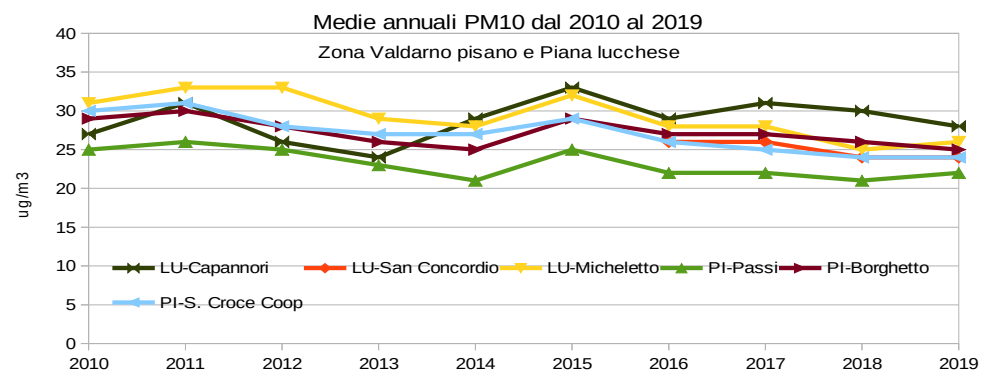
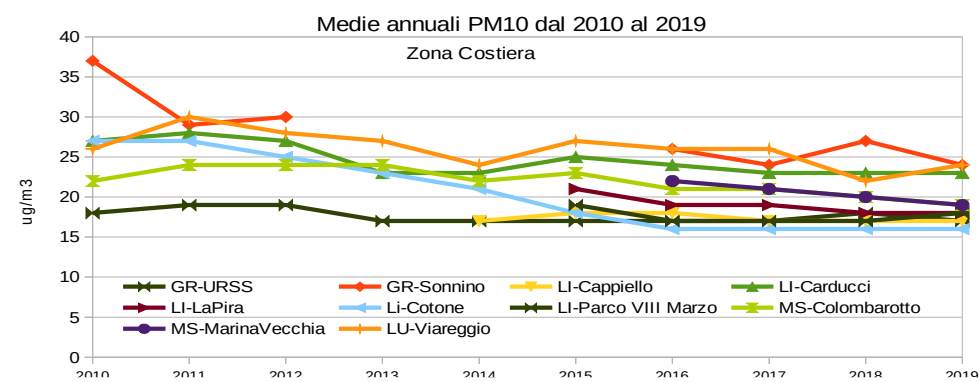
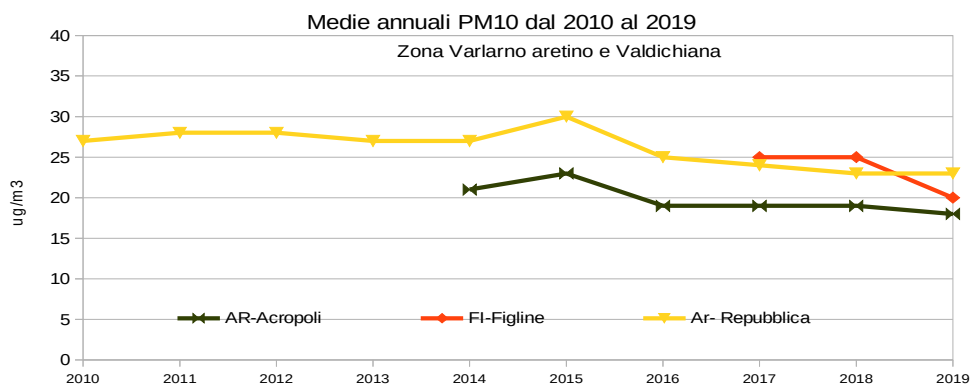
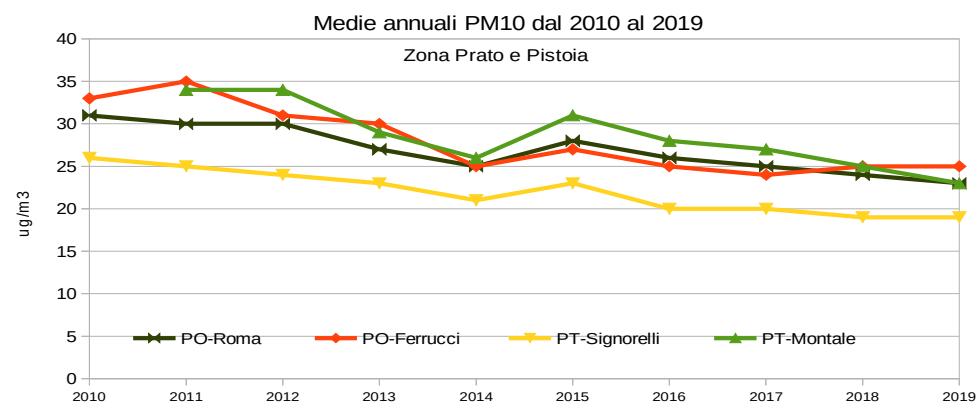
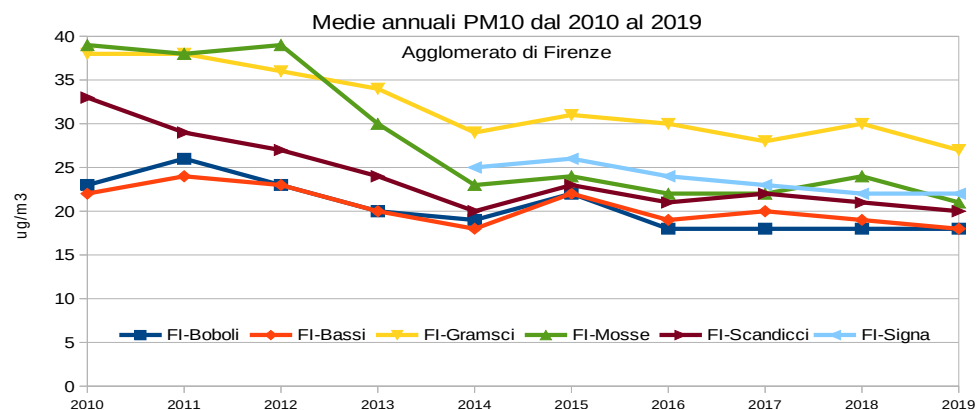


Grafico 4.1.6.bis PM10 – Medie annuali – Andamenti 2010-2019 per le stazioni di rete regionale per Zona



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 in tutto l'ultimo decennio. In particolare dal 2014 si osserva una situazione stabile con oscillazioni annuali dipendenti prevalentemente dalle rispettive situazioni meteorologiche.

Grafico 4.1.7. PM10 – Andamenti del massimo e del minimo delle medie annuali dal 2010 al 2019 per tipologia di stazione

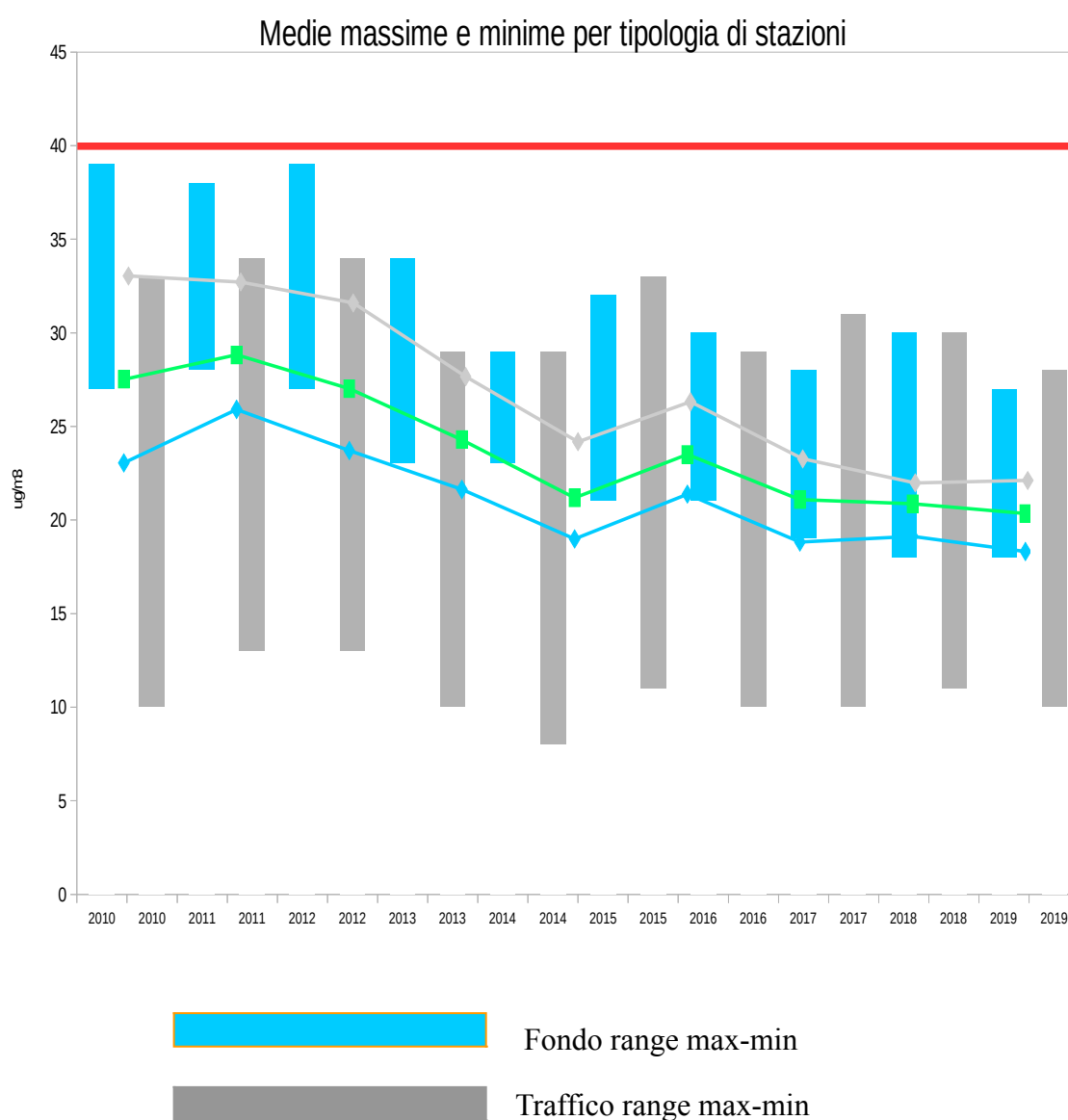
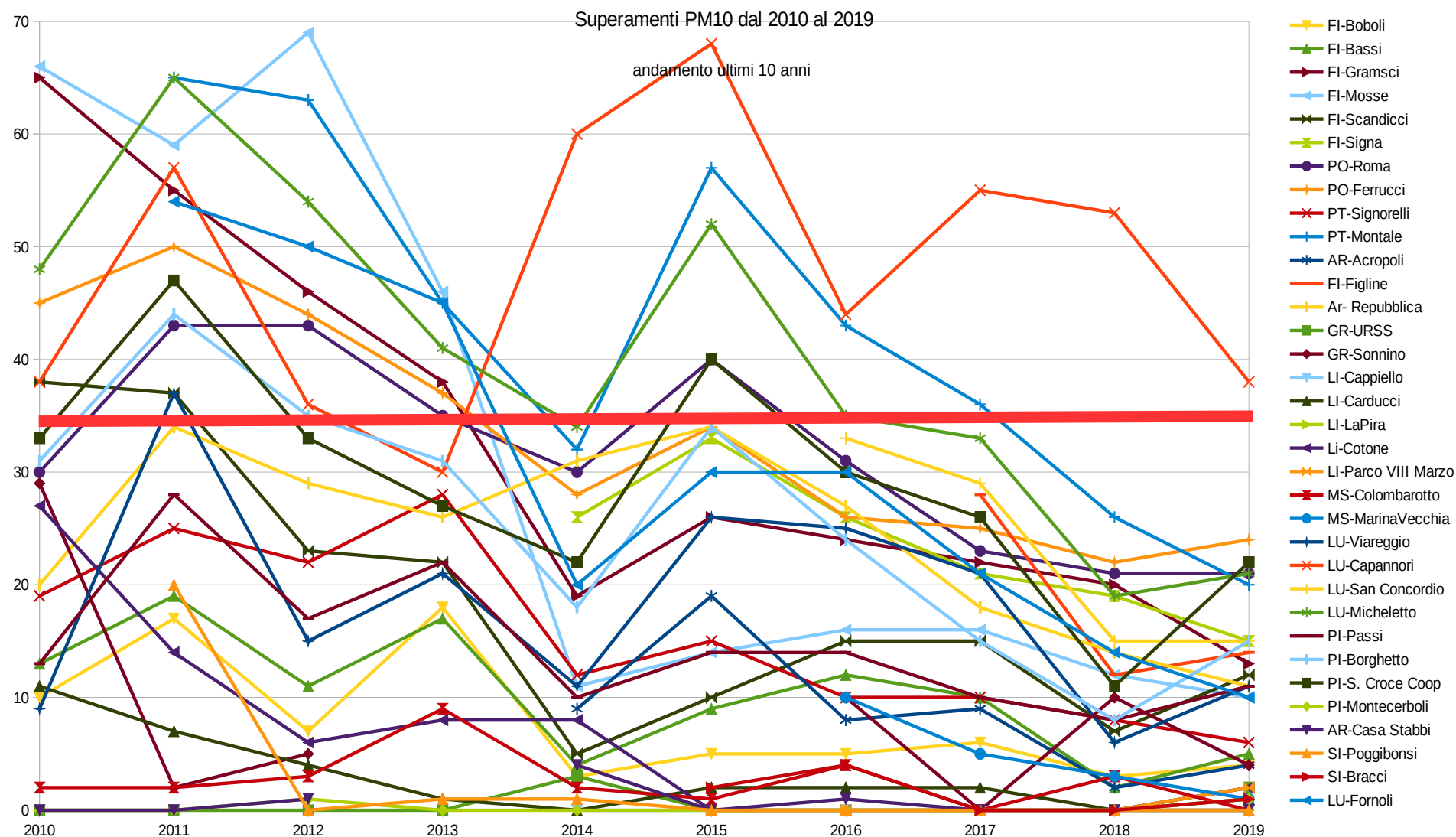


Tabella 4.1.3. PM10 – n° superamenti valore giornaliero di 50 µg/m³ – Andamenti 2010-2019 per le stazioni di rete regionale.

Zona	Class.	Prov.	Comune	Nome stazione	N° superamenti media giornaliera di 50 µg/m³										Nome stazione
					V.L. = 35 gg/anno										
					2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	10	17	7	18	3	5	5	6	3	4	FI-Boboli
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	13	19	11	17	4	9	12	10	2	5	FI-Bassi
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	65	55	46	38	19	26	24	22	20	13	FI-Gramsci
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	66	59	69	46	11	14	16	16	12	10	FI-Mosse
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	38	37	23	22	5	10	15	15	7	12	FI-Scandicci
	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	26	33	26	21	19	15	FI-Signa
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	30	43	43	35	30	40	31	23	21	21	PO-Roma
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	45	50	44	37	28	34	26	25	22	24	PO-Ferrucci
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	19	25	22	28	12	15	10	10	8	6	PT-Signorelli
	SF	PT	Montale	PT-Montale	*	65	63	45	32	57	43	36	26	20	PT-Montale
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	-	-	-	-	9	19	8	9	2	4	AR-Acropoli
	UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	*	28	12	14	FI-Figline
	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	20	34	29	26	31	34	27	18	14	11	Ar- Repubblica
Zona costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	GR-URSS
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	29	2	5	-	-	*	10	0	10	4	GR-Sonnino
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	LI-Cappiello
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	11	7	4	1	0	2	2	2	0	1	LI-Carducci
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	*	0	0	0	0	0	LI-LaPira
	SI	LI	Piombino	Li-Cotone	27	14	6	8	8	0	0	0	0	2	Li-Cotone
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	*	0	0	0	0	2	LI-Parco VIII Marzo
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	2	2	3	9	2	1	4	0	3	0	MS-Colombarotto
	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	-	*	10	5	3	1	MS-MarinaVecchia
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	9	37	15	21	11	26	25	21	6	11	LU-Viareggio
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	38	57	36	30	60	68	44	55	53	38	LU-Capannori
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	-	-	-	-	*	33	29	15	15	LU-San Concordio
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	48	65	54	41	34	52	35	33	19	21	LU-Micheletto
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	13	28	17	22	10	14	14	10	8	11	PI-Passi
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	31	44	35	31	18	34	24	15	8	15	PI-Borghetto
Zona Collinare e montana	SF	PI	S.Croce sull'Arno	PI-S. Croce Coop	33	47	33	27	22	40	30	26	11	22	PI-S. Croce Coop
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	PI-Montecerboli
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0	0	1	*	4	0	1	0	0	0	AR-Casa Stabbi
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	20	0	1	1	0	0	0	0	0	SI-Poggibonsi
	UI	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	*	2	4	0	0	1	SI-Bracci
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	*	54	50	45	20	30	30	21	14	10	LU-Fornoli

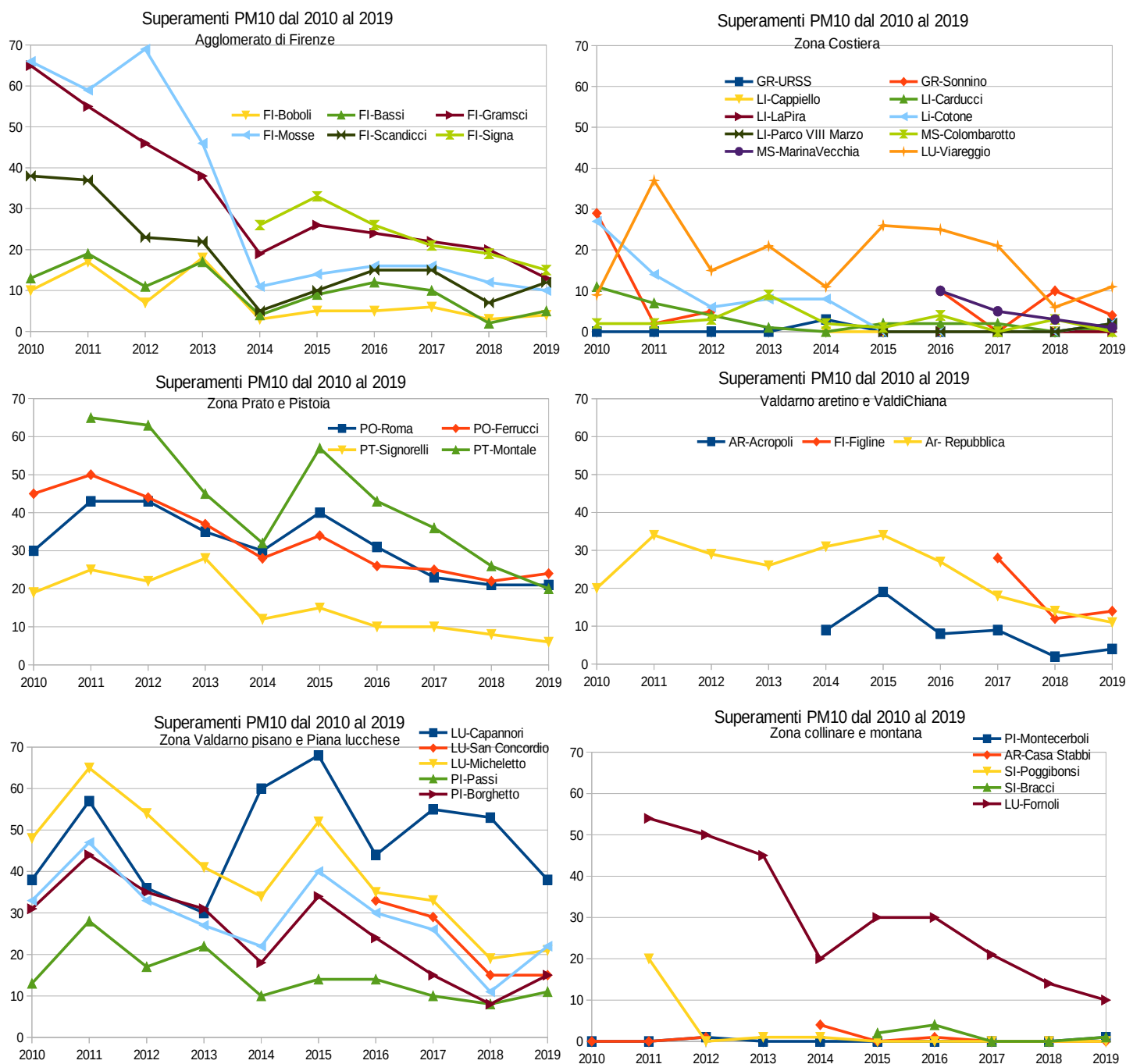
* efficienza minore del 90% , - parametro non attivo.

Grafico 4.1.8. PM10 - n° superamenti valore giornaliero 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Andamenti 2010-2019 per le stazioni di rete regionale



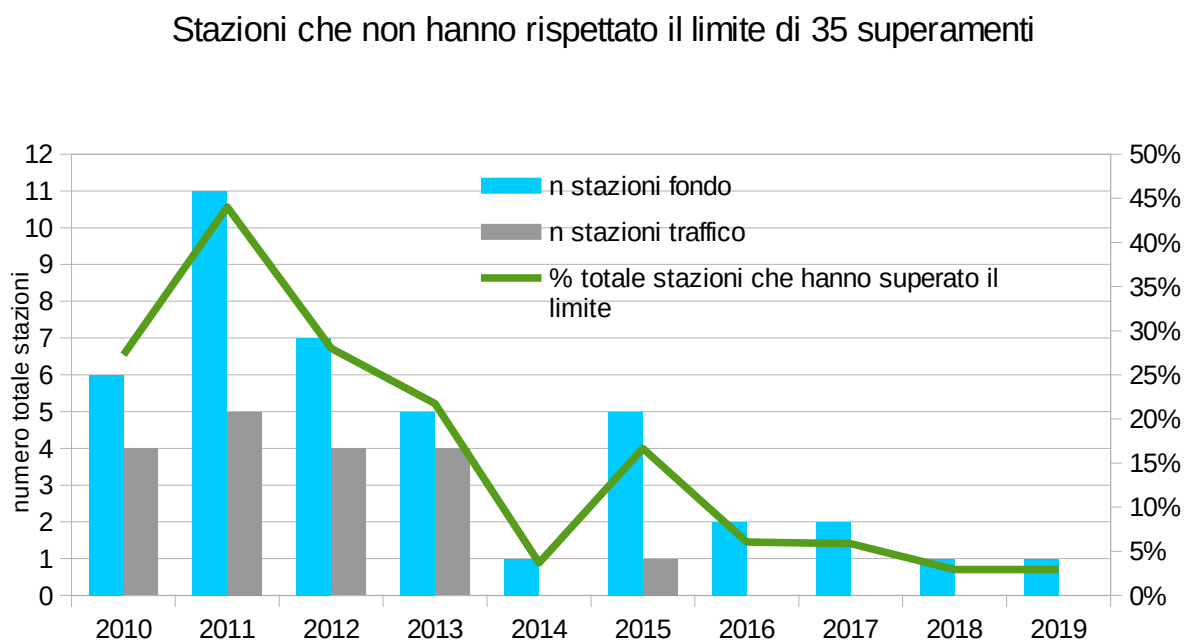
I valori in *Tabella 4.1.3* e nel grafico *Grafico 4.1.8*. mostrano nel complesso un trend positivo di diminuzione per gli ultimi 10 anni. Analogamente i grafici per zona 4.1.8bis

Grafico 4.1.8.bis PM10 - n° superamenti valore giornaliero 50 µg/m³ - Andamenti 2010-2019 per le stazioni di rete regionale per Zona



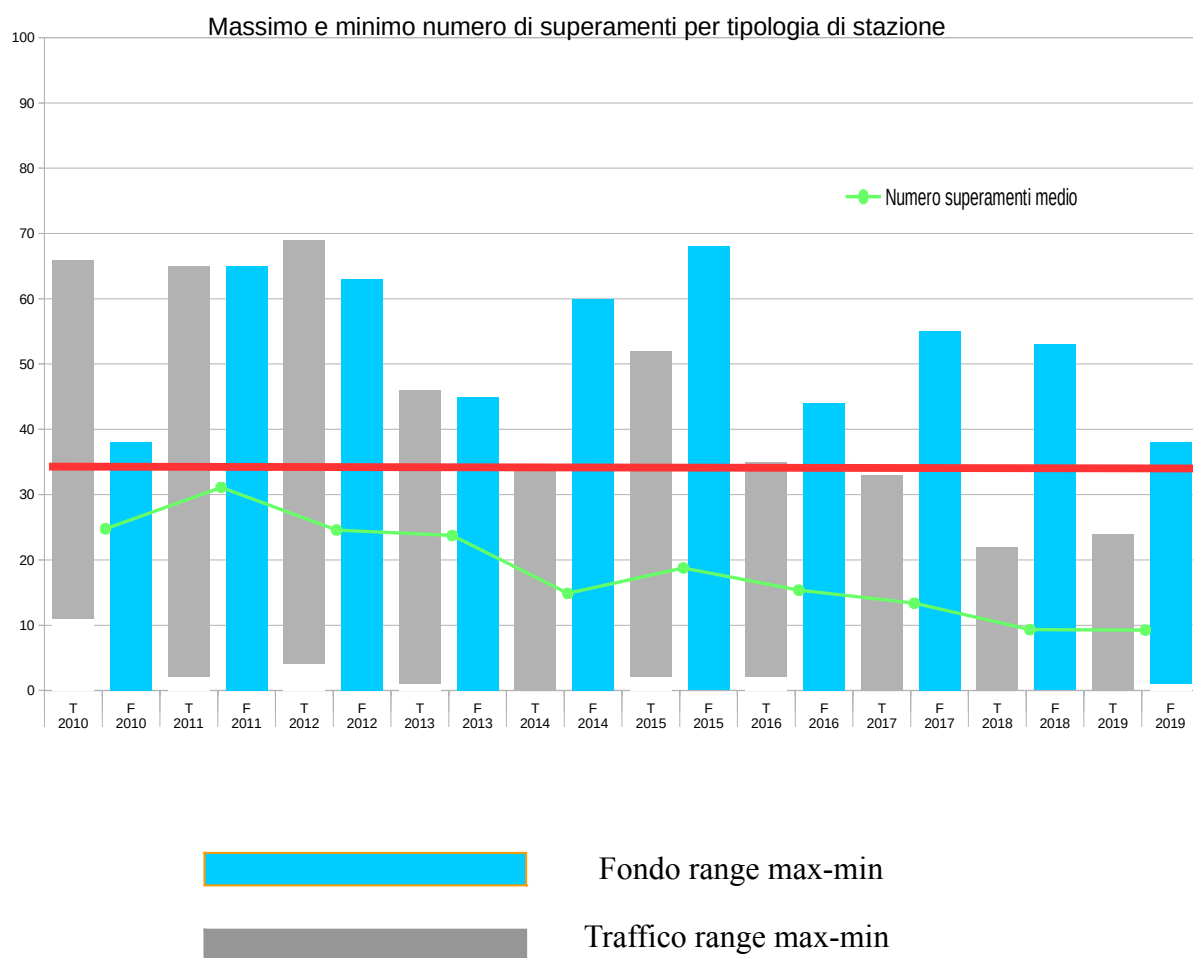
Differentemente da quanto avviene per le medie annuali di PM10, il numero dei superamenti registrati dalle stazioni di Rete Regionali nei diversi siti di rete regionale presenta in molti casi differenze significative di anno in anno. Il numero di stazioni che non hanno rispettato il limite annuale di 35 superamenti, è diminuito nettamente negli ultimi anni, diventando nell'ultimo triennio un fenomeno che in Toscana ha interessato soltanto pochissime stazioni di fondo. E' riportata di seguito la percentuale di stazioni che non ha rispettato il limite dei 35 superamenti negli ultimi 10 anni.

Grafico 4.1.9. PM10 – Andamento della percentuale di stazioni che non ha rispettato il limite, anni 2010-2019



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 2010 al 2019 per tipologia di stazione



4.2. Particolato PM_{2,5}

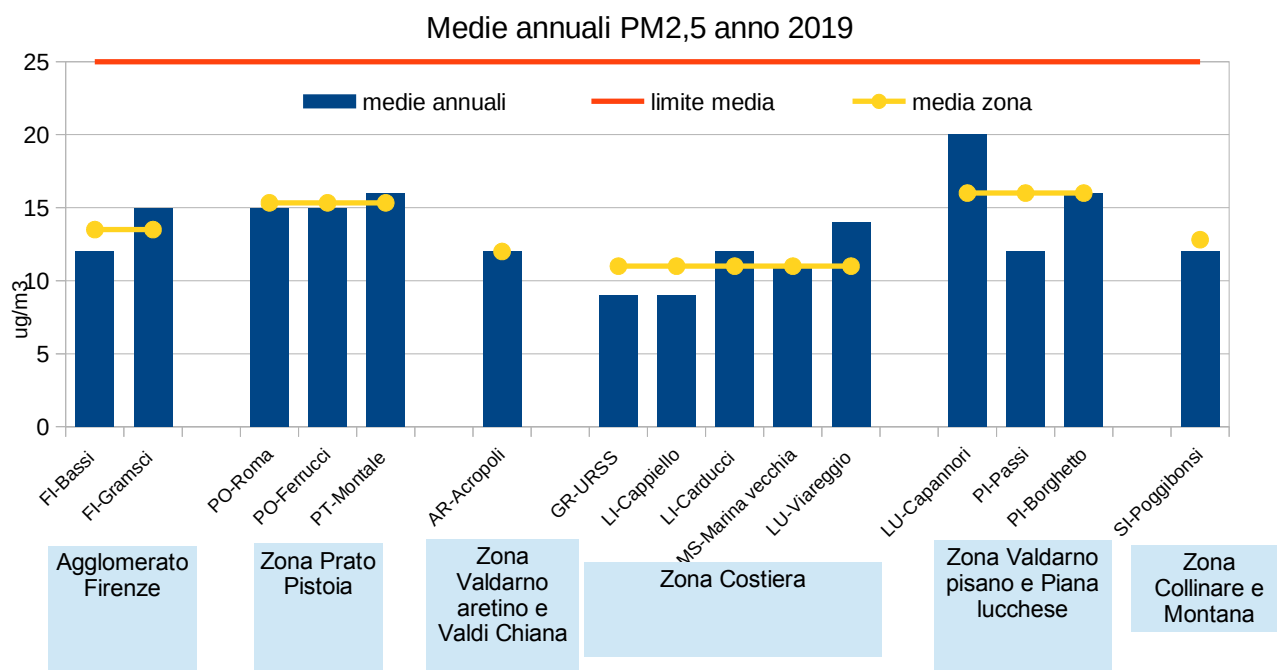
Il valore limite di legge di 25 µg/m³ come media annuale di PM_{2,5}, nel 2019 è stato rispettato in tutto il territorio regionale.

Tabella 4.2.1. PM_{2.5} - 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	15	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	15	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	15	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	16	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	12	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	9	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	9	
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	12	
	UI	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	11	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	14	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	20	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	12	
		PI	Pisa	PI-Borghetto	16	
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	12	
Media regionale PM _{2,5} (µg/m ³)					13,3	
Media regionale stazioni di tipo fondo (µg/m ³)					13,1	
Media regionale stazioni di tipo traffico (µg/m ³)					13,8	

La tabella indica come il limite normativo di 25 µg/m³ per la media annuale sia stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale, con ampio margine di concentrazione infatti la media massima è stata registrata a LU-Capannori ed è inferiore al limite del 20%. Le medie regionali dei valori registrati presso le stazioni di tipo fondo e presso le stazioni di tipo traffico non differiscono significativamente.

Grafico 4.2.1. PM_{2,5}- Medie annuali 2019



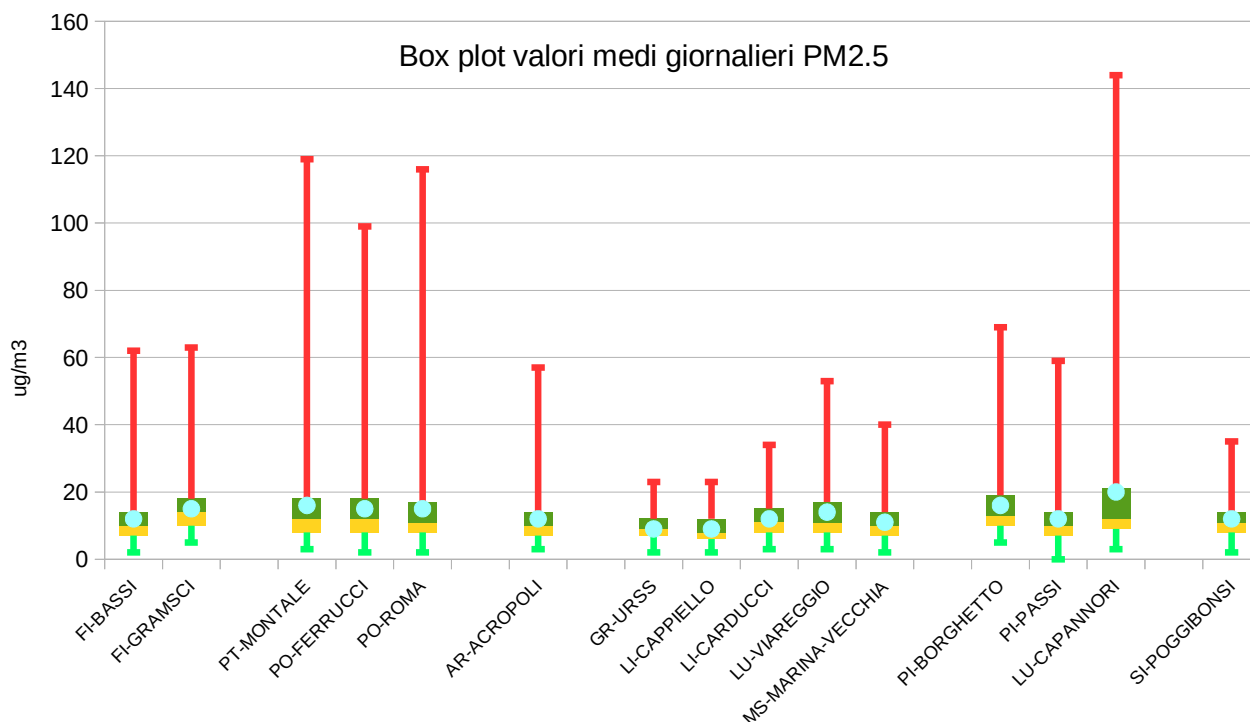
Analizzando i valori medi di ogni zona si nota che la zona del Valdarno Pisano e Piana lucchese ha registrato la media più elevata, seguita dalla Zona di Prato e Pistoia.

L'OMS per il PM_{2,5} ha indicato come valore guida una media annua di concentrazione pari a 10 µg/m³, valore ben più restrittivo rispetto al valore indicato dal D.Lgs.155/2010. Per quanto riguarda il confronto con tale limite, soltanto due stazioni su 15, entrambe della zona costiera hanno registrato una media annuale inferiore o uguale a 10 µg/m³.

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 2019



Per quanto riguarda i valori medi giornalieri dell'anno 2019, i primi tre quartili hanno valori molto contenuti con il 75 % dei valori giornalieri registrati dalla rete regionale nettamente inferiore a 20 µg/m³ (il massimo valore relativo al 75° percentile è per LU-Capannori pari a 21 µg/m³). Il baffo rosso che rappresenta il quarto quartile presenta valori più elevati per le stazioni delle zone di Prato, Pistoia e della Piana Lucchese.

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

Zona	Tipo	Stazione	PM2,5 medie annuali (µg/m³)	PM10 medie annuali (µg/m³)	% PM2,5/PM10 anno2019	media zona %
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Bassi	12	18	67%	61%
	UT	FI-Gramsci	15	27	56%	
Zona PO PT	UF	PO-Roma	15	23	65%	65%
	UT	PO-Ferrucci	15	25	60%	
	SF	PT-Montale	16	23	70%	
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	12	18	67%	67%
Zona costiera	UF	GR-URSS	9	17	53%	55%
	UF	LI-Cappiello	9	17	53%	
	UT	LI-Carducci	12	23	52%	
	UT	MS-Marina Vecchia	11	19	58%	
	UF	LU-Viareggio	14	24	60%	
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Capannori	20	28	71%	63%
	UF	PI-Passi	12	22	55%	
	UT	PI-Borghetto	16	25	64%	
Zona collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	12	19	68%	68%
Media % fondo					63%	
Media % traffico					58%	
Media % complessiva					61%	

Le percentuali medie della frazione di PM2,5 nel PM10 sono state comprese per le stazioni di fondo tra il 71% ed il 53%, con il picco massimo per la stazione LU-Capannori caratterizzata da media annuale più alta sia di particolato PM10 che di PM2,5.

Per le stazioni di traffico la percentuale varia dal 64% al 52% coprendo un range meno ampio. Tra le percentuali medie complessive delle varie zone si distingue la zona costiera che presenta la frazione di PM2,5 nettamente più bassa delle altre.

Mappa 4.2.1. Percentuali di PM2,5 nel PM10

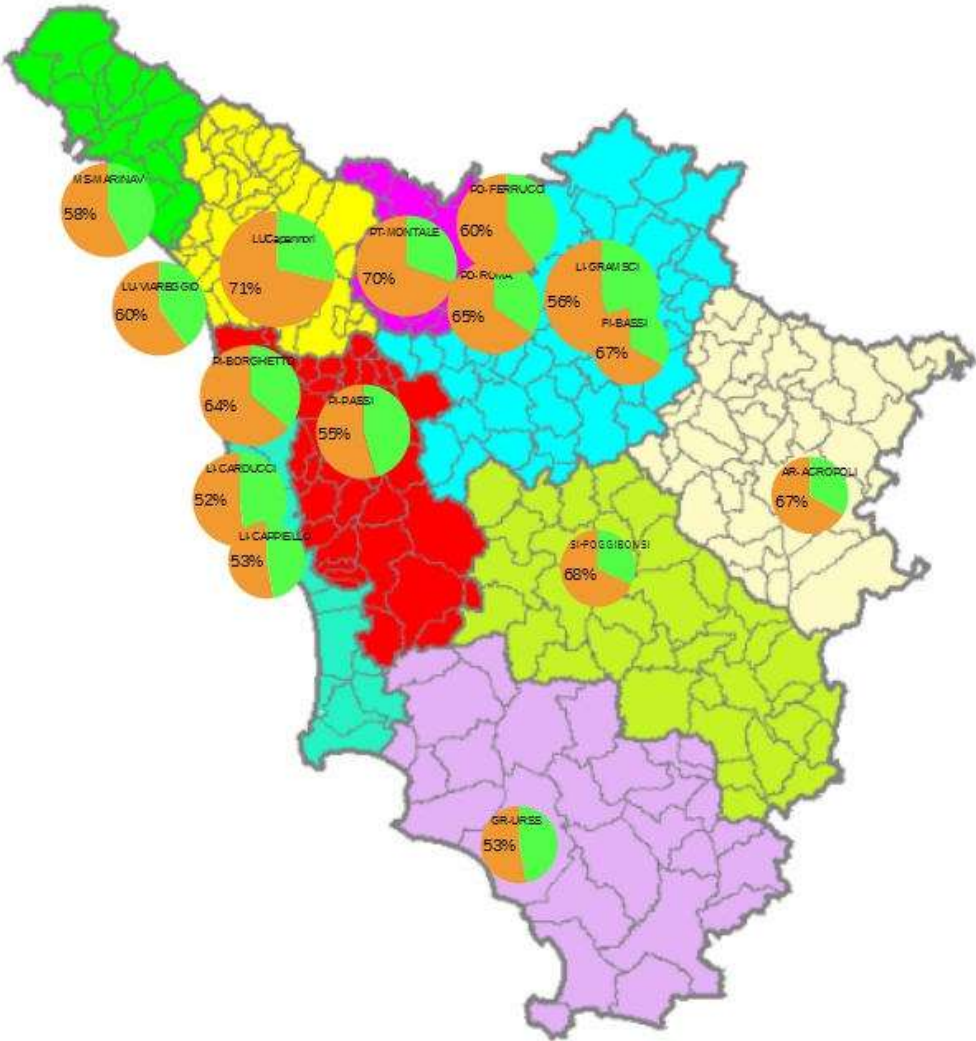


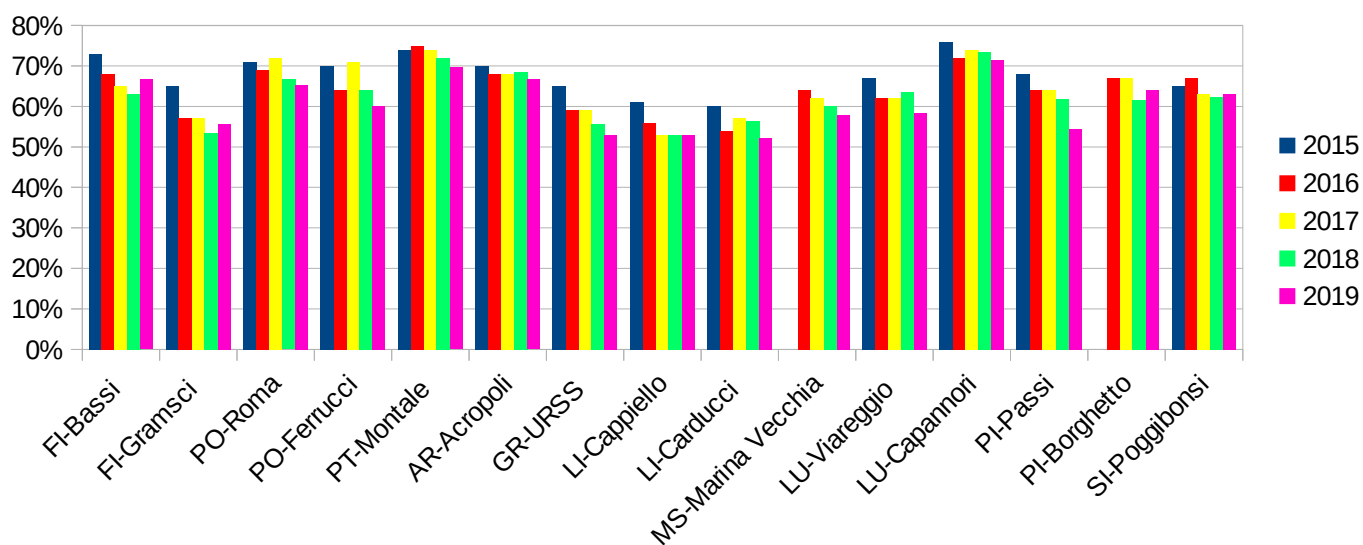
Tabella 4.2.3. Confronto della percentuale di PM2,5 nel PM10 ultimi 5 anni

Zona	Tipo	Stazione	% PM2,5/PM10				
			2015	2016	2017	2018	2019
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Bassi	73%	68%	65%	63%	67%
	UT	FI-Gramsci	65%	57%	57%	53%	56%
Zona PO PT	UF	PO-Roma	71%	69%	72%	67%	65%
	UT	PO-Ferrucci	70%	64%	71%	64%	60%
	SF	PT-Montale	74%	75%	74%	72%	70%
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	70%	68%	68%	68%	67%
Zona costiera	UF	GR-URSS	65%	59%	59%	56%	53%
	UF	LI-Cappiello	61%	56%	53%	53%	53%
	UT	LI-Carducci	60%	54%	57%	57%	52%
	UT	MS-Marina Vecchia	-	64%	62%	60%	58%
	UF	LU-Viareggio	67%	62%	62%	64%	58%
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Capannori	76%	72%	74%	73%	71%
	UF	PI-Passi	68%	64%	64%	62%	55%
	UT	PI-Borghetto	-	67%	67%	62%	64%
Zona collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	65%	67%	63%	62%	63%

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

Andamento % PM2,5 nel PM10

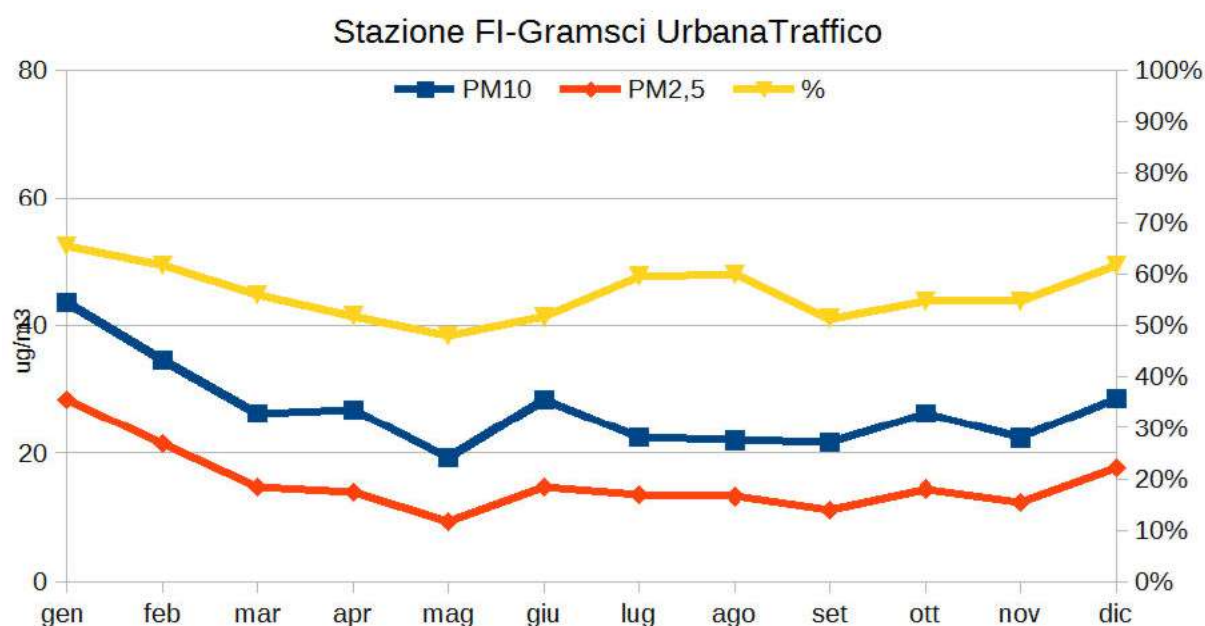
Anni 2015-2019



Dallo studio delle percentuali si nota che negli anni la tendenza alla diminuzione della frazione PM_{2,5} nel PM₁₀.

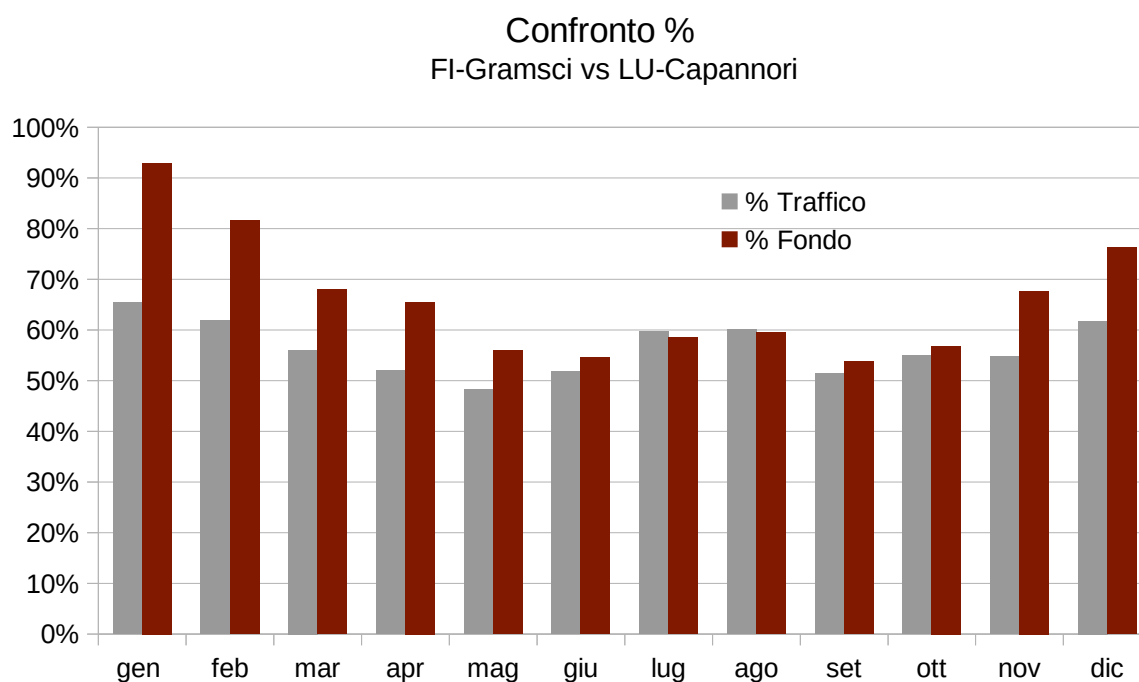
Sono di seguito riportati gli andamenti delle medie mensili di PM₁₀, PM_{2,5} e del loro rapporto per le stazioni più significative per il traffico e il fondo: FI-Gramsci rappresentativa della situazione peggiore delle stazioni di traffico e LU-Capannori rappresentativa della situazione peggiore delle stazioni di fondo.

Grafici 4.2.4. Andamento medie mensili di PM₁₀ e PM_{2,5} nel 2019



Si nota che, la variazione della percentuale di PM_{2,5} nel PM₁₀ è più marcata nell'arco dell'anno nella stazione di fondo rispetto alla stazione di traffico. Le percentuali più elevate si osservano nei mesi dicembre-gennaio-febbraio e marzo.

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



ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2007-2019)

Si riportano di seguito le tabelle ed i grafici relativi agli andamenti delle medie annuali di PM_{2,5} dal 2010 al 2019 per ogni stazione di rete regionale.

Tabella 4.2.4. PM_{2,5} Medie annuali - Andamenti 2010-2019 per le stazioni di rete regionale

Zona	Tipo	Stazione	Medie annuali in $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
			V.L. = $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$									
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Bassi	*	16	16	14	12	16	13	13	12	12
	UT	FI-Gramsci	*	21	20	19	16	20	17	16	16	15
Zona PO PT	UF	PO-Roma	22	22	22	20	17	20	18	18	16	15
	UT	PO-Ferrucci	-	-	-	-	*	19	16	17	16	15
	SF	PT-Montale	-	-	-	19	19	23	21	20	18	16
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	-	-	-	*	14	16	13	13	13	12
Zona costiera	UF	GR-URSS	11	12	11	11	10	11	10	10	10	9
	UF	LI-Cappiello	-	-	-	-	9	11	10	9	9	9
	UT	LI-Carducci	14	16	14	13	13	15	13	13	13	12
	UT	MS-Marina Vecchia	-	-	-	-	-	*	14	13	12	11
	UF	LU-Viareggio	-	-	-	-	14	18	16	16	14	14
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Capannori	-	-	-	-	21	25	21	23	22	20
	UF	PI-Passi	16	18	16	16	14	17	14	14	13	12
	UT	PI-Borghetto	-	-	-	-	-	*	18	18	16	16
Zona collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	-	-	11	12	11	13	12	12	12	12

La tabella ed il relativo grafico indicano come le medie annuali di PM_{2,5} registrate dalle stazioni di Rete Regionale nell'ultimo decennio siano state inferiori al limite del D.lgs 155/2010 per tutte le stazioni di tipo traffico e fondo, con un leggero trend di diminuzione.

Grafico 4.2.6. PM_{2,5} - Medie annuali - Andamenti 2010-2019 per le stazioni di rete regionale

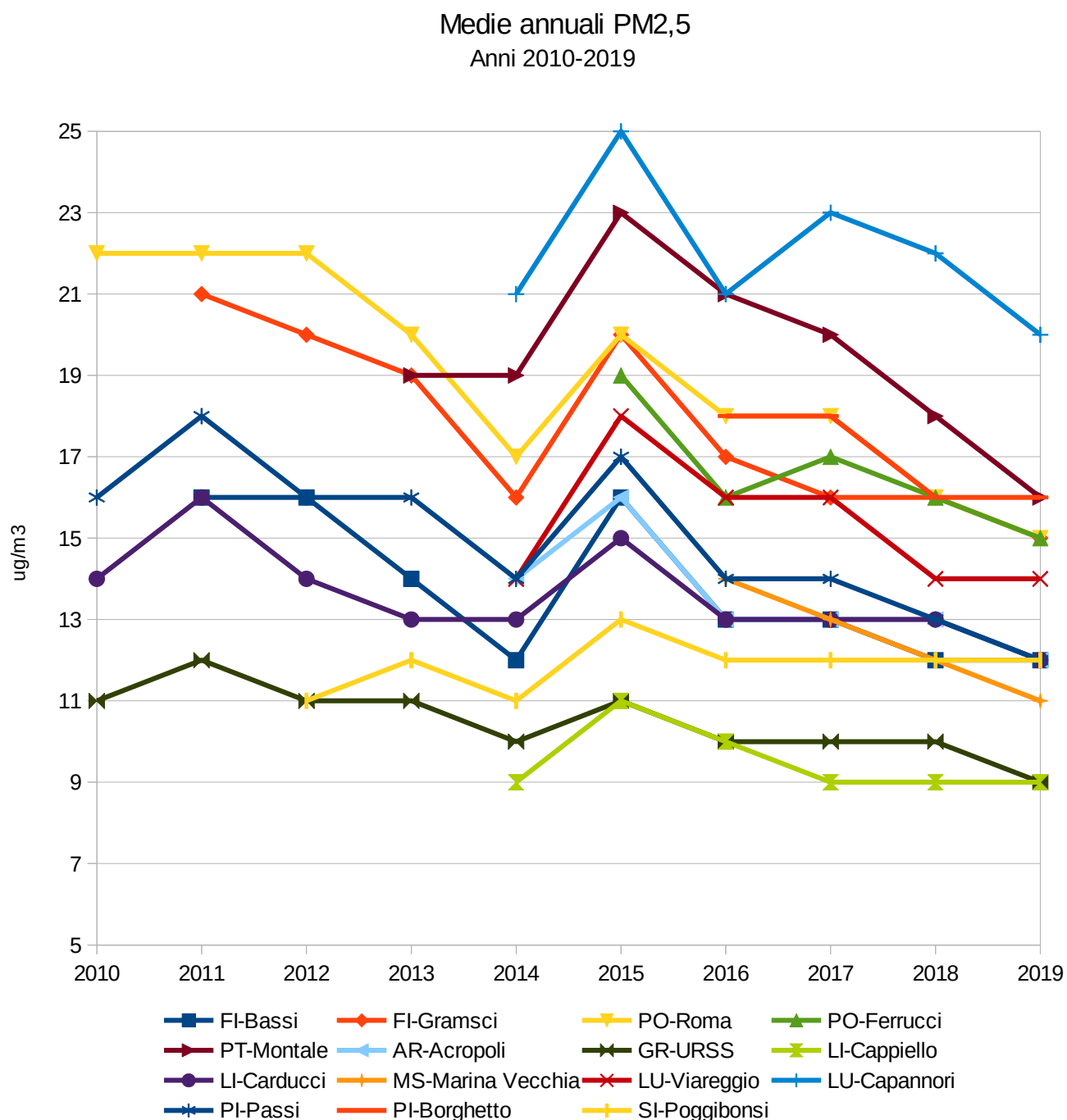
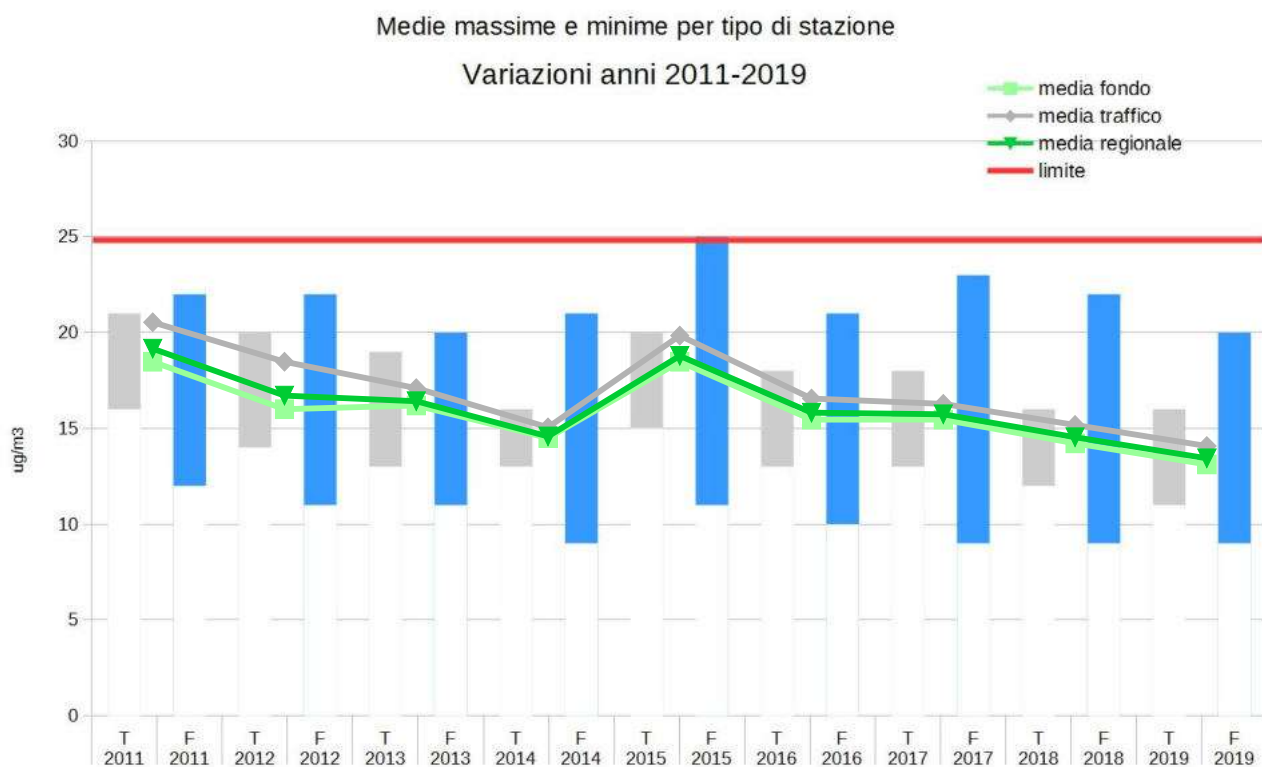


Grafico 4.2.7. PM2.5 – Andamenti del massimo e del minimo delle medie annuali dal 2011 al 2019 per tipologia di stazione



4.3. NO₂ e NO_x

I valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) per il biossido di azoto, ovvero il numero massimo di 18 per le medie orarie con concentrazione superiore a 200 µg/m³ e la media annuale di 40µg/m³, sono stati confrontati con gli indicatori calcolati sui dati registrati nel 2019.

Nel 2019 non si è verificato alcun episodio di superamento della media oraria di 200 µg/m³ rispettando pienamente il primo parametro in tutto il territorio. Le medie annuali sono state tutte inferiori a 40 µg/m³ rispettando il limite, con eccezione della stazione di traffico di FI-Gramsci presso la quale la media annuale del 2019 è pari a 56 µg/m³.

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 per le stazioni di traffico superiore al doppio della media calcolata sulle stazioni di fondo.

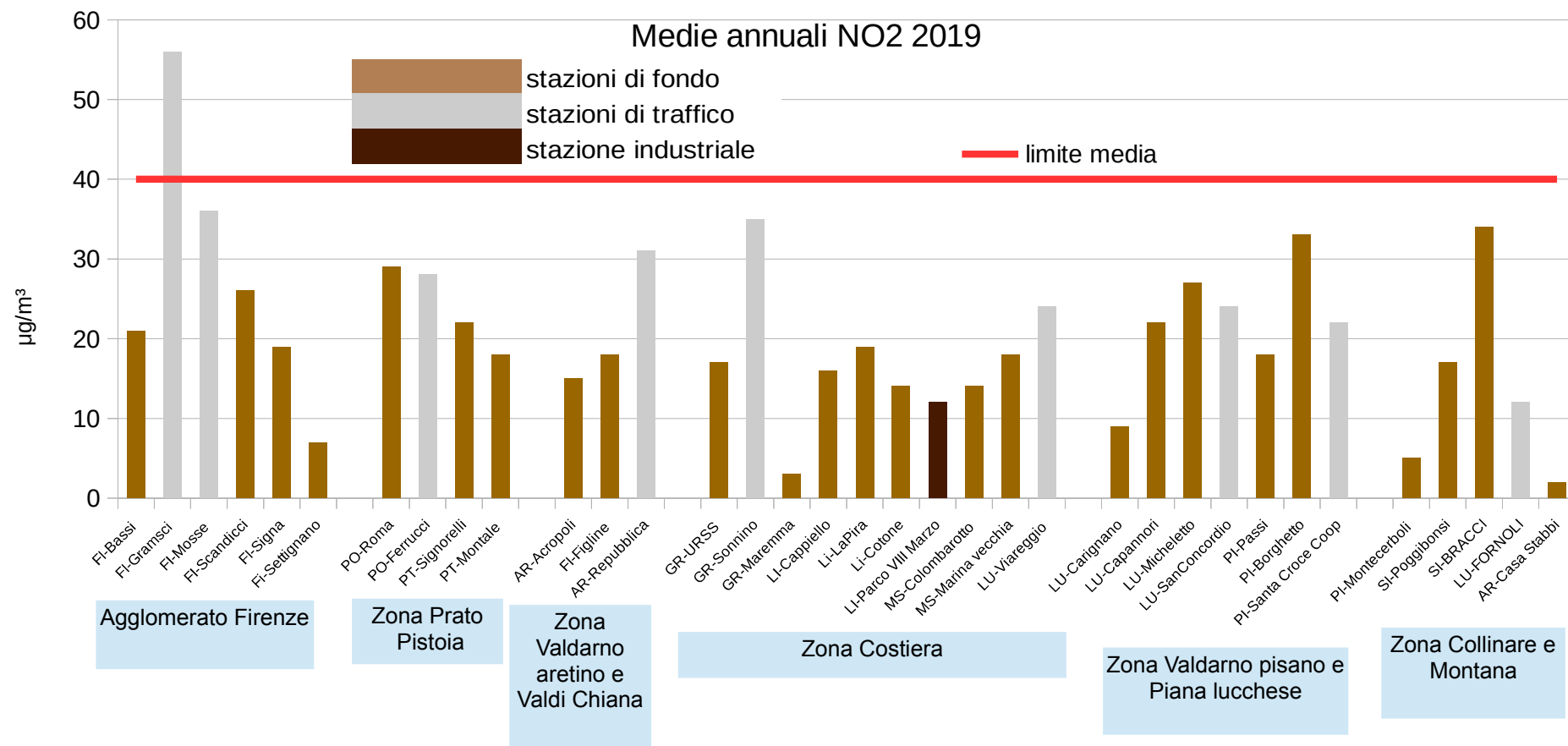
Tabella 4.3.1. NO₂ - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2019

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	21	40
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	0		56	
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	0		36	
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	0		26	
	UF	FI	Signa	FI-Signa	0		19	
	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	0		7	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0		29	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	0		28	
	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		18	
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	0		31	
Zona Costiera	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	0		3	
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0		17	
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	0		35	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		16	
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	*		*	
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0		19	
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0		14	
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0		12	
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	0		14	
	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	0		18	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	0		24	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	0		22	
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	0		24	
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	0		27	
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	0		9	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	0		18	
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	0		33	

	SF	PI	S. Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	0		22	
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0		17	
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	0		34	
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	0		12	
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0		5	
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0		2	
Media annuale complessiva Rete Regionale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							21	
Media annuale stazioni di tipo fondo urbano e suburbano ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							16	
Media annuale stazioni di tipo traffico urbano ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							33	

* efficienza analizzatore <90%

Grafico 4.3.1. Biossido di azoto - medie annuali 2019

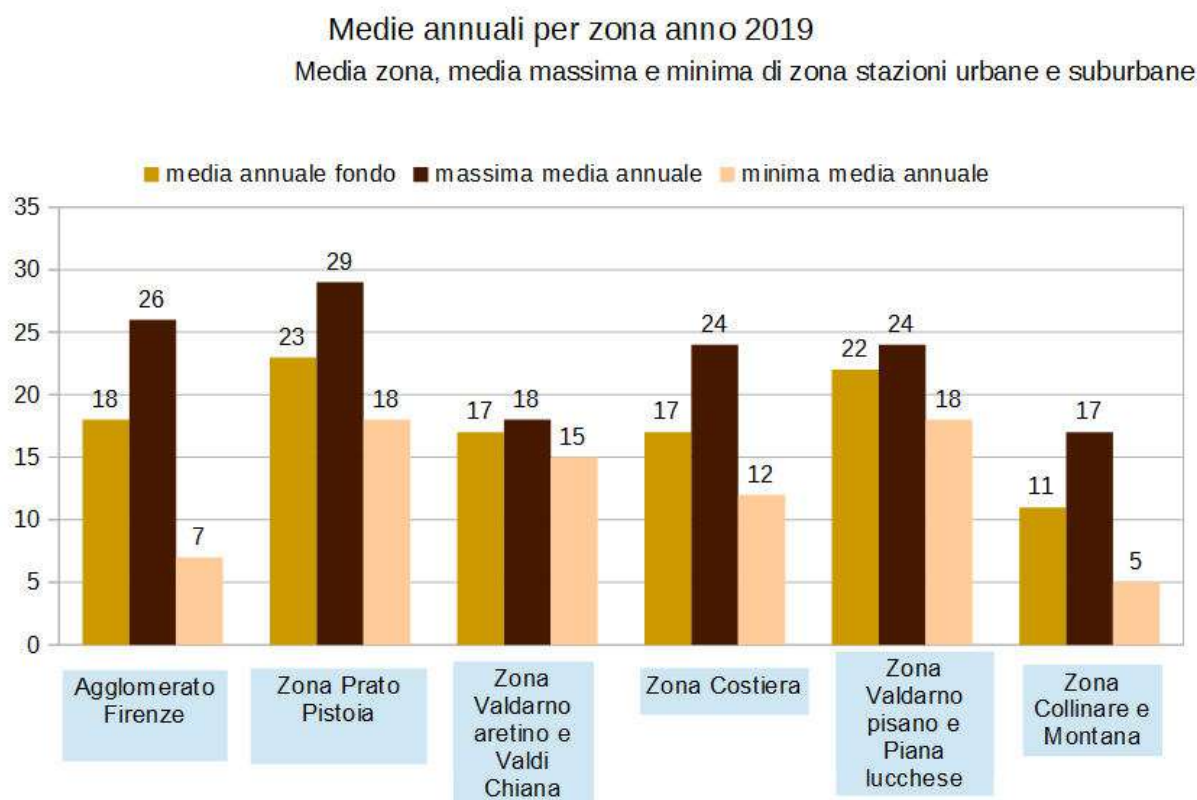


Analizzando le medie annuali 2019 delle stazioni di fondo zona per zona, esclusi i siti rurali, si ottiene che:

- il fondo medio di NO₂ più elevato è stato registrato nella zona di PO e PT con media pari a 23 µg/m³ e nella zona del Valdarno pisano e Piana lucchese con media 22 µg/m³, queste sono le due zone caratterizzate dalle medie annuali più elevate;
- nell'Agglomerato di Firenze il fondo medio annuale è stato pari a 18 µg/m³, mentre nelle due zone del Valdarno aretino e della zona Costiera esse sono state pari a 17 µg/m³;
- la zona collinare e montana ha registrato la concentrazione media di fondo minore, pari a 11 µg/m³.

Il grafico seguente mostra le variazioni delle medie annuali di biossido di azoto per le stazioni di tipo urbano e suburbano all'interno di ciascuna zona.

Grafico 4.3.2. NO₂ - Medie annuali delle stazioni di fondo anno 2019, per Zona



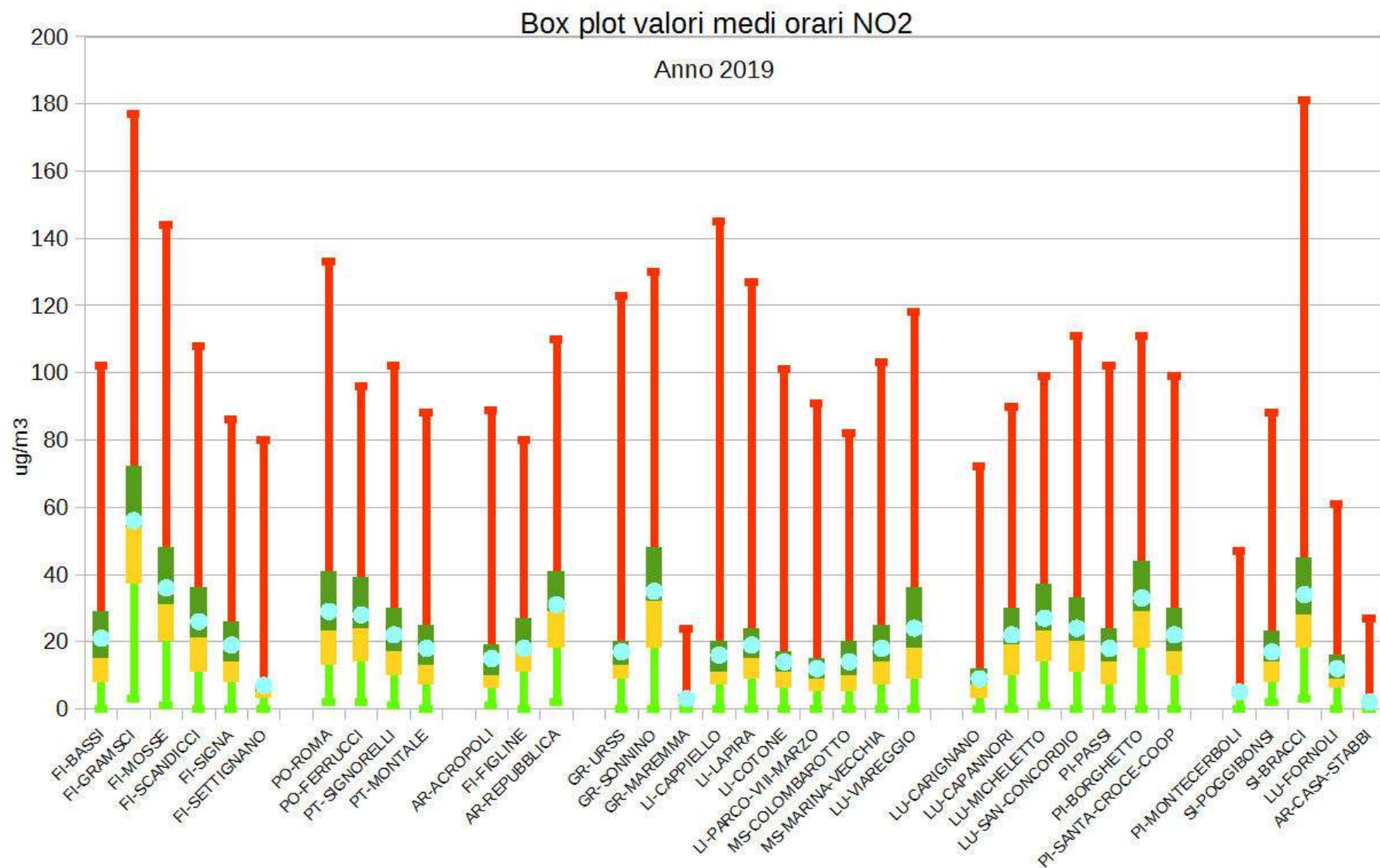
Sono state escluse dalle elaborazioni le stazioni di tipo rurale, quali LU-Carignano per la zona del Valdarno pisano e Piana lucchese, con media annuale pari a 9 µg/m³, GR-Maremma per la zona Costiera, con media annuale pari a 3 µg/m³ e AR-Casa Stabbi per la zona Collinare e mONTANA con media annuale pari a 2 µg/m³.

È 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.

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 per quasi tutte le stazioni 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]



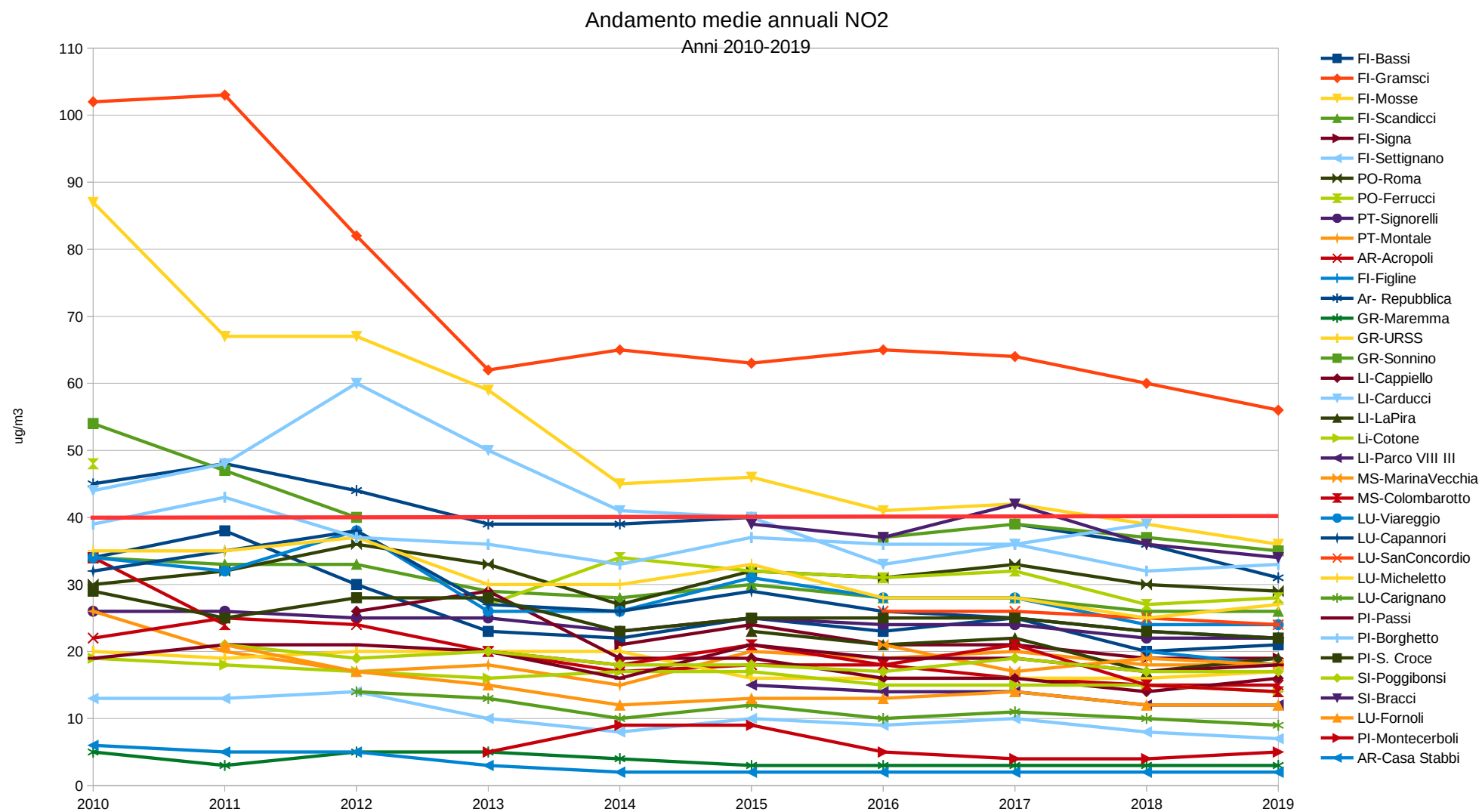
ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2010-2019)

Tabella 4.3.2. Biossido di azoto – Medie annuali - Andamenti 2010-2019 per le stazioni di rete regionale

Prov	Comune	Nome stazione	Medie annuali in µg/m³										Nome stazione
			V.L. = 40 µg/m³										
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
FI	Firenze	FI-Bassi	34	38	30	23	22	25	23	25	20	21	FI-Bassi
FI	Firenze	FI-Gramsci	102	103	82	62	65	63	65	64	60	56	FI-Gramsci
FI	Firenze	FI-Mosse	87	67	67	59	45	46	41	42	39	36	FI-Mosse
FI	Scandicci	FI-Scandicci	34	33	33	29	28	30	28	28	26	26	FI-Scandicci
FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	-	21	24	21	21	19	19	FI-Signa
FI	Firenze	FI-Settignano	13	13	14	10	8	10	9	10	8	7	FI-Settignano
PO	Prato	PO-Roma	30	32	36	33	27	32	31	33	30	29	PO-Roma
PO	Prato	PO-Ferrucci	48	*	*	27	34	32	31	32	27	28	PO-Ferrucci
PT	Pistoia	PT-Signorelli	26	26	25	25	23	25	24	24	22	22	PT-Signorelli
PT	Montale	PT-Montale	26	20	17	18	15	20	19	20	18	18	PT-Montale
AR	Arezzo	AR-Acropoli	22	25	24	20	17	18	18	16	15	15	AR-Acropoli
FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	-	*	20	18	FI-Figline
AR	Arezzo	Ar- Repubblica	45	48	44	39	39	40	35*	39	36	31	Ar- Repubblica
GR	Grosseto	GR-Maremma	5	3	5	5	4	3	3	3	3	3	GR-Maremma
GR	Grosseto	GR-URSS	20	19	20	20	20	16	16	16	16	17	GR-URSS
GR	Grosseto	GR-Sonnino	54	47	40	-	-	-	37	39	37	35	GR-Sonnino
LI	Livorno	LI-Cappiello	-	*	26	29	19	19	16	16	14	16	LI-Cappiello
LI	Livorno	LI-Carducci	44	48	60	50	41	40	33	36	39	*	LI-Carducci
LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	-	*	23	21	22	17	19	LI-LaPira
LI	Piombino	Li-Cotone	19	18	17	16	17	17	15	15	15	14	Li-Cotone
LI	Piombino	LI-Parco VIII III	-	-	-	-	*	15	14	14	12	12	LI-Parco VIII III
MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	-	*	21	17	19	18	MS-Marinavecchia
MS	Carrara	MS-Colombarotto	34	24	*	20	18	21	18	21	15	14	MS-Colombarotto
LU	Viareggio	LU-Viareggio	34	32	38	26	26	31	28	28	24	24	LU-Viareggio
LU	Capannori	LU-Capannori	32	35	38	27	26	29	26	25	23	22	LU-Capannori
LU	Lucca	LU-SanConcordio	-	-	-	-	-	*	26	26	25	24	LU-SanConcordio
LU	Lucca	LU-Micheletto	35	35	37	30	30	33	28	28	25	27	LU-Micheletto
LU	Lucca	LU-Carignano	-	*	14	13	10	12	10	11	10	9	LU-Carignano
PI	Pisa	PI-Passi	19	21	21	20	16	21	19	19	17	18	PI-Passi
PI	Pisa	PI-Borghetto	39	43	37	36	33	37	36	36	32	33	PI-Borghetto
PI	S.Croce sull'Arno	PI-S. Croce	29	25	28	28	23	25	25	25	23	22	PI-S. Croce
SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	-	21	19	20	18	18	17	19	17	17	SI-Poggibonsi
SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	-	*	39	37	42	36	34	SI-Bracci
LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	*	21	17	15	12	13	13	14	12	12	LU-Fornoli
PI	Pomarance	PI-Montecerboli	-	-	*	5	9	9	5	4	4	5	PI-Montecerboli
AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	6	5	5	3	2	2	2	2	2	2	AR-Casa Stabbi

* efficienza minore del 90% , - parametro non attivo

Grafico 4.3.4. Biossido di azoto – Medie annuali - Andamenti 2010 -2019 per le stazioni di rete regionale



Come mostrano chiaramente i dati in tabella 4.3.2 ed il grafico 4.3.4 e i grafici per zona 4.3.4 bis, 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 negli ultimi due anni ha superato soltanto una stazione di traffico.

Mappa 4.3.1. Biossido di azoto: mappa andamento valori medi annuali e confronto con il limite normativo per le stazioni di traffico. (Il grafico relativo alla stazione di LI-Carducci si ferma alla media del 2018)

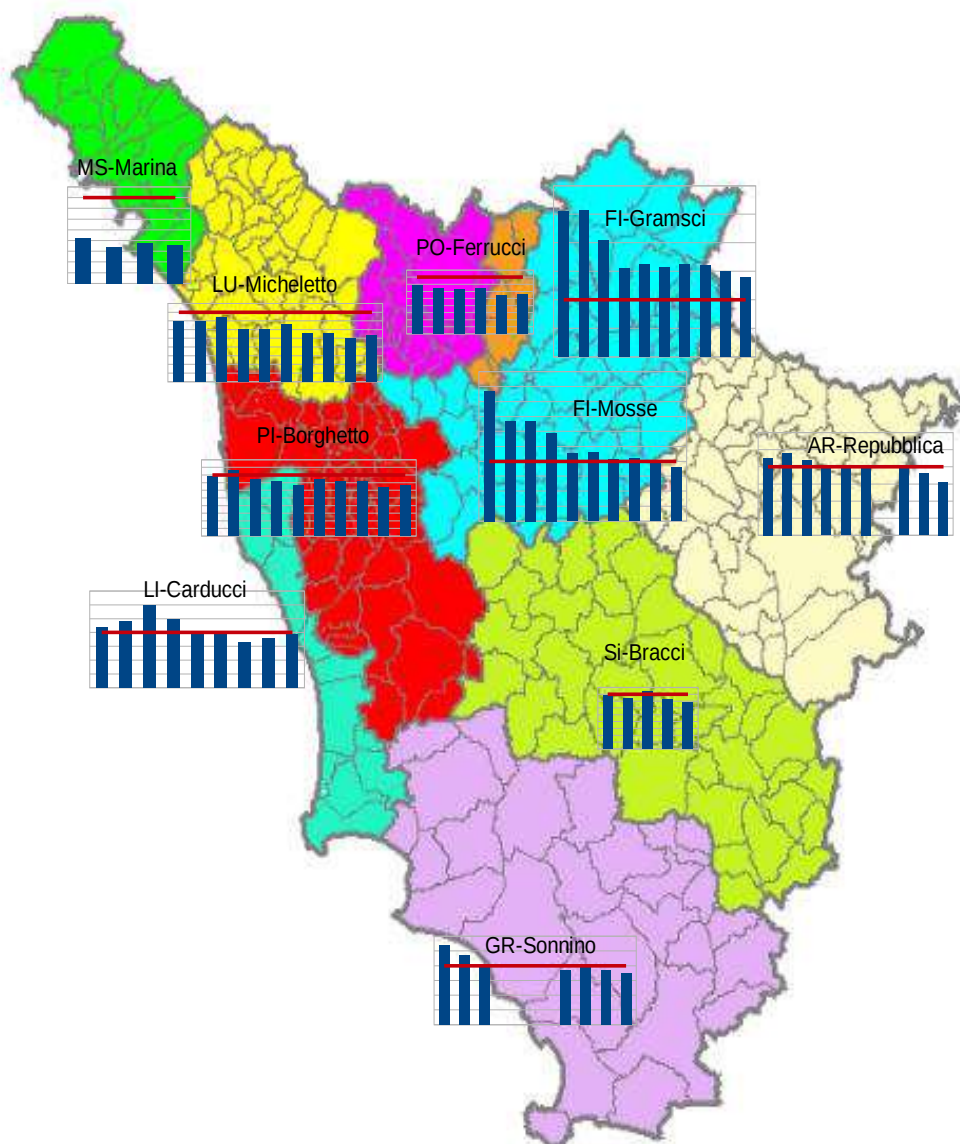


Grafico 4.3.4 bis. Biossido di azoto – Medie annuali - Andamenti 2010-2019 per le stazioni di rete regionale per zona

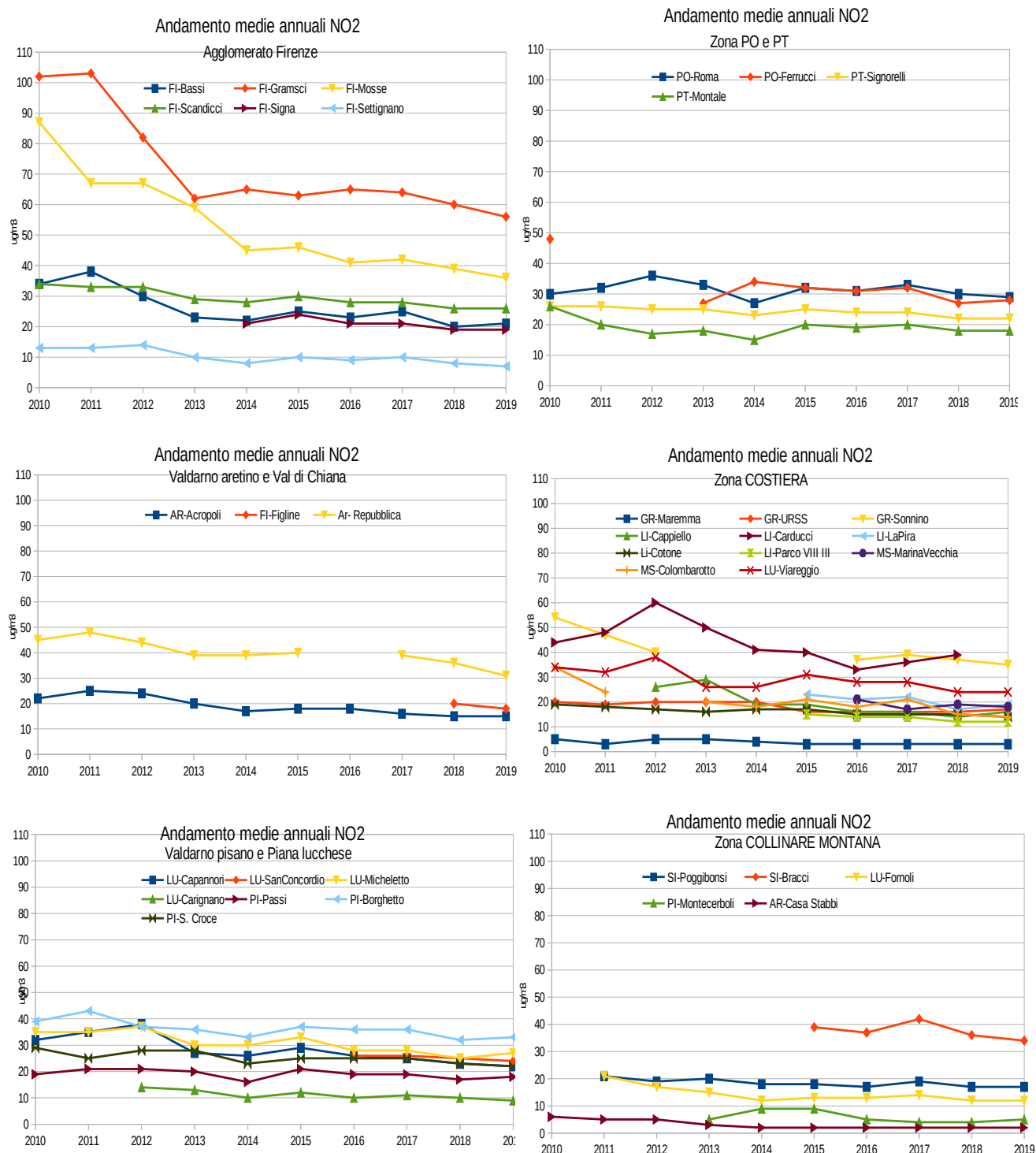
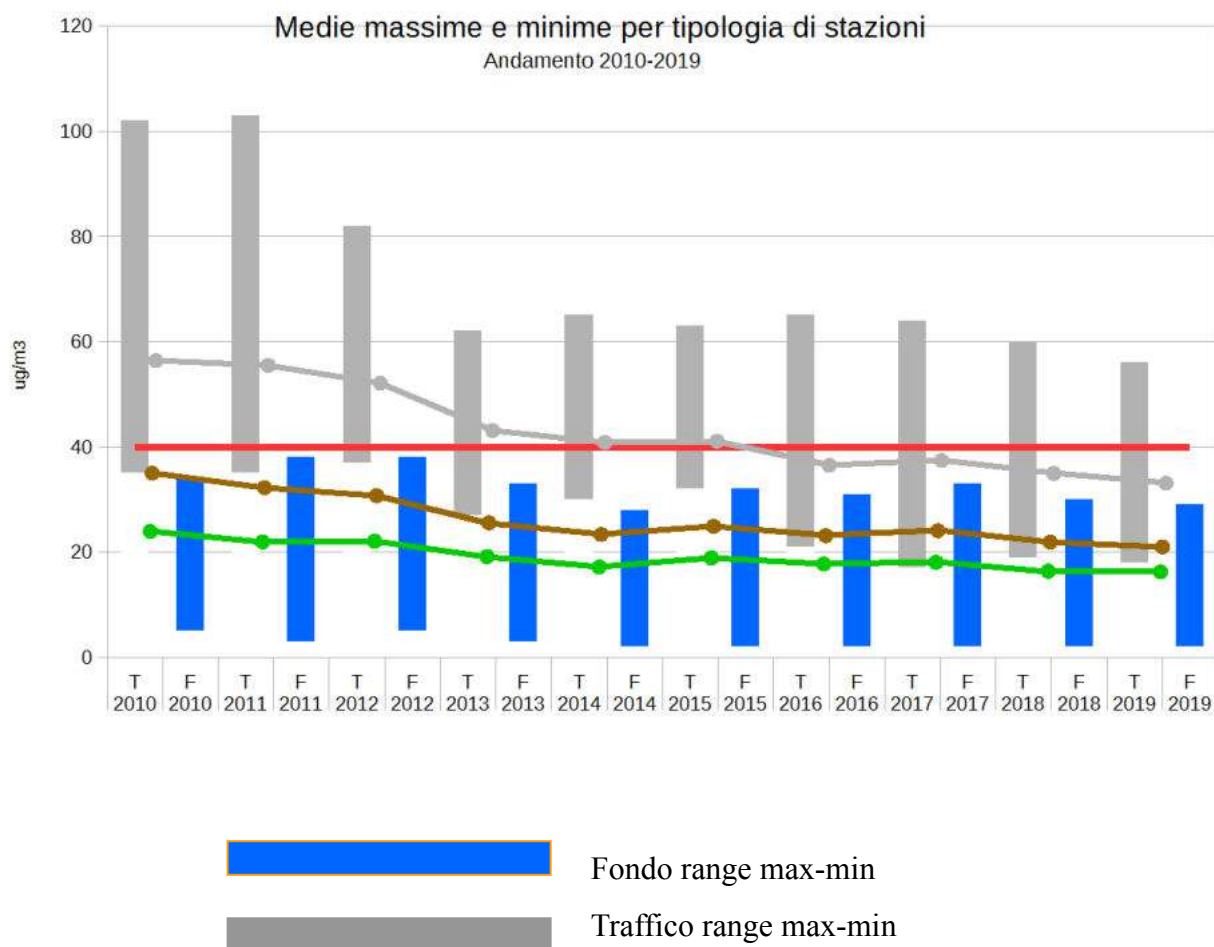


Grafico 4.3.5. Biossido di azoto – Andamenti della concentrazione media annuale dal 2010 al 2019 per tipologia di stazione



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 2019

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

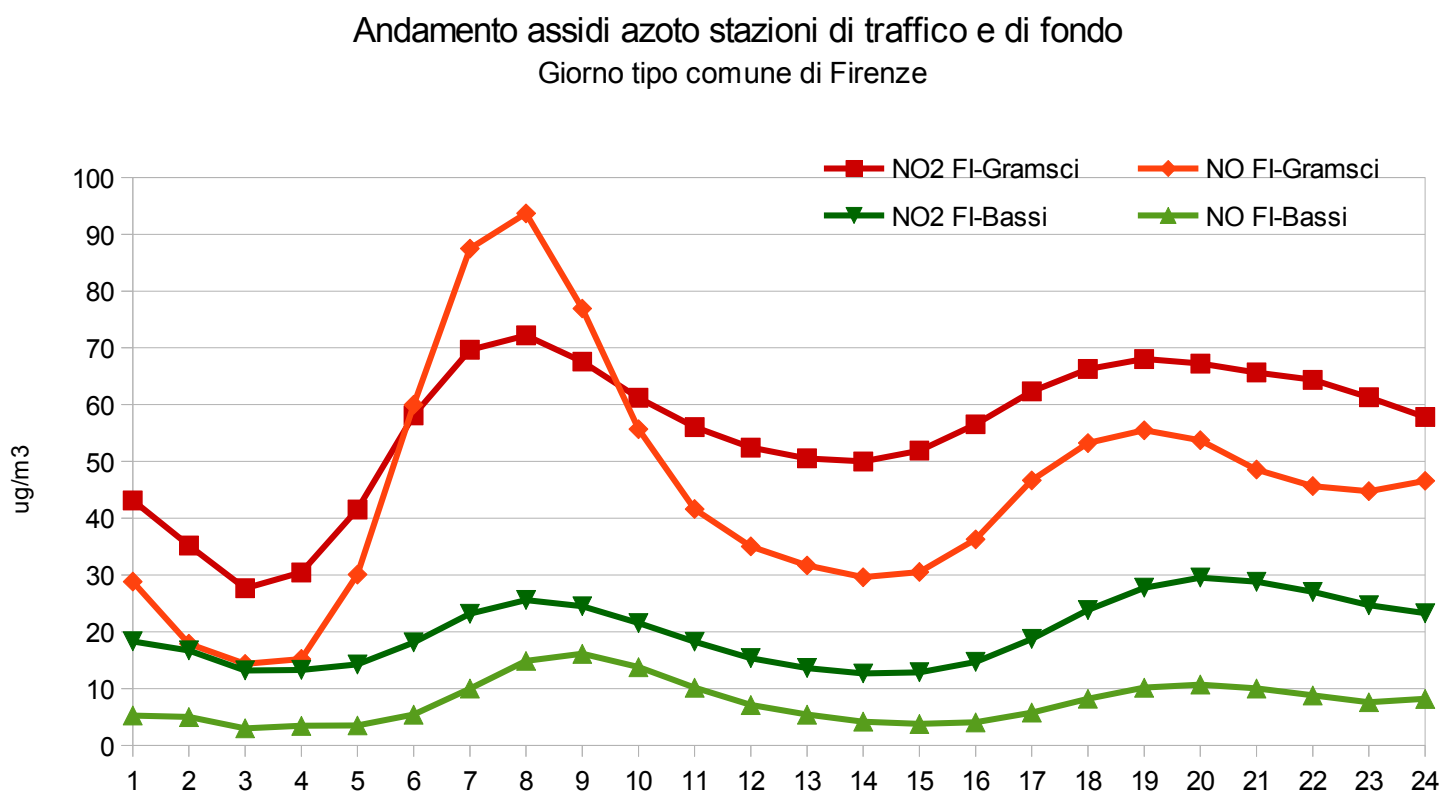
L'indicatore NO_x viene calcolato solo per le stazioni che rispettano i parametri di rappresentatività per la protezione della vegetazione. In Toscana l'unica stazione che rispetta il criterio è la rurale fondo di Chitignano, presso la quale i valori di NO_x sono costantemente a livelli molto inferiori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

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 stazione di traffico e stazione di fondo del comune di Firenze, anno 2019



Dall'osservazione del grafico si riportano le seguenti considerazioni:

Stazione di traffico (linee rosso bruno):

- Nel profilo del giorno tipo, NO_2 e NO seguono lo stesso andamento, ma il grafico relativo al monossido NO presenta variazioni di concentrazioni più accentuate con massime e minime medie orarie rispettivamente più alte e più basse rispetto a NO_2 ;
- Nelle prime ore della mattina si ha una diminuzione graduale delle concentrazioni degli ossidi di azoto fino alle ore 3 quando si verifica il picco minimo del giorno con concentrazione media minima giornaliera pari rispettivamente a $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_2 ed a $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO ;
- dalle ore 3 in poi si crea un fenomeno di accumulo di NO_2 e di NO che produce un incremento delle loro concentrazioni fino alle ore 8 quando si verificano le massime concentrazioni medie orarie giornaliere di NO_2 e di NO che sono rispettivamente pari a 72 ed a $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- 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 NO_2 pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e di NO pari a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- dopo le ore 14 si verifica nuovamente un fenomeno di accumulo molto meno marcato di quello della mattina ma 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 NO_2 e di NO pari rispettivamente pari a 68 ed a $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- successivamente alla curva serale le concentrazioni cominciano a decrescere nuovamente fino alle 3 del giorno successivo.

Stazione di fondo (linee verdi):

- Le concentrazioni di NO_2 e NO hanno lo stesso andamento giornaliero, con valori medi di concentrazione di NO costantemente inferiori a quelli di NO_2 di circa 8-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Nelle prime ore della mattina si ha un calo delle concentrazioni degli ossidi di azoto che diminuiscono gradualmente fino alle ore 4 quando si verifica il picco minimo

del giorno con concentrazione media minima giornaliera pari rispettivamente a 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_2 ed a 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO ;

- dalle ore 3 in poi si crea un fenomeno di accumulo di NO_2 e di NO che produce un incremento delle loro concentrazioni fino alle ore 8-9 quando si verifica il picco della mattina che per NO_2 è pari a 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre per NO a 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- successivamente si verifica un fenomeno di dispersione di entrambi gli inquinanti le cui concentrazioni decrescono gradualmente fino alle ore 14 si verifica il picco minimo pomeridiano di NO_2 con concentrazione pari a 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e di NO con concentrazione pari a 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- 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 (in ritardo di un'ora rispetto al sito di traffico) quando si verifica il picco del pomeriggio che per NO_2 coincide con la massima concentrazione media oraria giornaliera pari a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre per NO è pari a 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- successivamente al picco serale le concentrazioni cominciano a decrescere fino alle 3 del giorno successivo.

4.4. Ozono

I parametri di riferimento per l'ozono indicati dalla normativa sono (allegati VII e VIII del D.Lgs.155/2010 e s.m.i.):

- il valore obiettivo per la protezione della salute umana pari al numero di medie massime giornaliere di 8 ore superiori a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, l'obiettivo è la media dei valori degli ultimi tre anni pari a 25;
- il valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 pari alla 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'obiettivo è la media dei valori degli ultimi cinque anni pari a 18000;
- la soglia di informazione pari alla media oraria di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- la soglia di allarme pari alla media oraria di $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

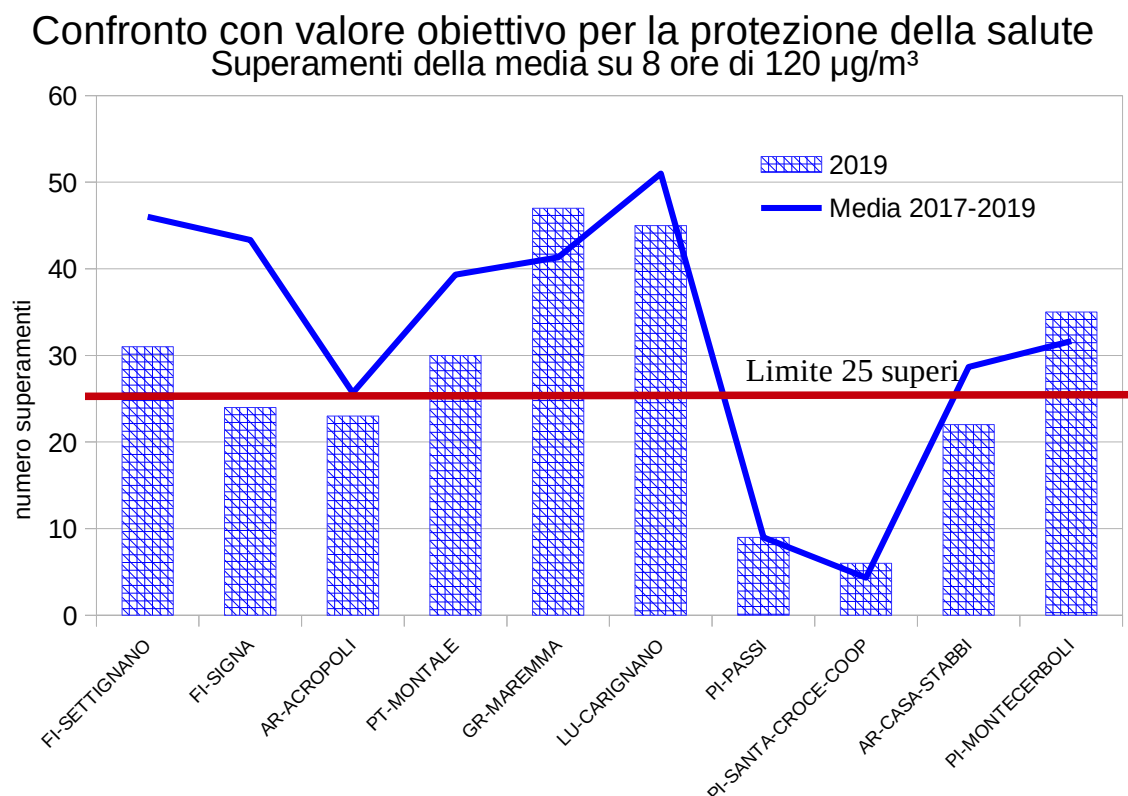
Gli indicatori elaborati sui dati del 2019 sono stati confrontati con tali parametri ed i risultati sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 4.4.1. O₃ - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2019

Zona	Class.	Prov.	Comune	Stazione	N° medie su 8 ore massime giornaliere $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$		AOT40 Maggio/Luglio	
					Valore obiettivo per la protezione della salute umana: max 25 superamenti media tre anni		Valore obiettivo per la protezione della vegetazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$): 18000 media cinque anni	
					2019	Media 2017-2019	2019	Media 2015-2019
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-Settignano	31	46	25113	30226
	U	FI	Signa	FI-Signa	24	43	20352	27570
Zona pianure interne	S	AR	Arezzo	AR-Acropoli	23	26	19103	20987
	S	PT	Montale	PT-Montale	30	39	24798	27688
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-Maremma	47	41	28270	28582
	S	LU	Lucca	LU-Carignano	45	51	28408	26758
	S	PI	Pisa	PI-Passi	9	9	14642	12418
	S	PI	S. Croce sull'Arno	PI-Santacroce	6	4	10810	8974
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	22	29	19017	19831
	S	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	35	32	26621	22780

Risulta evidente che attualmente in Toscana l'Ozono è il parametro per il quale la situazione è ancora critica per la maggior parte delle stazioni di Rete Regionale e per quanto riguarda entrambi i valori obiettivo che sono stati entrambi superati nell'80% del territorio regionale (come media triennale e media quinquennale).

Grafico 4.4.1. O₃ - Indicatori di ozono 2019: Obiettivo per la protezione della salute umana



Nel 2019 si sono verificati più di 25 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana nel 60% delle stazioni con il risultato che l'indicatore calcolato come media dei superamenti avvenuti negli ultimi tre anni è superiore nel 80 % delle stazioni. La situazione è critica con superamenti che coinvolgono tutte le zone toscane: Agglomerato di Firenze, Zona della Pianure Interne, Zona delle Pianure Costiere e Zona Collinare e Montana.

Tabella 4.4.2. O₃ - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2019

Stazione	N° superamenti della soglia di informazione di 180 µg/m ³	N° superamenti della soglia di allarme di 240 µg/m ³
FI-Settignano	10	0
FI-Signa	0	0
AR-Acropoli	0	0
PT-Montale	1	0
GR-Maremma	0	0
LU-Carignano	2	0
PI-Passi	0	0
PI-Santacroce	0	0
AR-Casa Stabbi	0	0
PI-Montecerboli	0	0

Nel 2019 si sono verificati in tre siti fenomeni di superamento della soglia di attenzione (media oraria di ozono pari rispettivamente a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre non è mai stata raggiunta la soglia di allarme.

I superamenti si sono verificati tutti nel periodo tra il 26 giugno al 3 luglio 2019, come mostrato dal grafico seguente.

Grafico 4.4.2. O_3 - Superamenti soglia di attenzione stazioni di rete regionale anno 2019

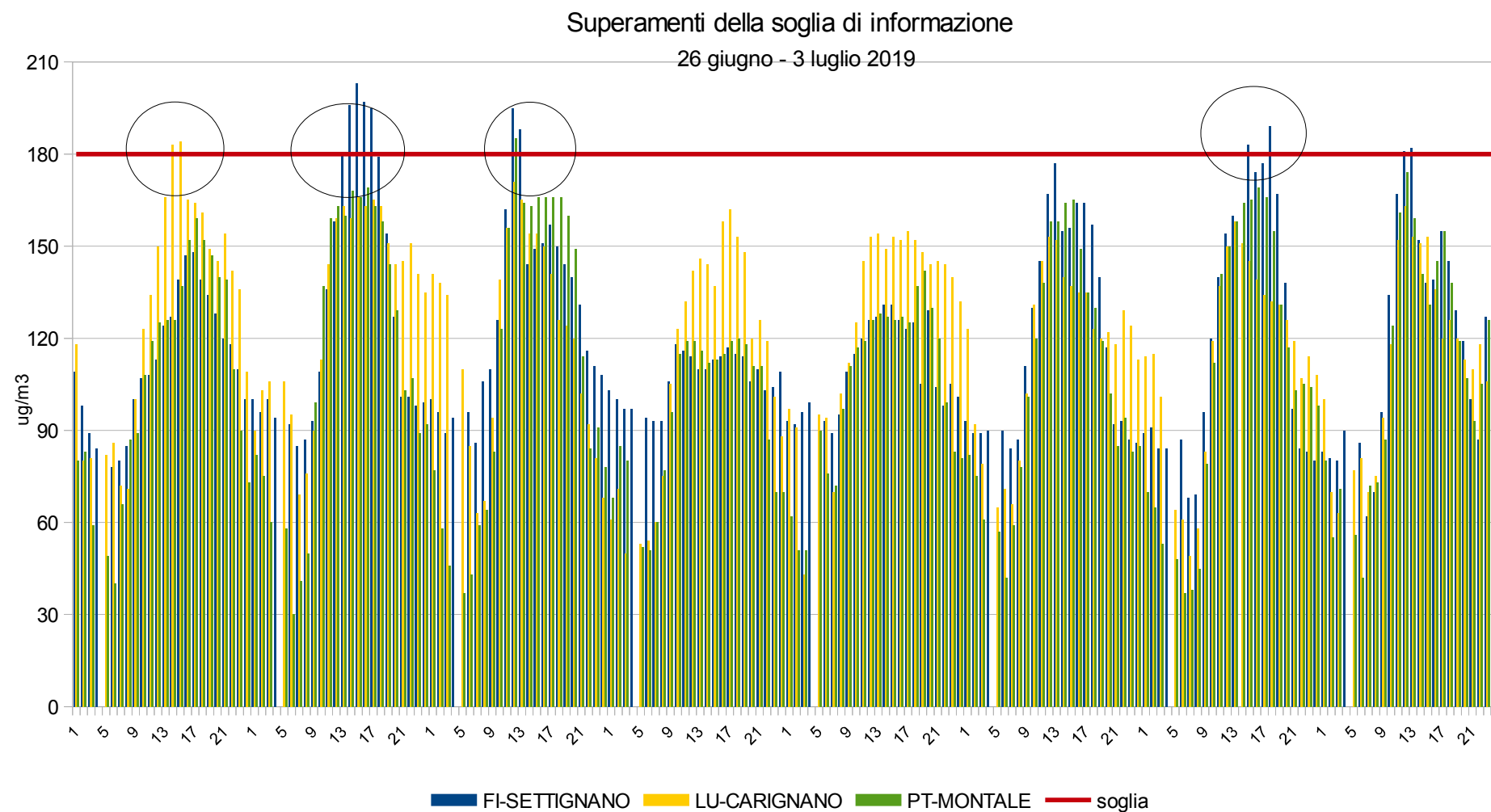


Grafico 4.4.3. O₃ - Indicatori di ozono 2019: Obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40



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.

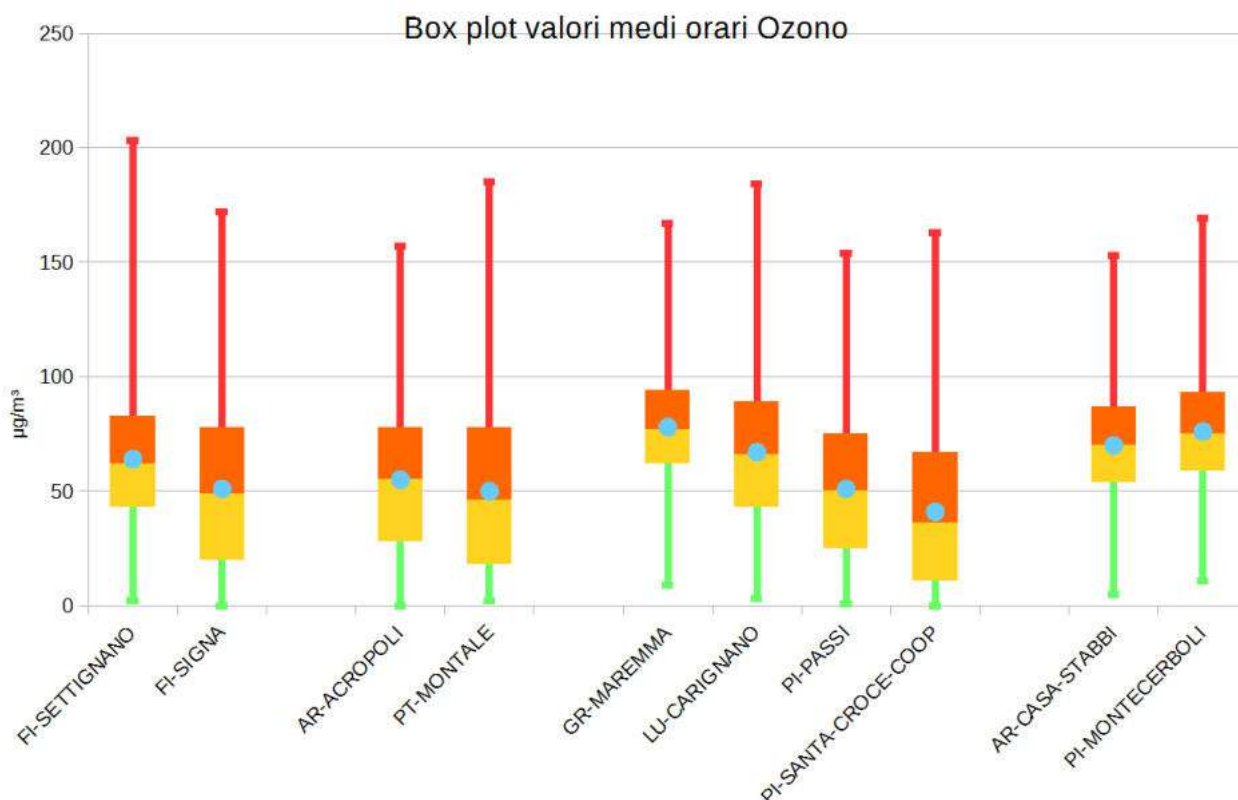
L'OMS per O₃ indica:

- 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 dalle stazioni di RR si ottiene che il 100 % cento delle stazioni della nostra regione non rispetta il valore guida per l'anno 2019.

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 4.4.4. Box plot dei valori medi orari di ozono registrati nel 2019



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 infatti ampia per tutte le stazioni.

I baffi 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 (2008-2019)

Si riportano in tabella i trend degli indicatori di Ozono calcolati nell'arco temporale 2008 - 2019

Tabella 4.4.3. O₃ Valore obiettivo per la protezione della salute umana_ Andamenti 2008-2019 n° superamenti medi in tre anni per le stazioni di rete regionale

Zona	Class.	Prov.	Stazione	Valore obiettivo per la protezione della salute umana limite 25 superamenti come media di tre anni									
				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	Media 2017-2019
Agglomerato di Firenze	S	FI	FI-Settignano	42	41	43	43	36	42	48	63	52	46
	U	FI	FI-Signa	-	-	-	-	-	38	40	56	50	43
Zona pianure interne	S	AR	AR-Acropoli	60	58	47	33	22	35	44	59	22	26
	S	PT	PT-Montale	11	8	32	37	30	25	24	30	44	39
Zona pianure costiere	R	GR	GR-Maremma	12	13	25	26	28	29	36	41	41	41
	S	LU	LU-Carignano	24	30	36	43	34	40	38	48	51	51
	S	PI	PI-Passi	12	9	9	16	13	15	5	7	7	9
	S	PI	PI-Santacroce	-	-	-	5	4	4	2	2	2	4
Zona Collinare Montana	RF	AR	AR-Casa Stabbi	11	21	40	41	32	23	24	30	25	29
	S	PI	PI-Montecerboli	29	35	52	54	49	36	25	28	26	32

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 infatti indica un costante superamento del valore obiettivo in gran parte della regione.

Grafico 4.4.5. O₃ – Andamenti 2008 - 2019. N° superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana

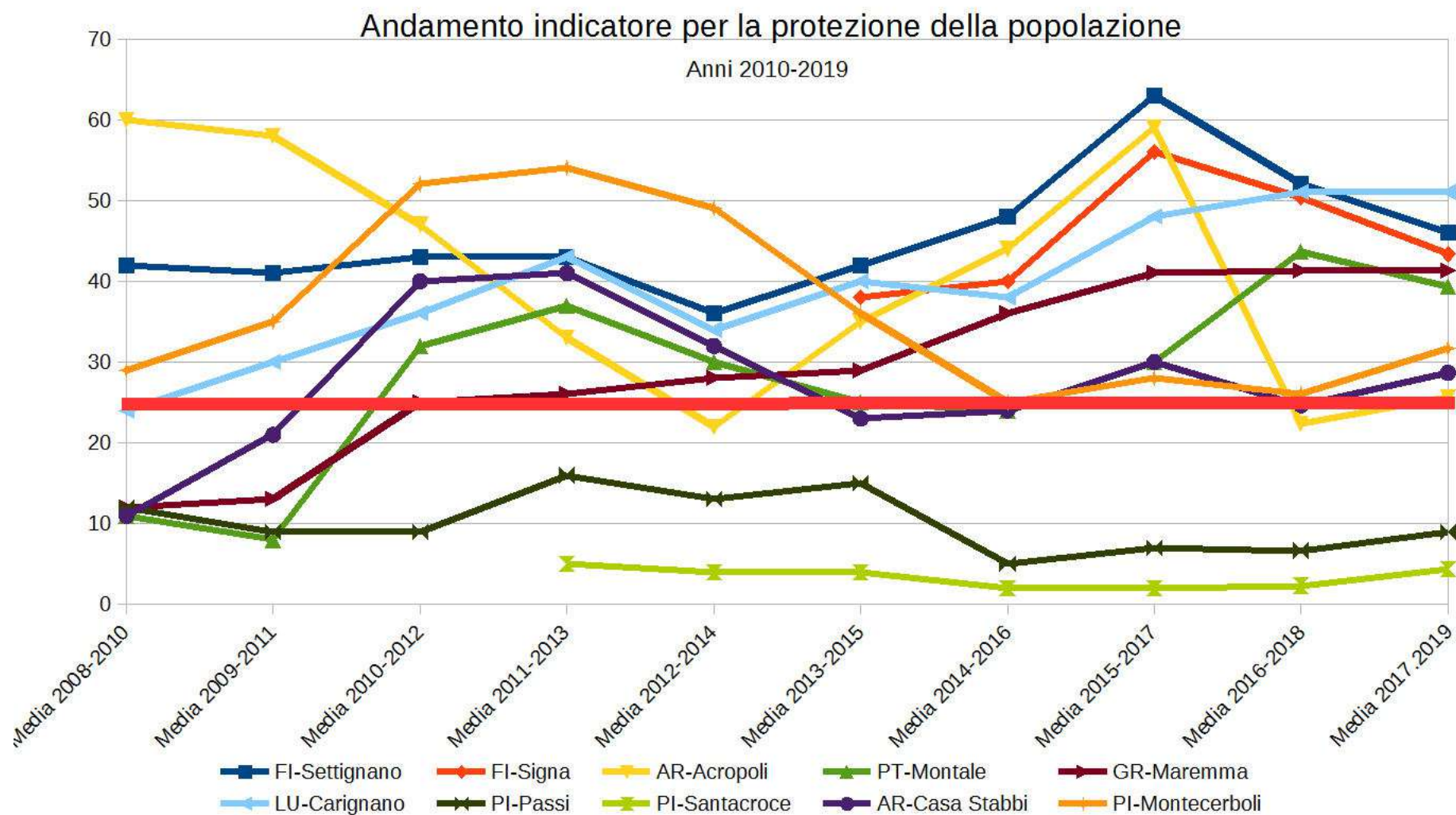
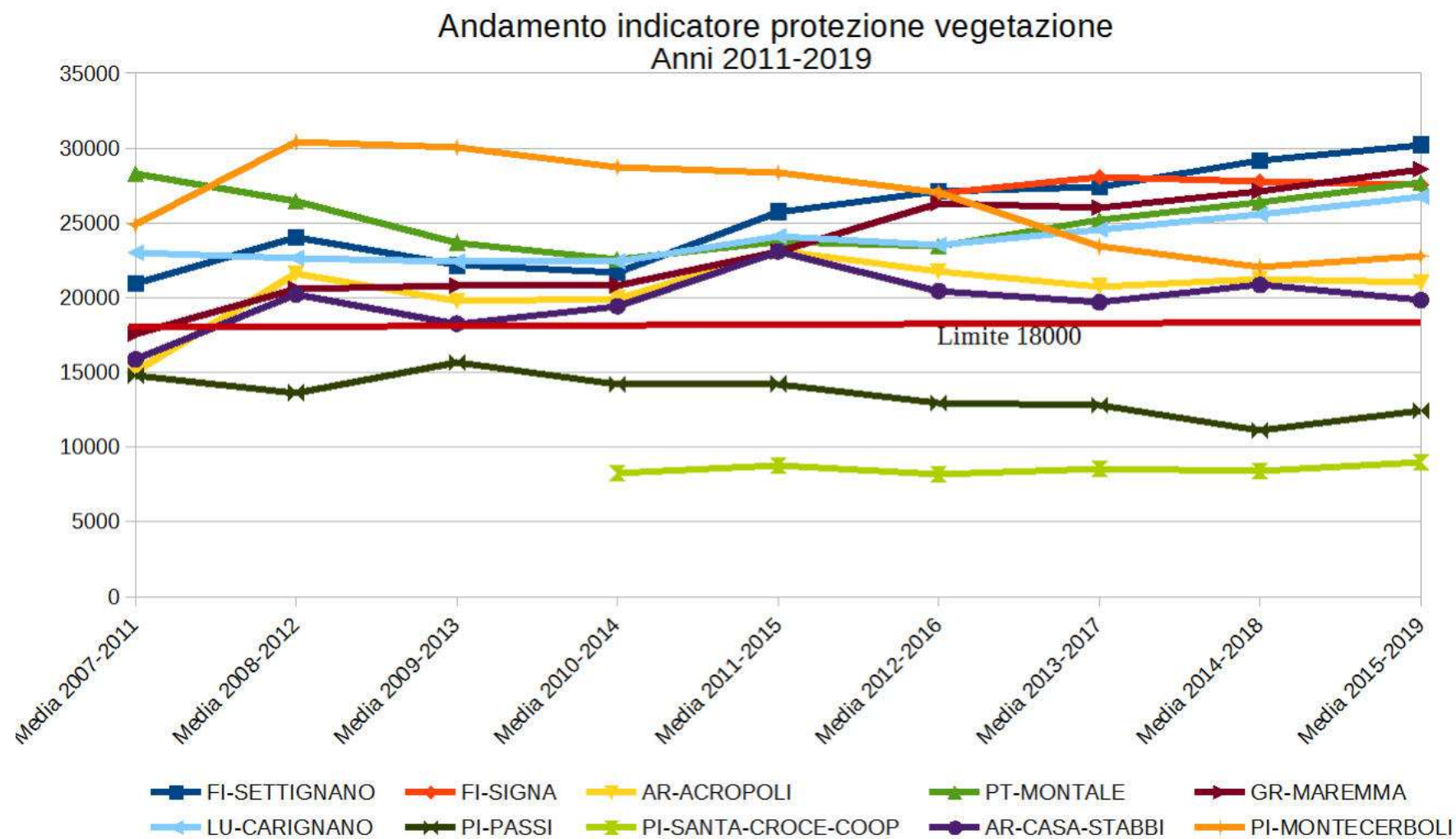


Tabella 4.4.4. O₃ - Valore obiettivo per la protezione della vegetazione_ Andamenti 2007-2019 per le stazioni di rete regionale

				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	Media 2015-2019
Agglomerato Firenze	S	FI	FI-Settignano	24736	24011	22938	21693	25748	27078	27379	29172	30226
	U	FI	FI-Signa	-	-	-	-	-	26930	28082	27796	27570
Zona pianure interne	S	AR	AR-Acropoli	15458	18749	18252	19952	23179	21757	25215	21266	20987
	S	PT	PT-Montale	27715	27325	25352	22585	23746	23410	20757	26358	27688
Zona pianure costiere	R	GR	GR-Maremma	14857	17186	19254	20830	23053	26314	26020	27123	28582
	S	LU	LU-Carignano	23044	22020	22300	22420	24075	23532	24509	25569	26758
	S	PI	PI-Passi	15084	14792	15871	14177	14229	12978	12783	11129	12418
	S	PI	PI-Santacroce	-	-	-	8249	8793	8153	8565	8429	8974
Zona Collinare Montana	RF	AR	AR-Casa Stabbi	17271	19945	17784	19429	23101	20446	19687	20844	19831
	S	PI	PI-Montecerboli	23214	26603	28371	28747	28344	27010	23404	22045	22780

Nei confronti del limite per la protezione della vegetazione 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 4.4.6. O₃ - Andamenti 2007-2019. 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.

È 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

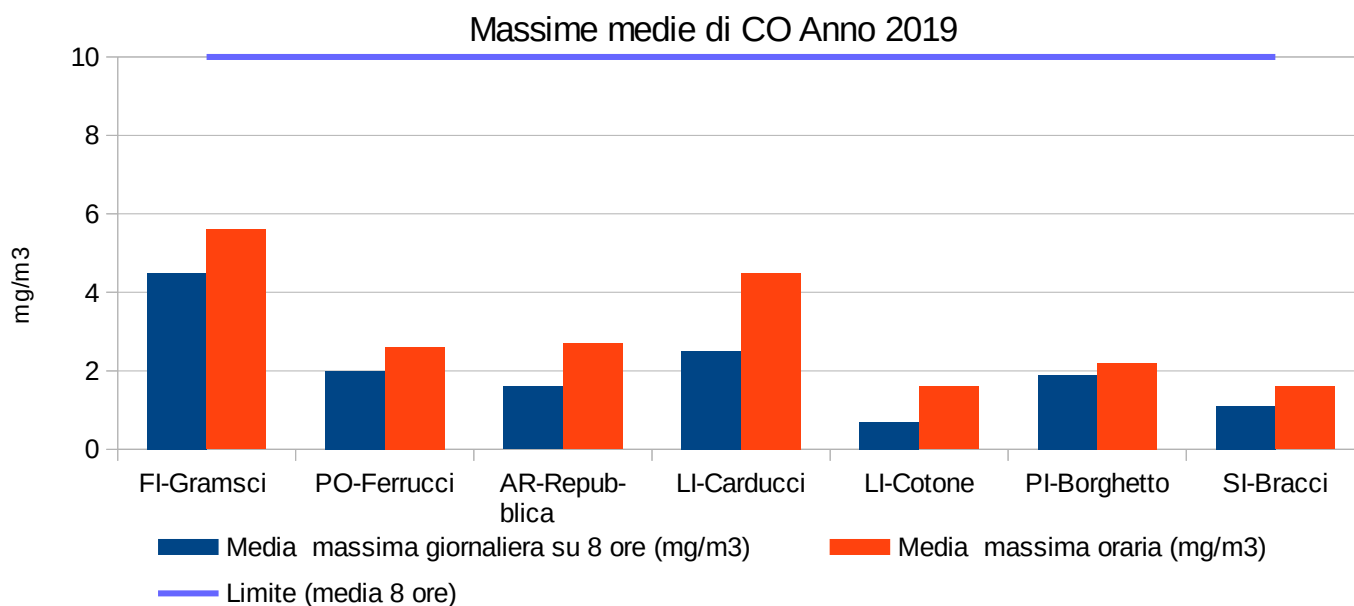
Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2019 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per il CO corrisponde alla media massima giornaliera calcolata su 8 ore pari a 10 mg/m³.

Tabella 4.5.1. CO - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2019

Classificazione Zona e Stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Anno 2019			Valore limite (mg/m³)
					Media massima su 8 ore (mg/m³)	Data e ora		
Agglomerato Firenze	UT FI	Firenze	FI-Gramsci	4,5	12/02/2019	24	10	
Zona Prato Pistoia	UT PO	Prato	PO-Ferrucci	2,0	09/01/2019	3		
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT AR	Arezzo	AR-Repubblica	1,6	09/01/2019	2		
Zona costiera	UT LI	Livorno	LI-Carducci	2,5	10/01/2019	22		
	UI LI	Piombino	LI-Cotone	0,7	08/01/2019	1		
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT PI	Pisa	PI-Borghetto	1,9	14/01/2019	3		
Zona Collinare e Montana	UT SI	Siena	SI-Bracci	1,1	18/12/2019	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, 2019



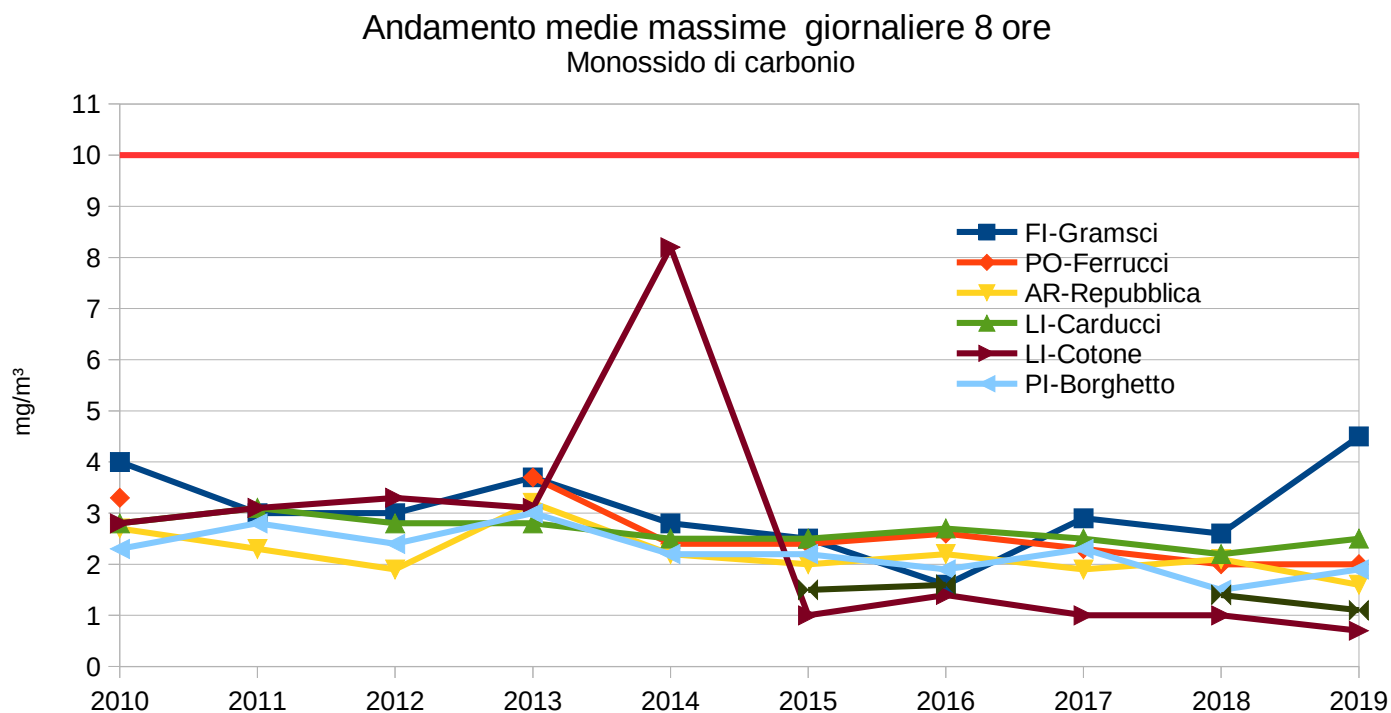
Il valore indicato dall'OMS per questo inquinante è pari al limite indicato dal D.Lgs 155/2010, media massima su 8 ore inferiore a 10 mg/m³. In Toscana le concentrazioni di Monossido di Carbonio sono quindi ampiamente inferiori ai valori indicati dall'OMS.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2010-2019)

Tabella 4.5.2. Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 ore - Andamenti 2010-2019

Classificazione Zona e Stazione			Media massima giornaliera di 8 ore								V.L. (10 mg/m ³)	
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Agglomerato Firenze	UT	FI-Gramsci	4,0	3,0	3,0	3,7	2,8	2,5	1,6	2,9	2,6	4,5
Zona Prato Pistoia	UT	PO-Ferrucci	3,3	*	*	3,7	2,4	2,4	2,6	2,3	2,0	2,0
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT	AR-Repubblica	2,7	2,3	1,9	3,2	2,2	2,0	2,2	1,9	2,1	1,6
Zona costiera	UT	LI-Carducci	2,8	3,1	2,8	2,8	2,5	2,5	2,7	2,5	2,2	2,5
	SI	LI-Cotone	2,8	3,1	3,3	3,1	8,2	1,0	1,4	1,0	1,0	0,7
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	PI-Borghetto	2,3	2,8	2,4	3,0	2,2	2,2	1,9	2,3	1,5	1,9
Zona Collinare e Montana	UT	SI-Bracci	-	-	-	-	*	1,5	1,6	1,4	1,4	1,1

Grafico 4.5.2. Ossido di carbonio – Massima media giornaliera su 8 ore _ Andamenti 2010-2019 per le stazioni di rete regionale



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

4.6. SO₂

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2019 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per l' SO₂ sono:

- massimo 3 superamenti della media giornaliera di 125 µg/m³ ;
- massimo 24 superamenti della media oraria di 350 µg/m³;
- soglia di allarme come 3 medie orarie consecutive superiori a 500µg/m³ .

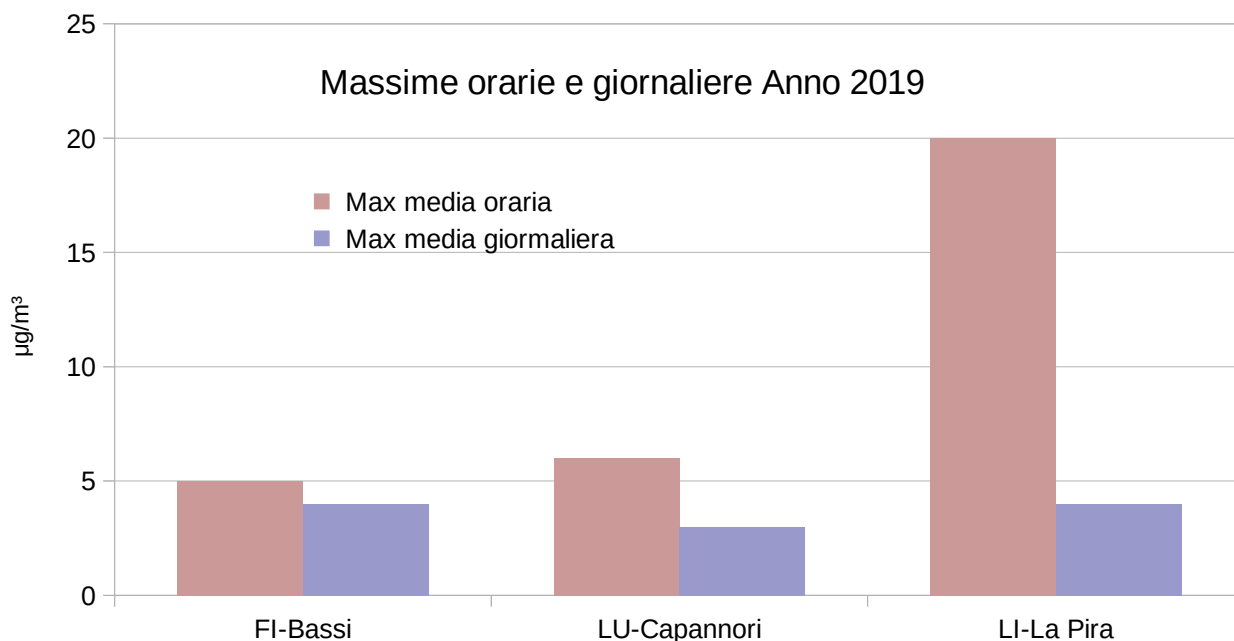
Tabella 4.6.1. SO₂ - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2019.

Classificazione Zona e stazione		Provincia Comune	Nome stazione	Indicatori Anno 2019			
				N° medie orarie > 350 µg/m ³	V.L.	N° medie giornaliere > 125 µg/m ³	V.L.
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	0	24	0	3
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Capannori (LU)	LU-Capannori	0		0	
Zona Costiera	UF	Livorno (LI)	LI-La Pira	0		0	

Tabella 4.6.2. SO₂ – Massimi registrati dalle stazioni di rete regionale anno 2019

Nome stazione	Valori massimi registrati nel 2019			
	Valore orario massimo µg/m ³	Data e ora massimo orario	Valore giornaliero massimo µg/m ³	Data massimo giornaliero
FI-Bassi	5	27 luglio alle 11	4 (25/07/2019)	25 lug 2019
LU-Capannori	6	27 novembre alle 12	3 (27/11/2019)	27 nov 2019
LI-La Pira	20	23 marzo alle 18	4 (06/04/2019)	6 apr 2019

Grafico 4.6.1. SO₂ – Massime giornaliere e massime orarie annuali 2019



I valori di SO₂ registrati durante il 2019 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.

Anche il valore indicato dall'OMS per l'SO₂, ovvero una massima media giornaliera di 20 µg/m³ da non superare più di tre volte nell'anno civile, è stato rispettato presso tutte e tre le stazioni di rete regionale, presso le quali i valori medi giornalieri sono stati tutti nettamente inferiori a 20 µg/m³.

ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2010-2019)

Tabella 4.6.3. SO₂ – Andamenti dei valori medi annuali 2010-2019 per le stazioni di rete regionale

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Media annuale µg/m ³									
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	1	1	2	*	3	2	2	2	2	1
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-Capannori	-	-	*	2	2	1	1	1	1	1
Zona Costiera	UF	LI-La Pira	-	-	-	-	*	4	5	3	3	1

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.

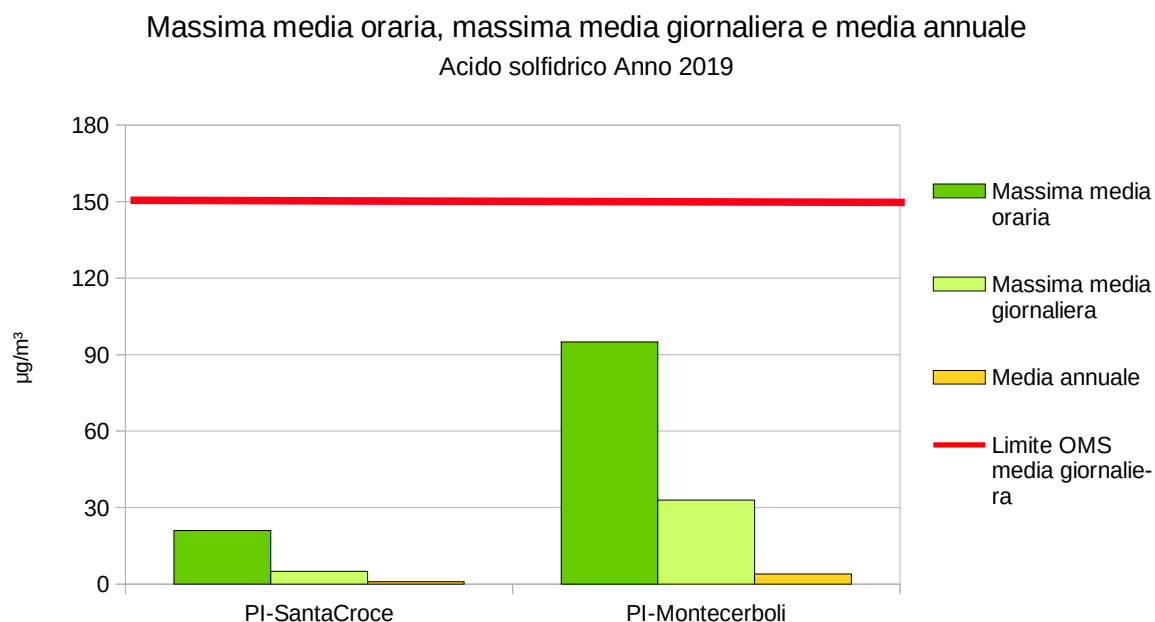
In mancanza di riferimenti normativi per l'acido solfidrico ci si riferisce unicamente al valore guida indicato dall'OMS per la protezione della salute che è pari ad una media giornaliera di 150 µg/m³.

Tabella 4.7.1. H₂S - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2019

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-Santa Croce	1	5 13 dic)	21 (h 9 del 10 dic)
Zona collinare e montana	SFI	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	4	33 (6 dic)	95 (h 9 del 6 dic)

I valori registrati in entrambe le stazioni sono ampiamente inferiori ai valori guida dell'OMS. Le concentrazioni che caratterizzano i due siti sono sostanzialmente differenti con i valori registrati presso il sito di Pomarance nettamente superiori al sito di Santa Croce.

Grafico 4.7.1. H₂S – Medie annuali, medie massime giornaliere e massime orarie annuali 2019



ANDAMENTI DEGLI INDICATORI (2010-2019)

Tabella 4.7.2. H₂S - Medie annuali. Trend 2010-2019

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Media annuale (µg/m ³)									
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-SantaCroce	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	6	5	6	6	7	6	4	5	5	4

Tabella 4.7.3. H₂S - Medie massime giornaliere registrate. Trend 2010-2019

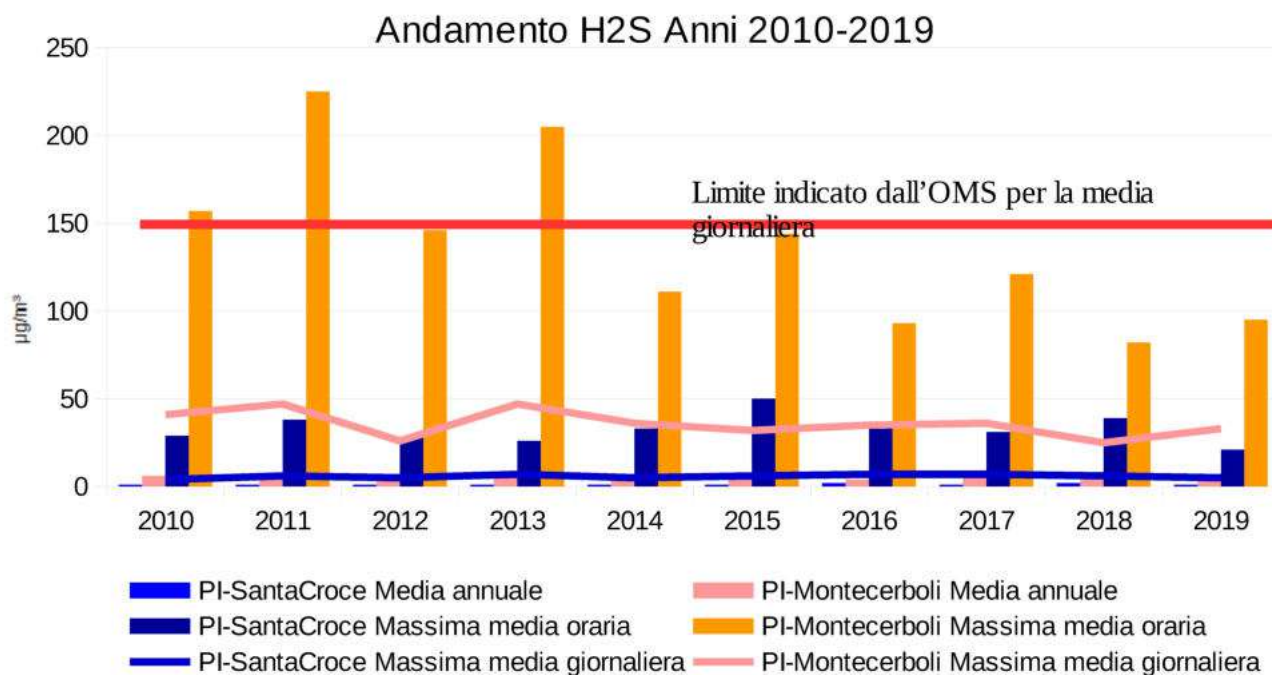
Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Massime medie giornaliere registrate (µg/m ³)									
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-SantaCroce	4	6	5	7	5	6	7	7	6	5
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	41	47	26	47	36	32	35	36	25	33

Tabella 4.7.4. H₂S - Massime medie orarie. Trend 2010-2019

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Massime medie orarie registrate (µg/m ³)									
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-SantaCroce	29	38	28	26	33	50	34	31	39	21
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	157	225	146	205	111	144	93	121	82	95

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

Grafico 4.7.2. Medie massime giornaliera ed oraria, medie annuali. Trend 2010-2019 per l'acido solfidrico

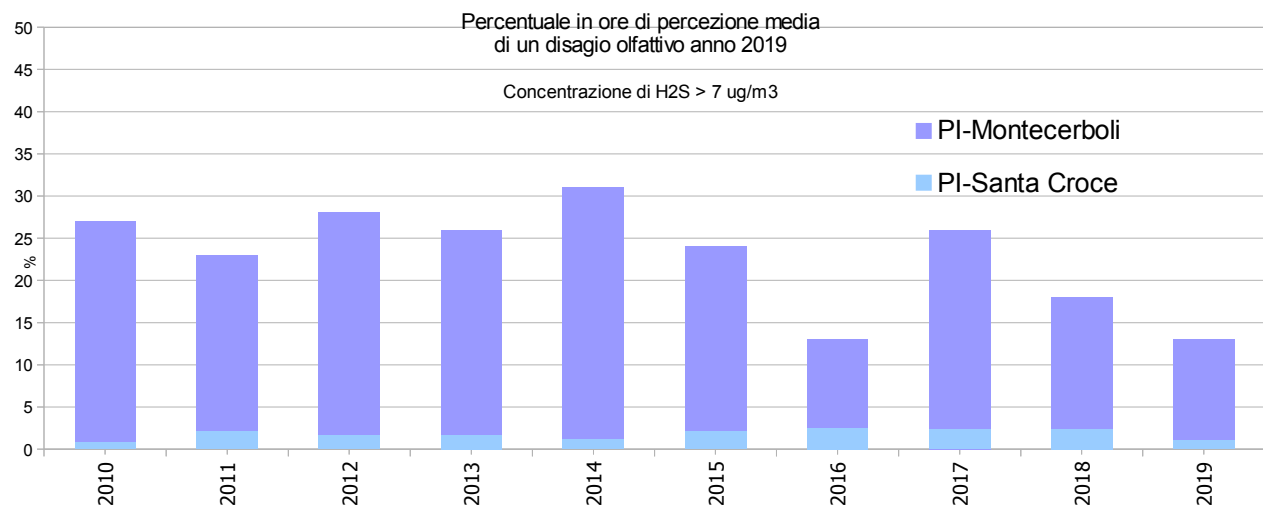


L'altro riferimento per i valori di H₂S è costituito dalla soglia di disturbo olfattivo, pari a 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media semi oraria. Tale soglia mette in relazione i valori di acido solfidrico ad un disturbo da fonte odorigena avvertito dalla popolazione.

Tabella 4.7.5. H2S - Percentuali orarie con valori sopra la soglia olfattiva. Trend 2010-2019

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	% dei valori superiori alla soglia olfattiva di 7									
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-SantaCroce	1	2	2	2	1	2	3	2	2	1
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	27	23	28	26	31	24	13	26	18	13

Grafico 4.7.3. H2S - Percentuali orarie con valori sopra la soglia olfattiva. Trend 2010-2019



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 alcun disagio alla popolazione locale, infatti il periodo di tempo in cui in la popolazione può avere 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 anni passati 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. Tale disagio è sempre presente, ma sembra però avere un trend positivo e nel 2019 soltanto nel 13% del tempo il valore medio di acido solfidrico è stato tale da avere potuto creare un disagio.

4.8. Benzene

Il monitoraggio del benzene è stato effettuato in modo continuo nelle 7 stazioni di rete regionale previste dalla delibera DGRT n. 964/2015.

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 è la media annuale di 5 µg/m³.

Tabella 4.8.1. Benzene - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2019

Classificazione Zona e Stazione		Nome stazione	Media annuale Benzene (µg/m ³)	V.L.
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	1,2	5 µg/m ³
	UT	FI-Gramsci	2,5	
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	0,7	
Zona Valdarno aretino e ValdiChiana	UF	AR-Acropoli	1	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU- S.Concordio	1,1	
Zona costiera	UF	LI-LaPira	0,8	
	UF	LI-ParcoVIII III	0,2	

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 il fondo, come riscontrato negli anni precedenti nell'Agglomerato di Firenze e

nella zona del Valdarno pisano e Piana Lucchese i valori medi sono stati i più elevati della regione. I valori massimi orari più elevati sono stati registrati invece dalle stazioni della zona di Livorno, oltre che nel sito di traffico.

Grafico 4.8.1. Valori medi e massime orarie di benzene 2019

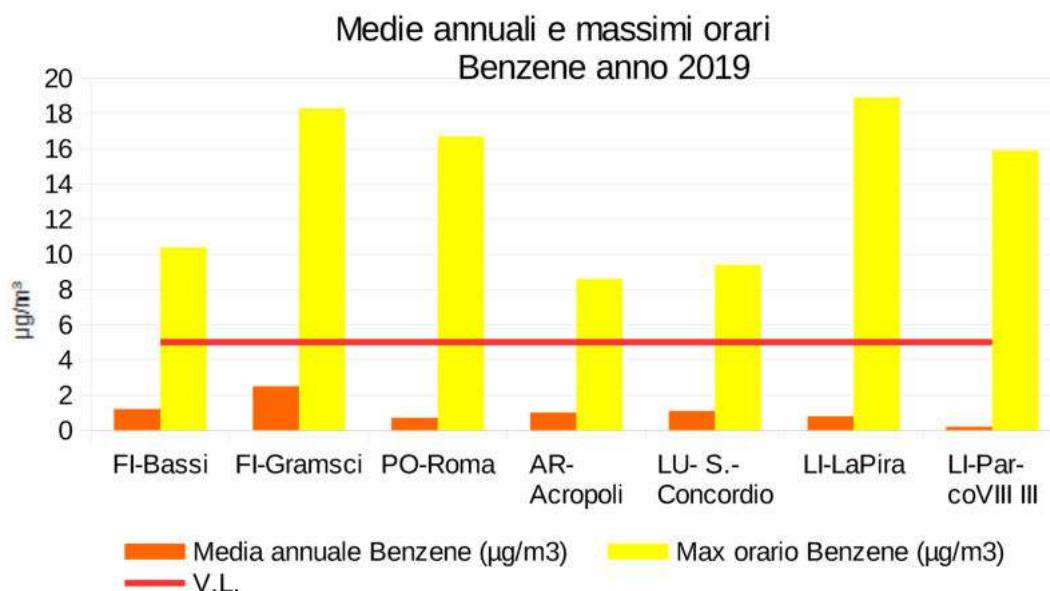
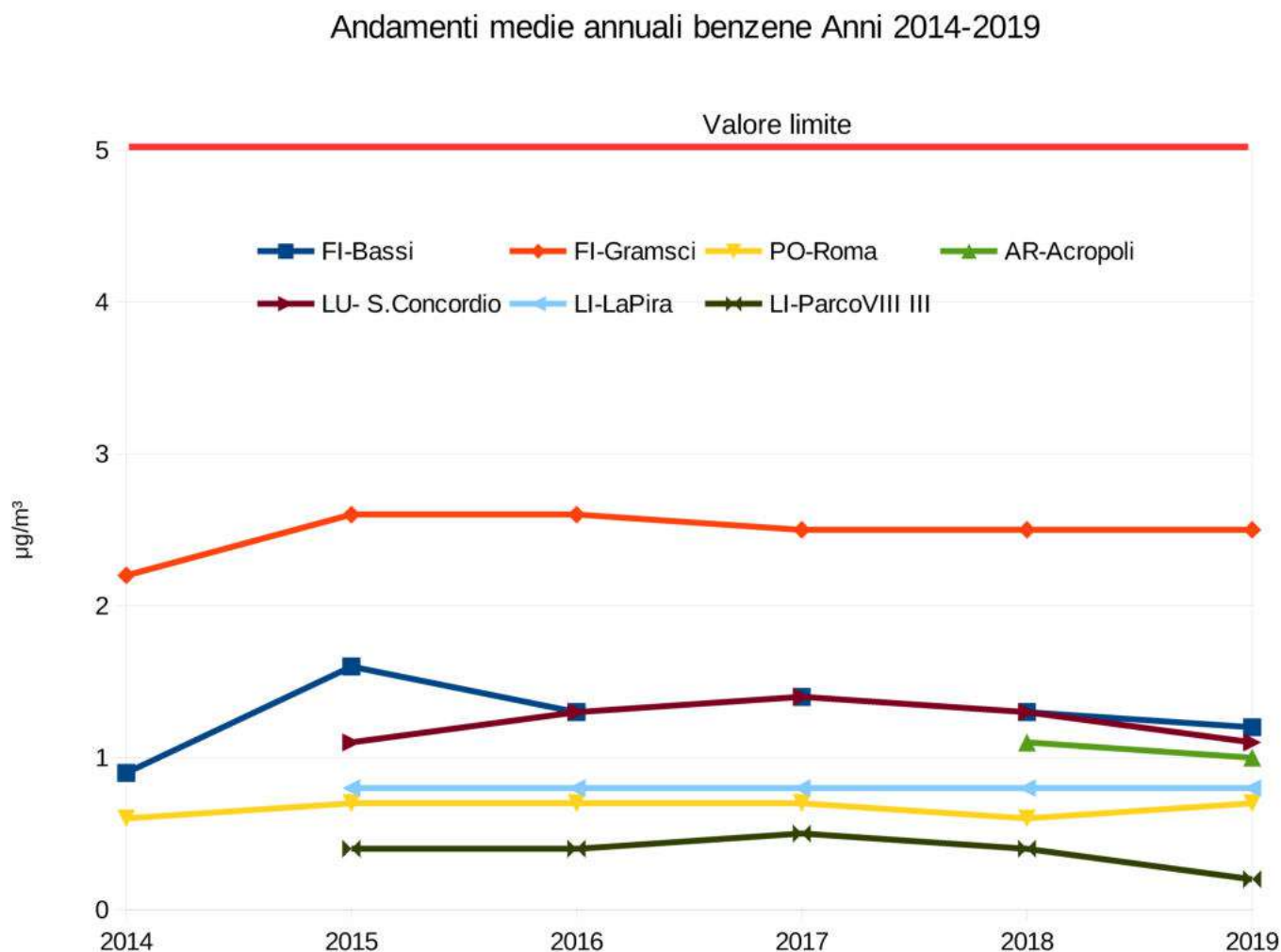


Tabella 4.8.2. Benzene - trend medie annuali registrate dal 2014 al 2019

Classificazione Zona e Stazione		Provincia e Comune	Nome stazione	Media annuale benzene (µg/m³)					
				2014	2015	2016	2017	2018	2019
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	0,9*	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	2,2*	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7
Zona Valdarno aretino e Val di Chiana	UF	Arezzo (AR)	AR-Acropoli	-	-	-	-	1,1	1
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Lucca (LU)	LU- S.Concordio	-	1,1*	1,3	1,4	1,3	1,1
Zona costiera	UF	Livorno (LI)	LI-LaPira	*	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	UF	Piombino (LI)	LI-ParcoVIII III	-	0,4*	0,4	0,5	0,4	0,2

* serie non valida, riportata a scopo indicativo

Grafico 4.8.2. Benzene - trend medie annuali registrate dal 2014 al 2019



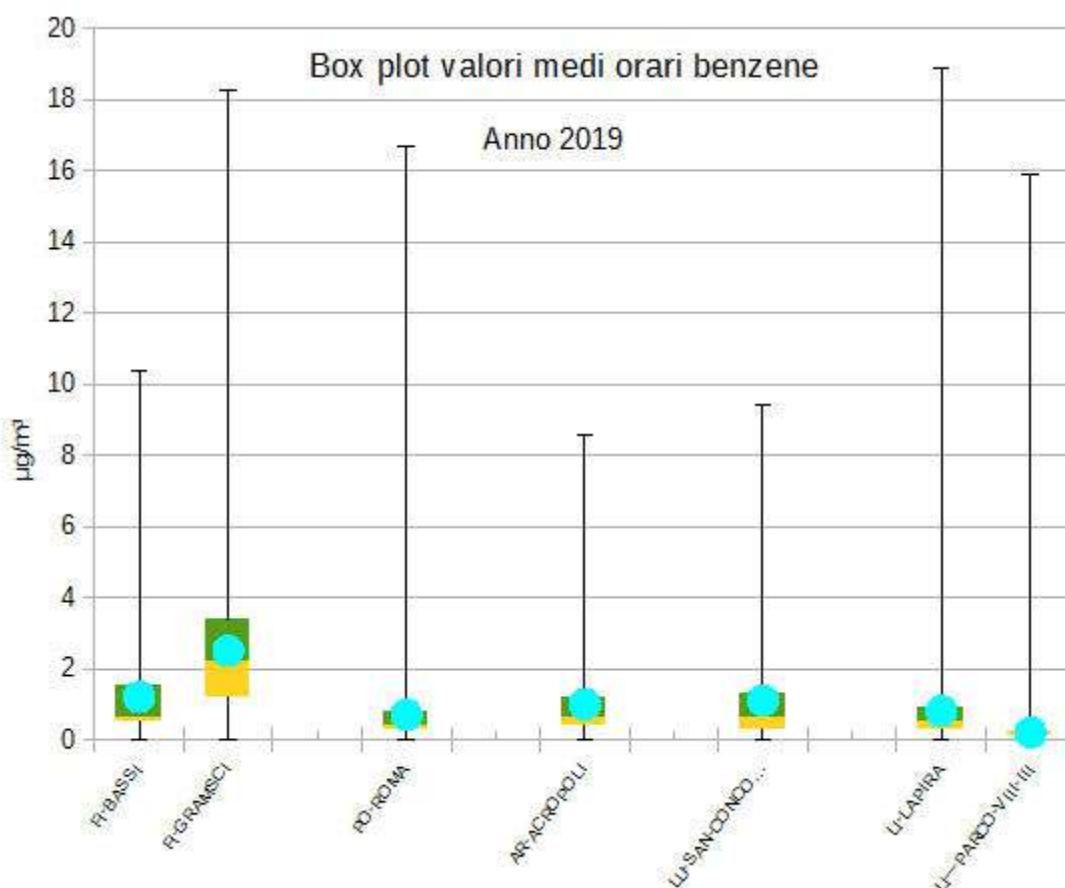
I dati medi annuali di benzene registrati negli ultimi anni sono stati piuttosto costanti in tutti i siti di monitoraggio confermando una situazione molto positiva nei confronti del limite del D.lgs.155/2010.

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

È 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 2019



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 nettamente inferiori a 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per tutte le stazioni di fondo e per la stazione industriale, solo nel sito di traffico si raggiungono con il 75° percentile 3,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il grafico mostra quindi che i valori leggermente più elevati di concentrazione sono stati rari ed isolati.

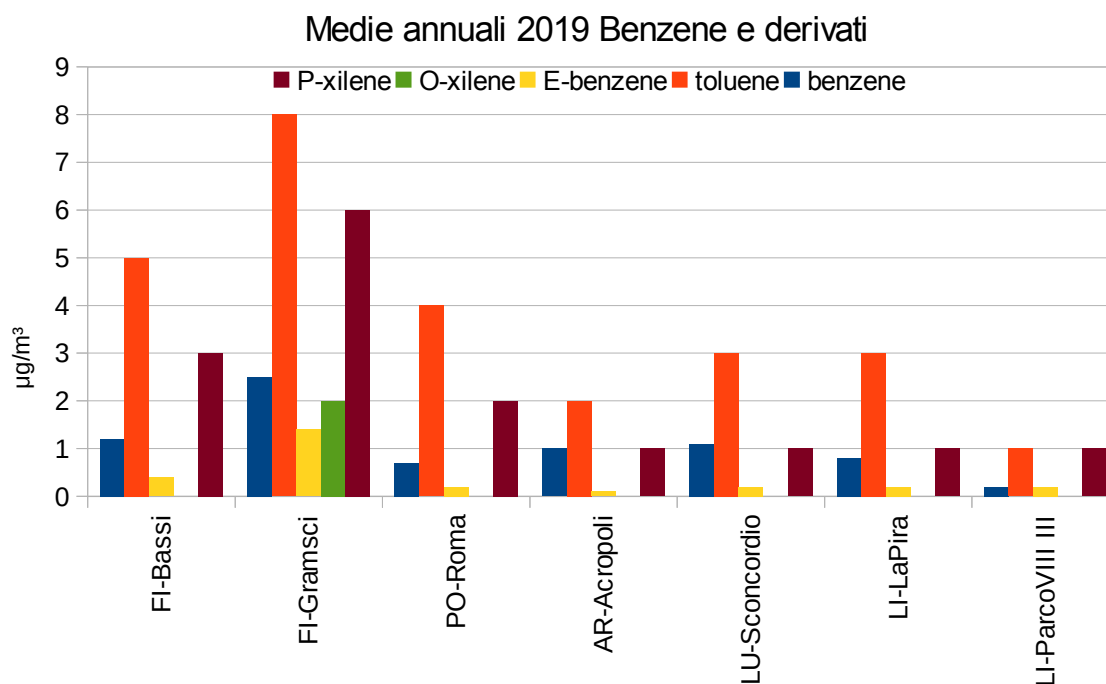
Sono stati calcolati i valori medi annuali di toluene, etil-benzene, o-xilene e m+p-xilene per tutte le stazioni di Rete Regionale.

Tabella 4.8.3. Valori medi benzene e derivati, anno 2019

Classificazione Zona e Stazione		Nome stazione	Medie annuali BTX Anno 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
			benzene	toluene	E-benzene	O-xilene	P-xilene
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	1,2	5	0,4	0	3
	UT	FI-Gramsci	2,5	8	1,4	2	6
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	0,7	4	0,2	0	2
Zona Valdarno aretino e ValdiChiana	UF	AR-Acropoli	1	2	0,1	0	1
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-S.Concordio	1,1	3	0,2	0	1
Zona costiera	UF	LI-LaPira	0,8	3	0,2	0	1
	UF	LI-ParcoVIII III	0,2	1	0,2	0	1

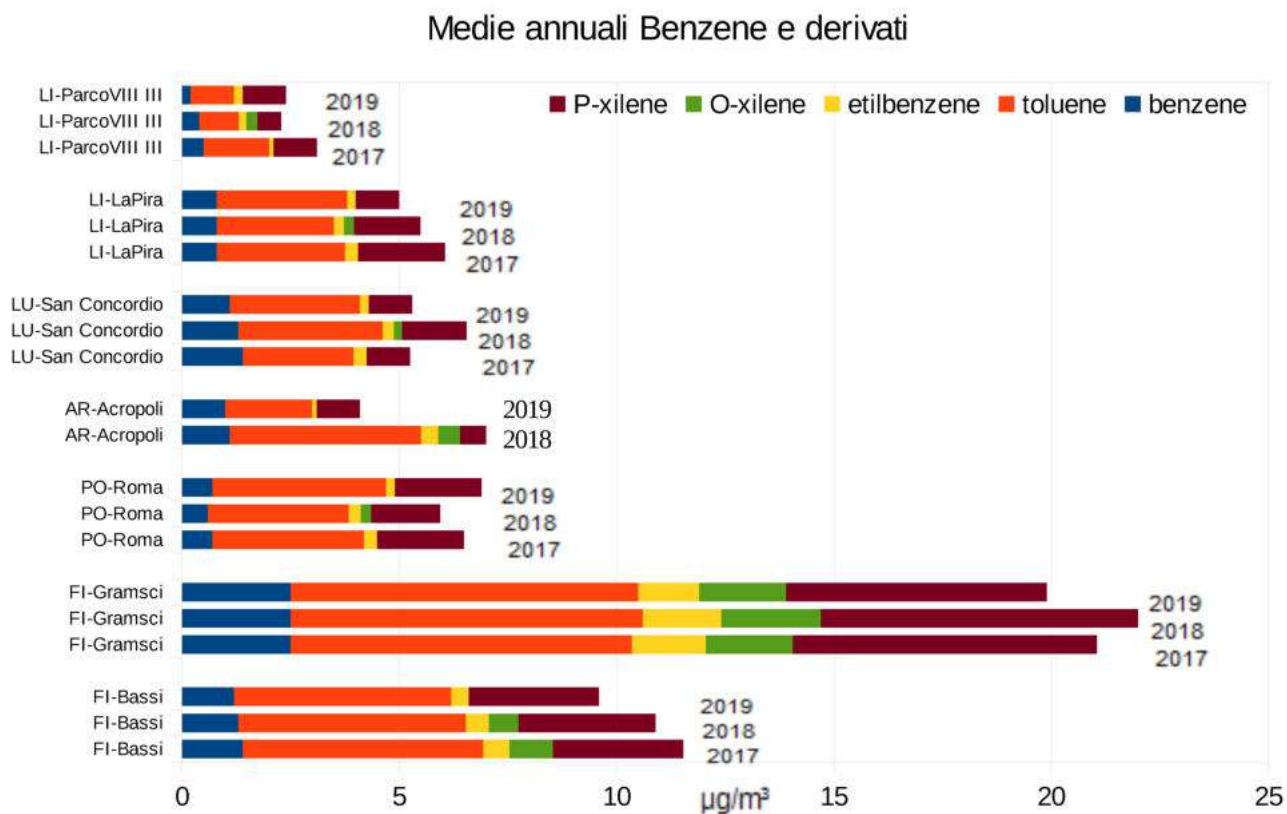
La normativa italiana impone il limite soltanto sul benzene, anche per i derivati che sono stati monitorati si sono registrate concentrazioni sostanzialmente contenute.

Grafico 4.8.4. Valori medi benzene e derivati, anno 2019



Sono stati confrontati i valori medi del 2019 con quelli degli ultimi due anni e non sono state rilevate differenze sostanziali.

Grafico 4.8.5. Confronto anni 2017 - 2019 valori medi benzene e derivati

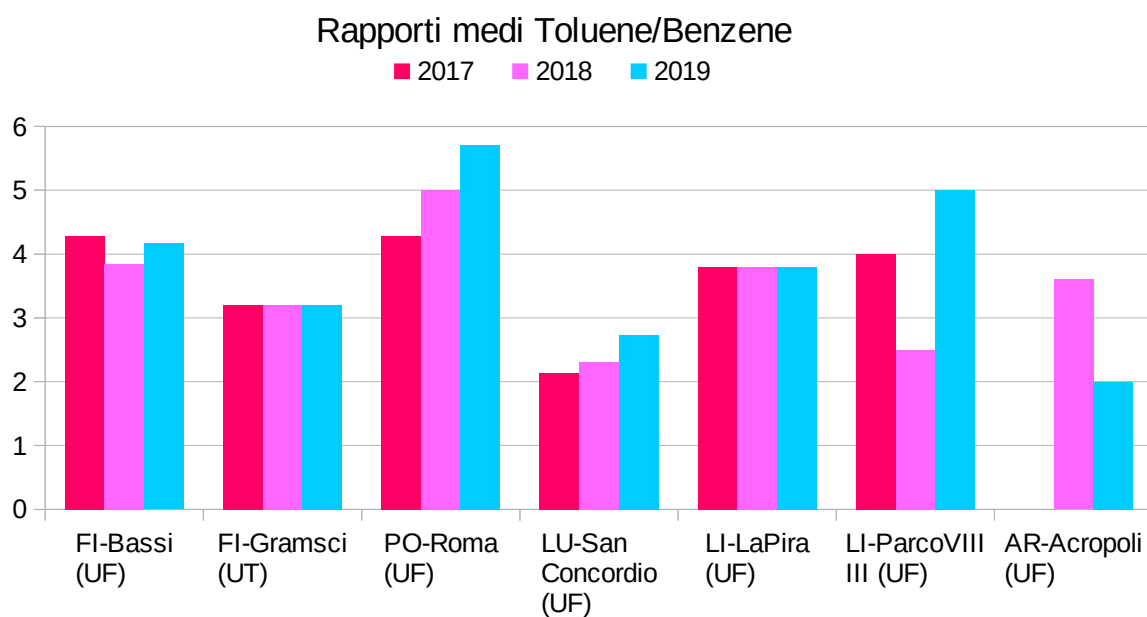


Sono stati calcolati i rapporti tra i valori medi di benzene e di toluene. È interessante osservare come nella postazione di traffico di FI-Gramsci e di fondo di LI-La Pira il rapporto sia assolutamente costante, mentre in altre postazioni di fondo si osserva variabilità.

Tabella 4.8.4. Rapporto tra valori medi annuali di benzene e toluene

STAZIONE	Rapporto T/B		
	2017	2018	2019
FI-Bassi (UF)	4,3	3,8	4,2
FI-Gramsci (UT)	3,2	3,2	3,2
PO-Roma (UF)	4,3	5,0	5,7
LU-San Concordio (UF)	2,1	2,3	2,7
LI-LaPira (UF)	3,8	3,8	3,8
LI-ParcoVIII III (UF)	4,0	2,5	5,0
AR-Acropoli (UF)	-	3,6	2,0

Grafico 4.8.6. Valori medi annuali del rapporto tra toluene e benzene



Sono state calcolate inoltre le medie mensili di benzene e di toluene per le stazioni di Firenze (Bassi e Gramsci) e sono stati analizzati i loro andamenti nell'arco dell'anno 2019 insieme agli andamenti dei loro rapporti.

Grafico 4.8.7. FI-Gramsci: Valori medi mensili di benzene e toluene anno 2019 e loro rapporto

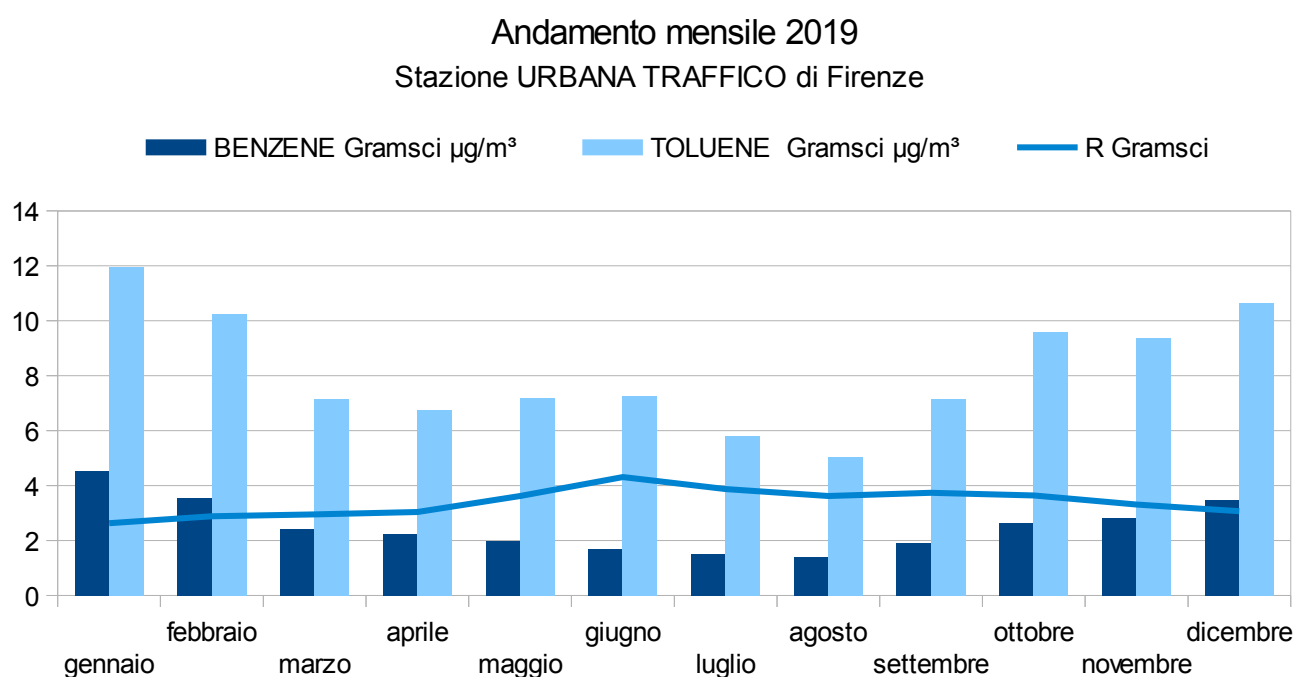
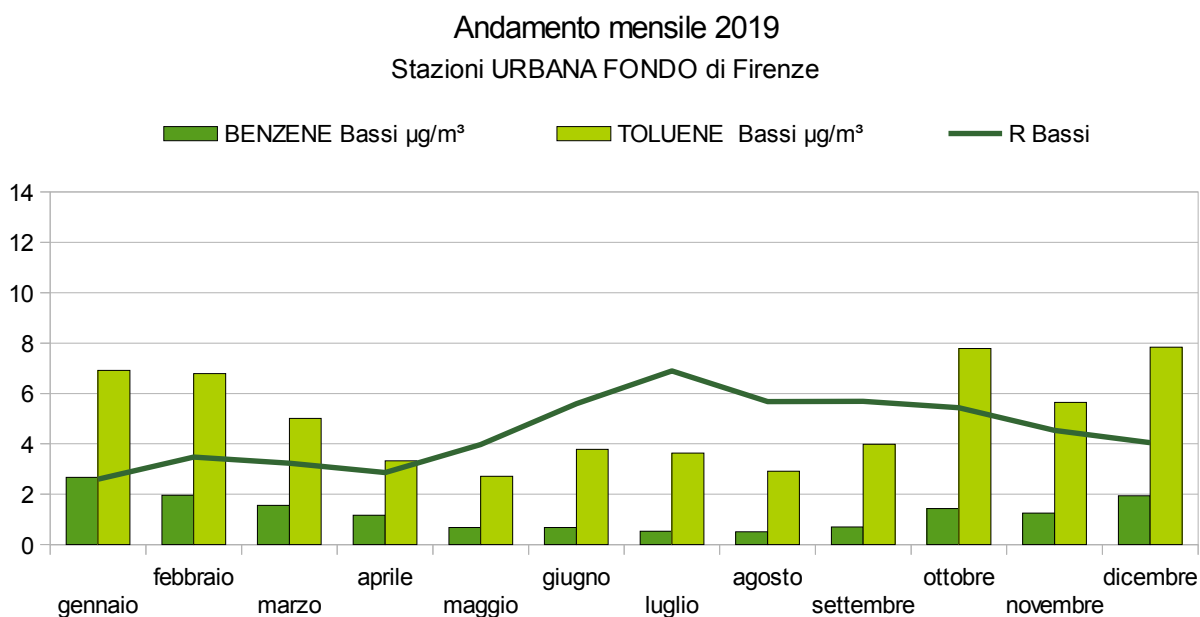


Grafico 4.8.9. FI-Bassi: Valori medi mensili benzene e toluene anno 2019 e loro rapporto

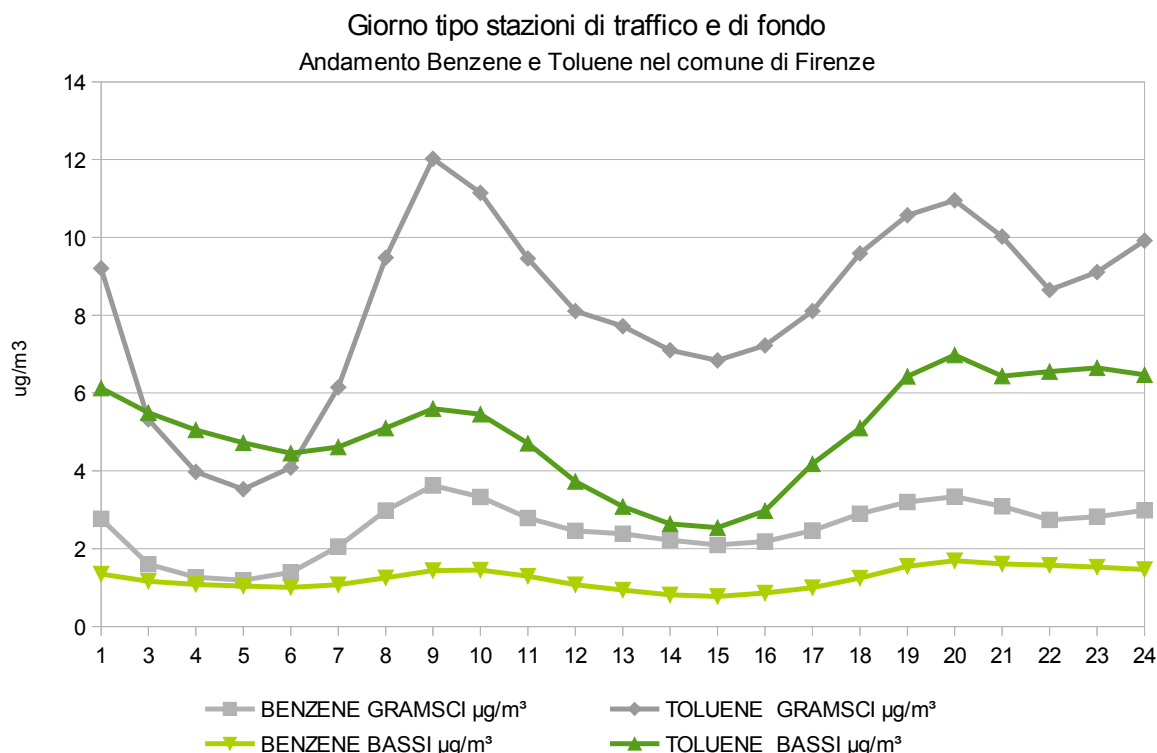


4.8.1. Giorno tipo Benzene stazioni di traffico e stazioni di fondo

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 1 alle 24.

Grafico 4.8.1.1. Giorno tipo stazioni di traffico e di fondo del comune di Firenze, anno 2019.



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 1,2 ed a 3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- 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 3,6 ed a 12,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- successivamente al picco delle 9, si verifica un fenomeno di dispersione degli inquinanti le cui concentrazioni decrescono fino alle ore 15, ora della minima pomeridiana (rispettivamente 2,1 e 6,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$);
- 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;
- in seguito dalle ore 20 le concentrazioni orarie di benzene e di toluene decrescono fino alle 22 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 mattutina sia di benzene che di toluene che sono rispettivamente pari a 1,0 ed a 4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- dalle ore 6 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 per il benzene ed alle 9 per il toluene;
- alle ore 10 e 9 si hanno un primo picco di concentrazione oraria con benzene e toluene che sono rispettivamente pari a 1,5 ed a 5,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- successivamente al picco mattutino si verifica un fenomeno di dispersione degli inquinanti e le cui concentrazioni decrescono fino alle ore 15;
- alle 15 si osserva la concentrazione minima media oraria pomeridiana e di tutto il giorno tipo, con concentrazioni di benzene e toluene pari rispettivamente a 0,8 e 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- dopo le ore 15 si verifica nuovamente un leggero fenomeno di accumulo che porta le concentrazioni ad aumentare leggermente fino alle 20.

Da notare che, in virtù delle oscillazioni molto meno marcate specialmente nelle ore mattutine nella stazione di fondo rispetto alla traffico, nelle prime ore della mattina c'è un intervallo in cui presso la stazioni di FI-Bassi il toluene è a concentrazioni leggermente più alte che presso il sito di Gramsci. Nel sito di fondo è l'oscillazione del pomeriggio che porta le concentrazioni ai minimi valori giornalieri, mentre per la traffico ciò avviene nella mattina.

5. INQUINANTI RILEVATI CON CAMPAGNE DISCONTINUE: INDICATORI E CONFRONTO CON IL VALORE LIMITE O OBIETTIVO, ANNO 2019

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)

Di fatto nel 2019 sono stati monitorati gli IPA ed i metalli pesanti nei siti in tabella.

Tabella 5.1. Stazioni di rete regionale in cui è stato effettuato 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	Lucca	LU-San Concordio	X					
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	X*					
Zona del Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	X*					
	UF	FI	Figline Val d'Arno	FI-Figline	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 raggiunto il rendimento del 90%

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, in attesa della revisione della rete regionale prevista per il 2020, è stato effettuato il monitoraggio del Benzo(a)pirene presso la stazione di AR-Acropoli. Nel corso del 2019 nell'ambito di altre attività progettuali sono stati effettuati anche monitoraggi del B(a)P nelle stazioni di PT-Montale, FI-Figline e LU-Capannori. Inoltre in ciascuno dei siti previsti dalla DGRT 964/15 per il monitoraggio di almeno un metallo, esso 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

Per motivi tecnici i risultati dei campioni di IPA su PM10 del 2019 non sono ancora stati elaborati. La relazione sui risultati costituirà un successivo addendum alla presente relazione.

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

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 effettuate secondo il metodo UNI EN 14902:2005.

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 - 2019. Elaborazione degli indicatori

Classificazione Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale Piombo 2019 (ng/m ³)	Valore limite Piombo (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	3,7	500
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII	2,4	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	2,6	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	1,4	

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

Grafico 5.2.1. Metalli pesanti - Piombo 2019

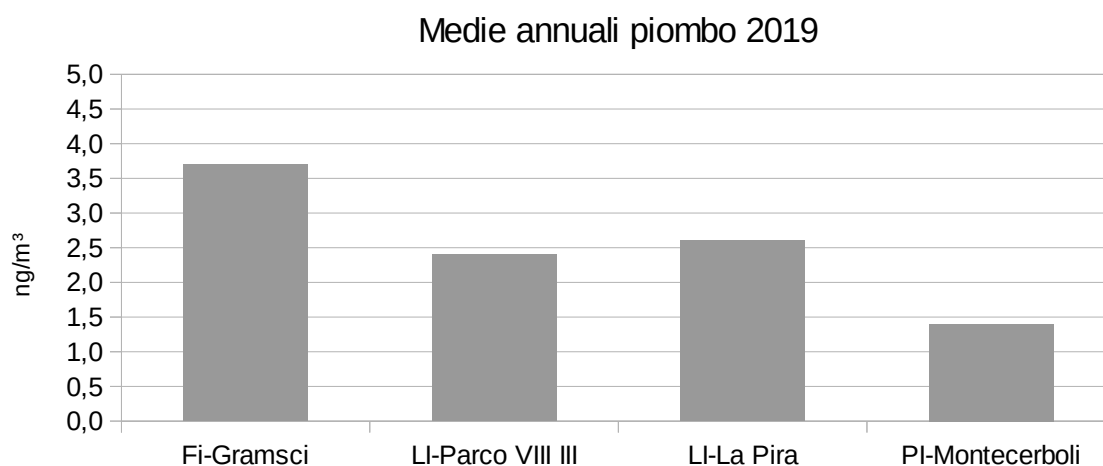


Tabella 5.2.2 . Arsenico - 2019. Elaborazione degli indicatori

Classificazione Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale Arsenico 2019 (ng/m ³)	Valore obiettivo arsenico (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0,5	6,0
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII III	0,4	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0,4	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0,3	

Grafico 5.2.2. Metalli pesanti - Arsenico 2019

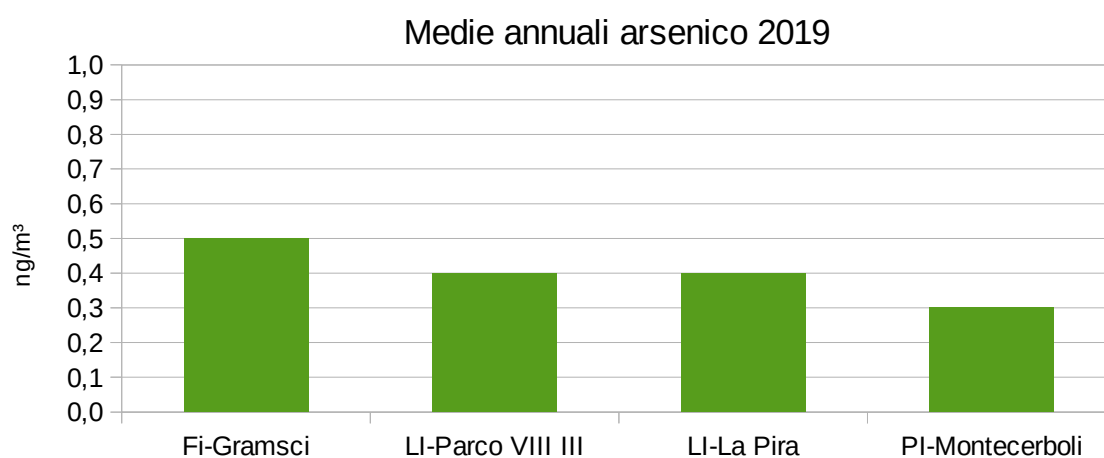


Tabella 5.2.3 . Cadmio - 2019. Elaborazione degli indicatori

Classificazione Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale Cadmio 2019 (ng/m ³)	Valore obiettivo Cadmio (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0,2	5,0
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII III	0,1	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0,2	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0,1	

Grafico 5.2.3. Metalli pesanti - Cadmio 2019

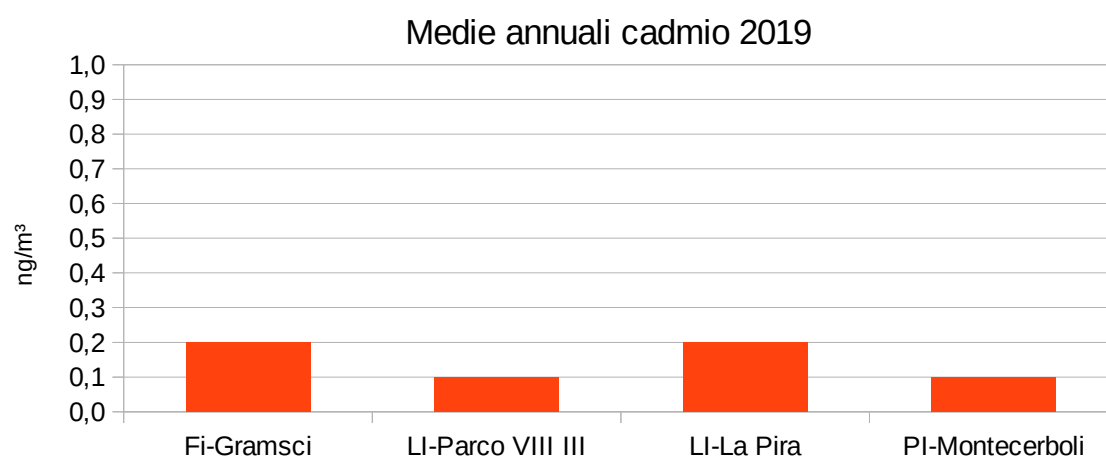
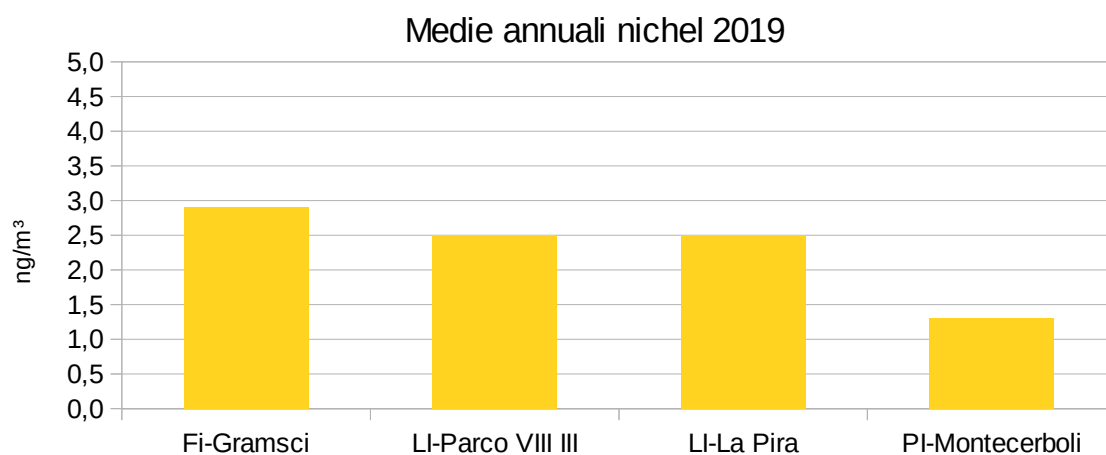


Tabella 5.2.4 . Nichel - 2019. Elaborazione degli indicatori

Classificazione Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale Nichel 2019 (ng/m ³)	Valore obiettivo Nichel (ng/m ³)
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	2,9	20,0
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII III	2,5	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	2,5	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	1,3	

Grafico 5.2.4. Metalli pesanti - Nichel 2019



Come mostrano i dati riportati nelle tabelle e nei grafici, in tutte le stazioni di rete regionale 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 anche 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.

Si riportano i grafici relativi alla distribuzione delle concentrazioni dei campioni nell'arco dell'anno.

Grafico 5.2.5. Metalli pesanti - distribuzione delle concentrazioni dei campioni nell'arco dell'anno 2019 - FI-Gramsci (UT), comune di Firenze

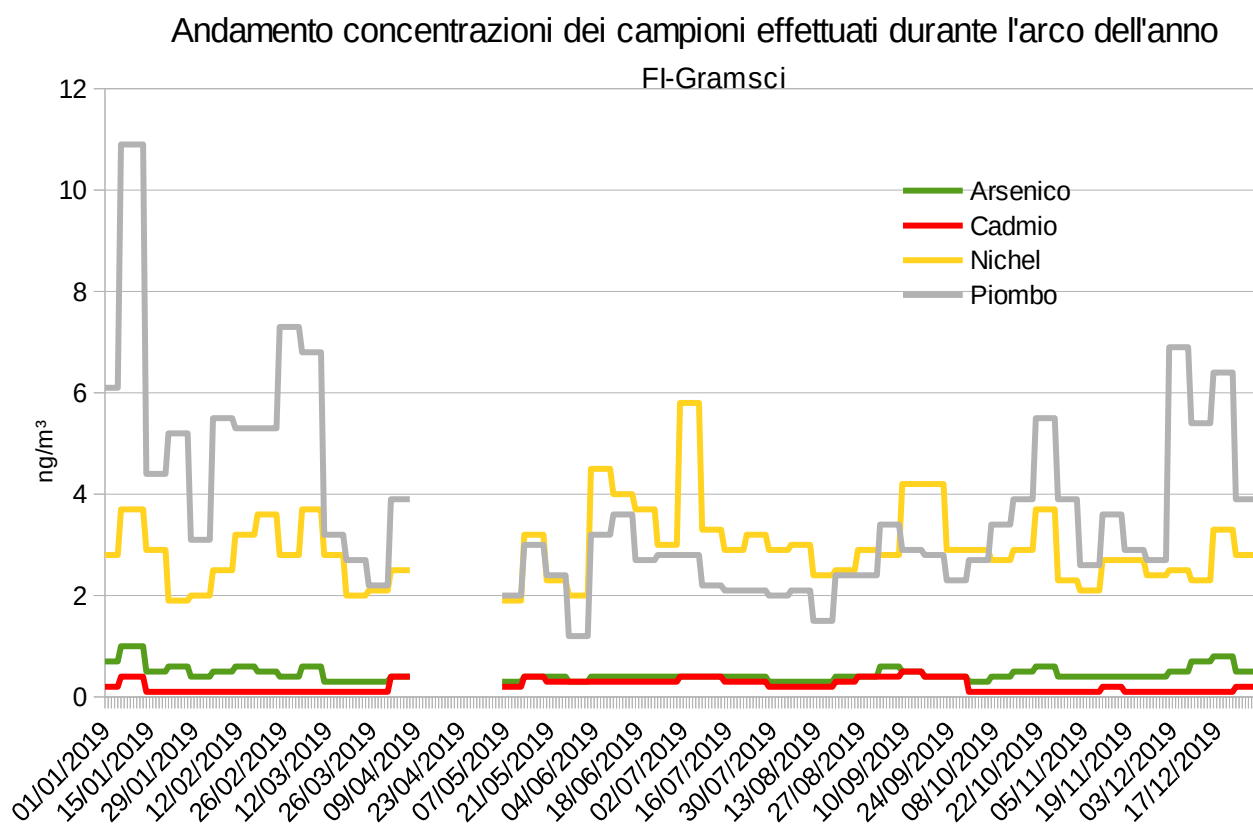


Grafico 5.2.6. Metalli pesanti - distribuzione delle concentrazioni dei campioni nell'arco dell'anno 2019 - LI-La Pira (UF,) comune di Livorno

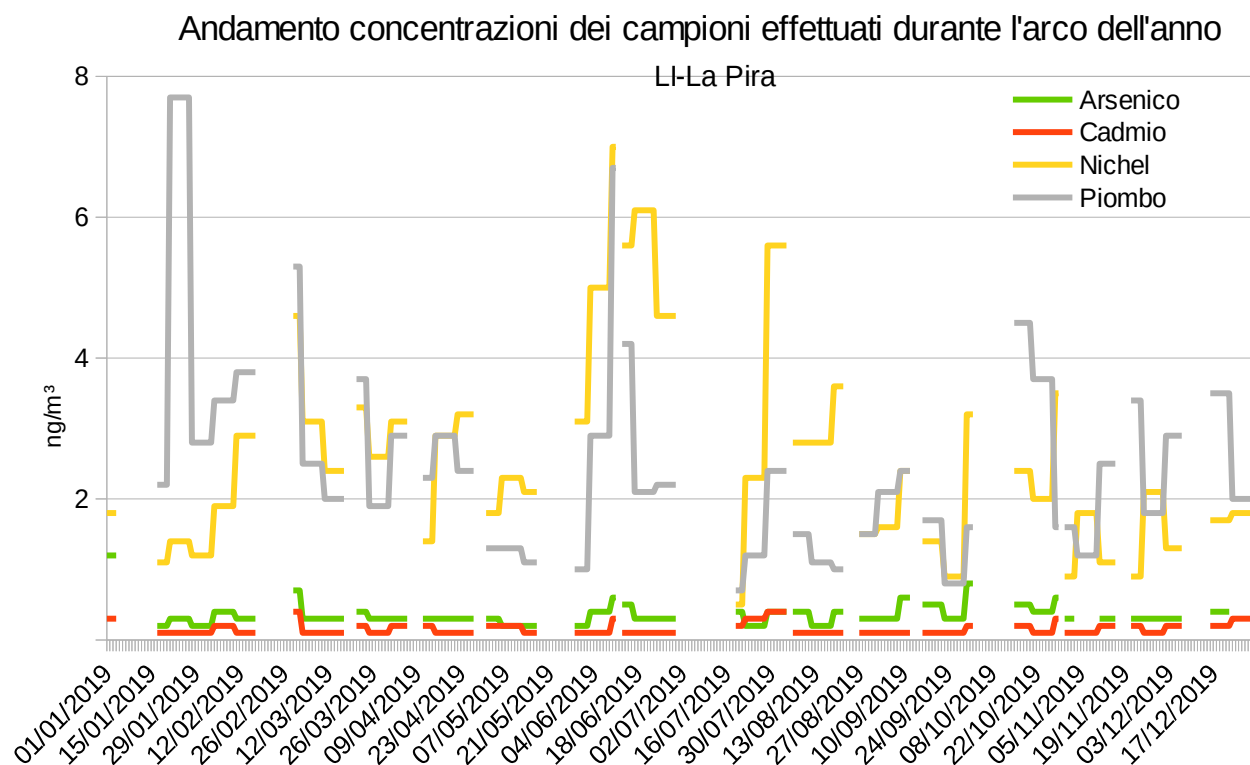


Grafico 5.2.7. Metalli pesanti - distribuzione delle concentrazioni dei campioni nell'arco dell'anno 2019 - LI-Parco VIII III (UF), comune di Piombino

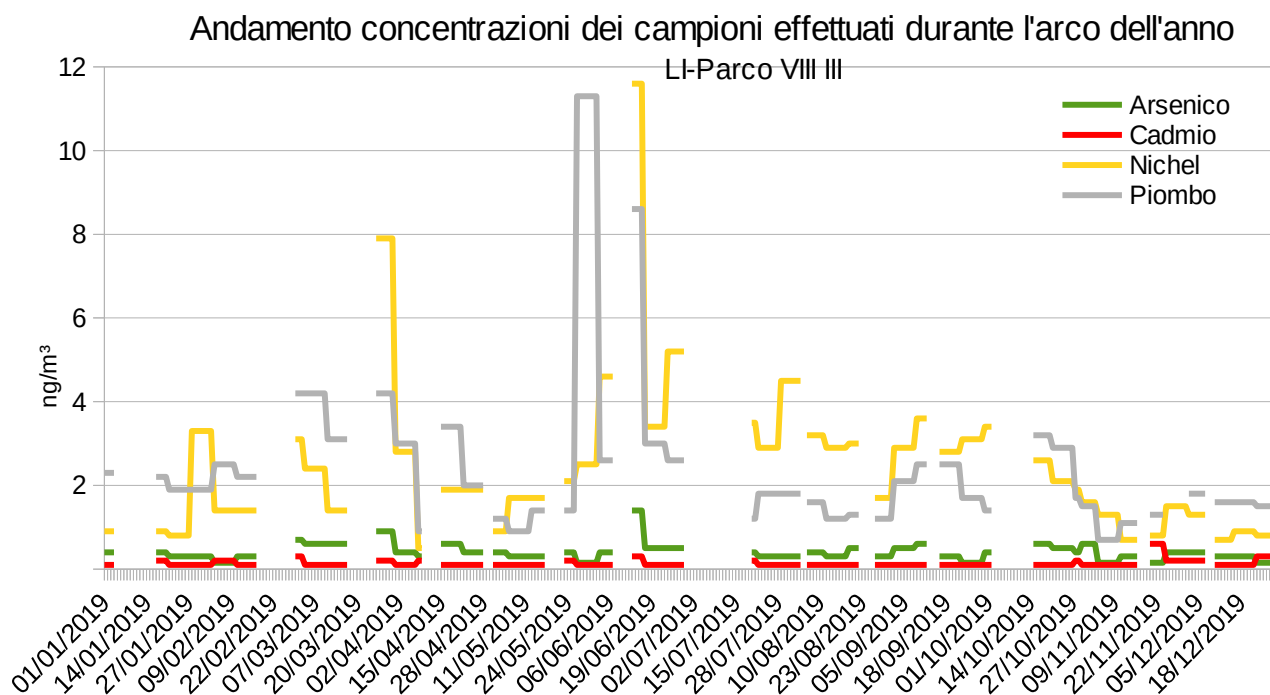
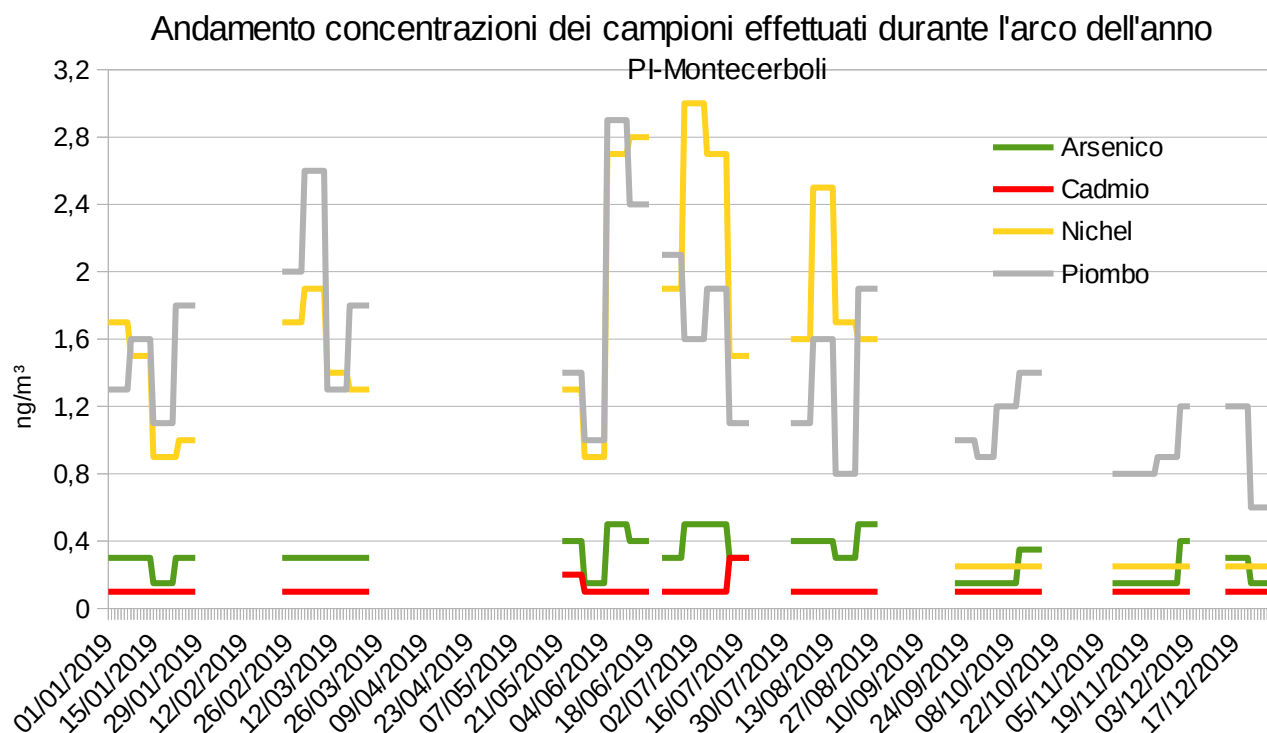


Grafico 5.2.8. Metalli pesanti - distribuzione delle concentrazioni dei campioni nell'arco dell'anno 2019 - PI-Montecerboli (PF), comune di Pomarance



I campioni effettuati nei siti di fondo hanno restituito concentrazioni molto contenute per tutto l'anno. La maggior parte dei valori di concentrazione di Arsenico e di Cadmio per questa tipologia di stazione sono risultate inferiori al limite di rivelabilità strumentale

Tabella 5.2.5. Andamenti 2015_2019 Piombo

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Piombo Valore limite: 500 ng/m ³				
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)				
			2015	2016	2017	2018	2019
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	4,8	4,6	4,6	4,2	3,7
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII III	3,2	2,3	1,9	2,1	2,4
	UF	LI-La Pira	5,6	5	2,8	3,1	2,6
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	*	*	1,2	1,5	1,4

* non disponibile

Tabella 5.2.6. Andamenti 2015_2019 Arsenico

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Arsenico Valore obiettivo: 6 ng/m ³				
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)				
			2015	2016	2017	2018	2019
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII III	0,7	0,4	0,5	0,4	0,4
	UF	LI-La Pira	1,1	1,1	0,5	0,3	0,4
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	*	*	0,5	0,3	0,3

* non disponibile

Tabella 5.2.7. Andamenti 2015_2019 Cadmio

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Cadmio Valore obiettivo: 5 ng/m ³				
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)				
			2015	2016	2017	2018	2019
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,5	0,4	0,4	0,4	0,2
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII III	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
	UF	LI-La Pira	0,2	0,5	0,2	0,1	0,2
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	*	*	0,2	0,2	0,1

* non disponibile

Tabella 5.2.8. Andamenti 2015_2019 Nichel

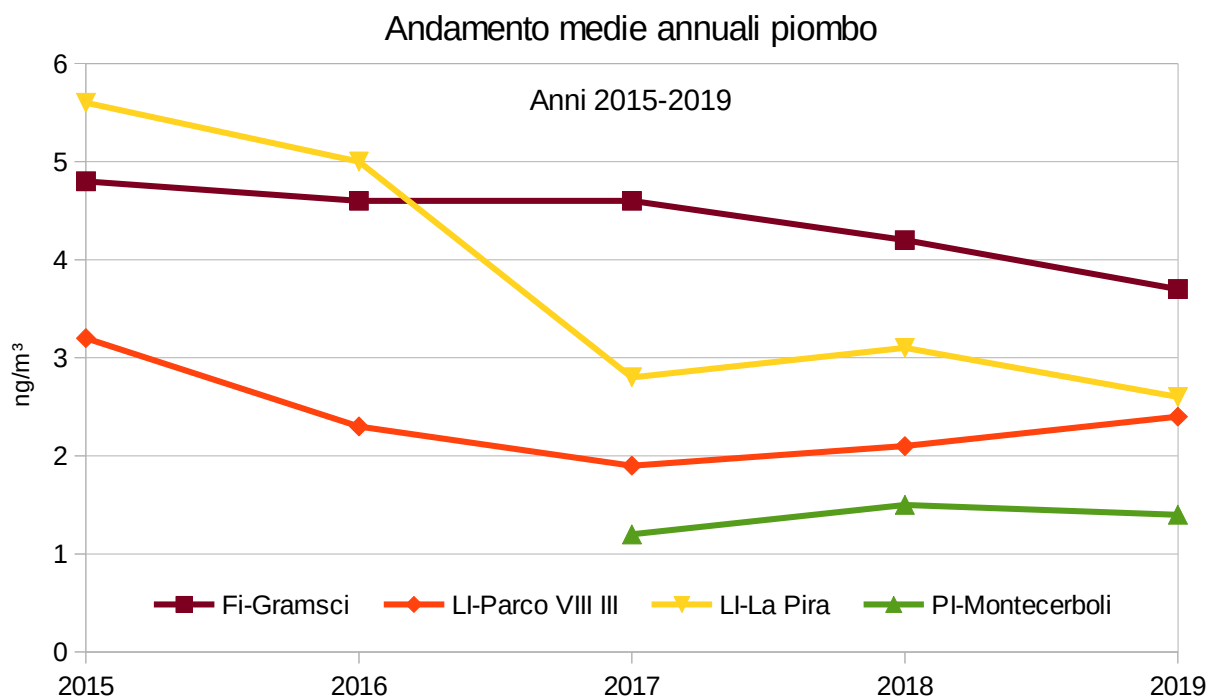
Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Nichel Valore obiettivo: 20 ng/m ³				
			Concentrazioni medie annue (ng/m ³)				
			2015	2016	2017	2018	2019
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	2,7	3,2	3,3	3,1	2,9
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII III	3,1	2,5	3,2	2,3	2,5
	UF	LI-La Pira	4	3,7	2	3,2	2,5
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	*	*	2,1	1,6	1,3

*

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 5.2.9. Andamenti 2015_2019 medie annuali piombo



6. CONCLUSIONI DEL MONITORAGGIO DELLE STAZIONI DI RETE REGIONALE

L'analisi degli indicatori di monitoraggio della qualità della aria nell'anno 2019 ottenuti dal monitoraggio della Rete Regionale evidenzia una situazione complessivamente positiva per la Toscana con una sostanziale criticità nel rispetto dei valori obiettivo per l'O₃, oltre ad una criticità per PM10 e una per NO₂.

PM10: il limite di 40 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le 34 stazioni di monitoraggio per questo inquinante, 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 nella stazione urbana di fondo di LU-Capannori che si trova nella "Zona Valdarno pisano e Piana lucchese" e presso la quale sono stati registrati 38 episodi di superamento.

PM2,5: il limite normativo di 25 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le 15 stazioni di monitoraggio per questo inquinante.

NO₂: il valore limite di 40 µg/m³ come media annuale è stato rispettato in tutte le 36 stazioni di di monitoraggio per questo inquinante eccetto che per una delle due stazioni urbane di traffico del comune di Firenze: FI-Gramsci, presso la quale la media annuale è risultata pari a 56 µg/m³. Il limite di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m³ è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete Regionale.

Ozono: entrambi i valori obiettivo per la protezione della popolazione e per la protezione della vegetazione non sono stati rispettati in 8 dei 10 siti di monitoraggio per l'ozono confermando la criticità della Regione Toscana per questo parametro. Inoltre nell'arco del 2019 si sono verificati 10 superamenti della soglia di informazione presso il sito di FI-Settignano, 2 presso il sito di PT-Montale ed 1 a LU-Carignano. La soglia di allarme per l'ozono non è invece mai stata superata.

CO, SO₂ e benzene: Il monitoraggio ha confermato l'assoluta assenza di criticità 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 disagio.

Metalli pesanti: il monitoraggio relativo al 2019 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 NON REGIONALE

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

Tabella 2.1 Stazioni attive nel 2019: parametri e rendimento % annuale

Provincia	Comune	Nome	Tipo sito	Inquinanti monitorati e % copertura anno 2019				
Livorno	Rosignano Marittimo	LI-Poggio San Rocco	Urbana Fondo	PM2,5 100%		NOx 100%		O3 100%
Livorno	Collesalveti	LI-ENI	Urbana Industriale	PM10 100%	PM2,5 100%	NOx 97,5%	H2S/SO2 99,6%	BTX 97,5%

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 2019 non ha rispettato i limiti di normativa.

Tabella 2.2. LI-Poggio San Rocco: indicatori 2019

	PM2,5	NO ₂		O ₃	
Nome Stazione	Media annuale µg/m ³	Media annuale µg/m ³	Sup.di 200 µg/m ³	Sup.Val Obiet salute umana	AOT40
LI-Poggio San Rocco	8	6	0 (max 46)	48	28700

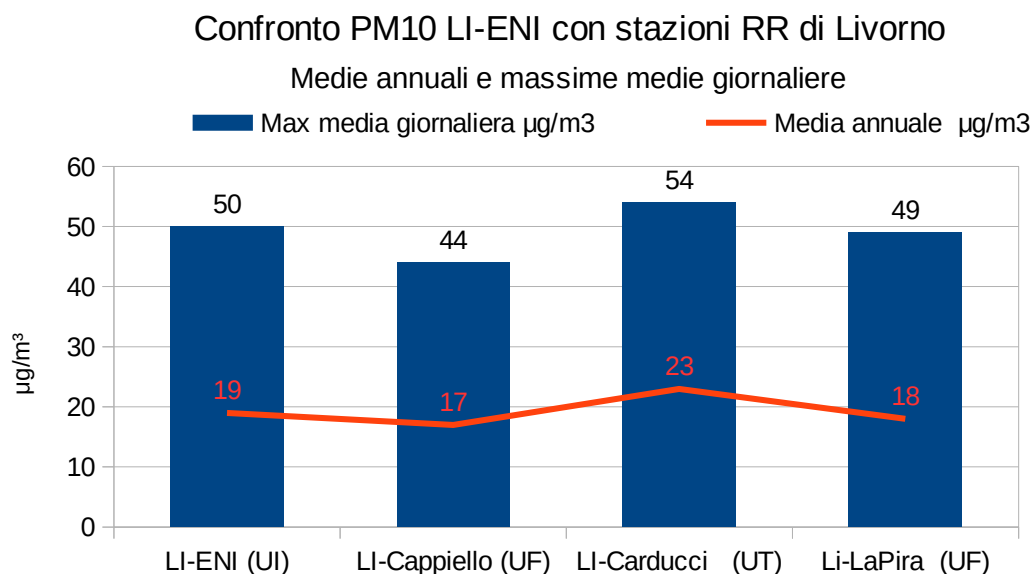
I risultati delle elaborazioni relative alla stazione LI-ENI, situata in località Stagno nel comune di Collesalveti hanno mostrato una situazione priva di criticità per gli inquinanti monitorati rispetto ai valore limite del D.Lgs.155/10.

Tabella 2.3. LI-ENI: indicatori 2019

Provincia e Comune: Collesalveti (LI)	Nome Stazione: LI-ENI	PM10		PM2,5	NO ₂	
		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
		19	0 (max 50)	11	17	0 (max 100)
		H ₂ S		SO ₂		
		Media annuale µg/m ³	Max media oraria µg/m ³	Media annuale µg/m ³	Sup.media giornaliera di 125 µg/m ³	Sup.media oraria di 300 µg/m ³
		1	10	3	0 (max 8)	0 (max 35)
		Benzene	Toluene	E-Benzene	P-Xilene	O-Xilene
		Media annuale µg/m ³				
		0,4	1	0,2	0	0

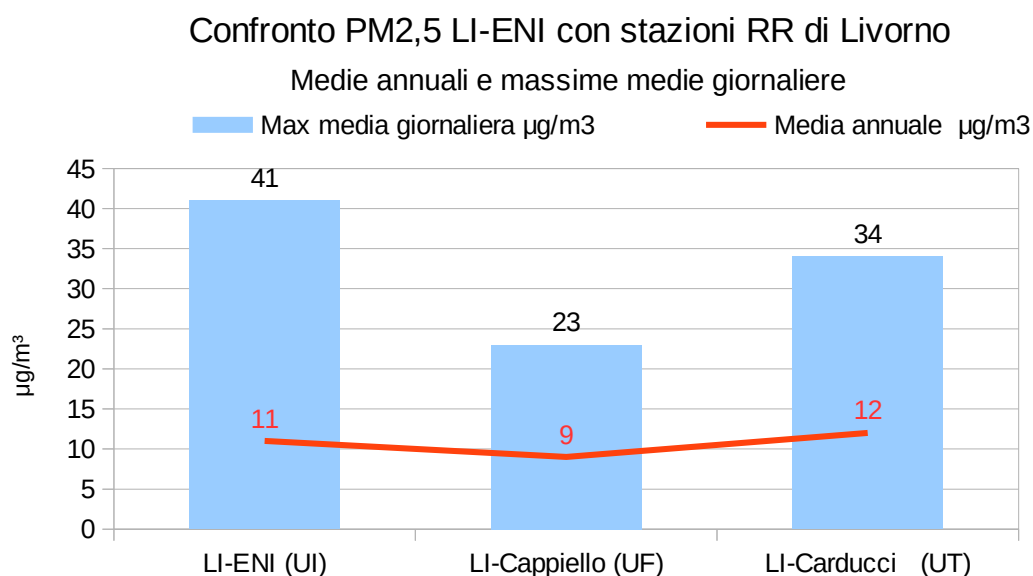
Per la stazione di LI-ENI, si riporta il confronto con le stazioni che si trovano nel comune limitrofo di Livorno.

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



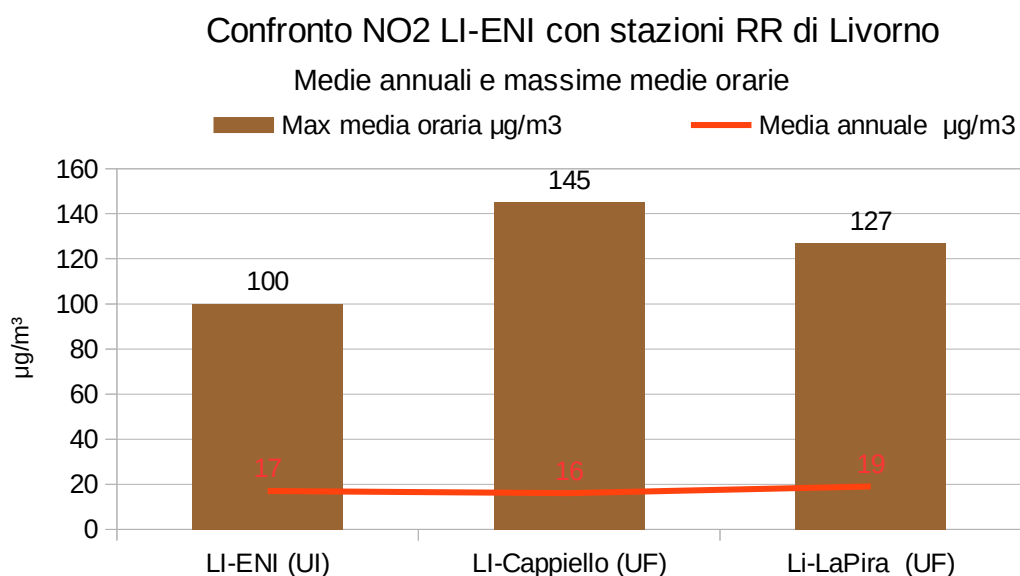
Per il parametro PM10, il valore medio annuale di concentrazione registrato presso la stazione di interesse locale è stato molto contenuto e compreso nel range delle concentrazioni medie registrate presso le stazioni del comune di Livorno. Stessa considerazione per la massima media giornaliera di PM10, pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Presso la stazione di LI-ENI, analogamente a quanto si osserva per le altre stazioni di fondo, non si è verificato alcun superamento della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sono pertanto rispettati i valori limite del D.Lgs.155/10 e i valori guida OMS.

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



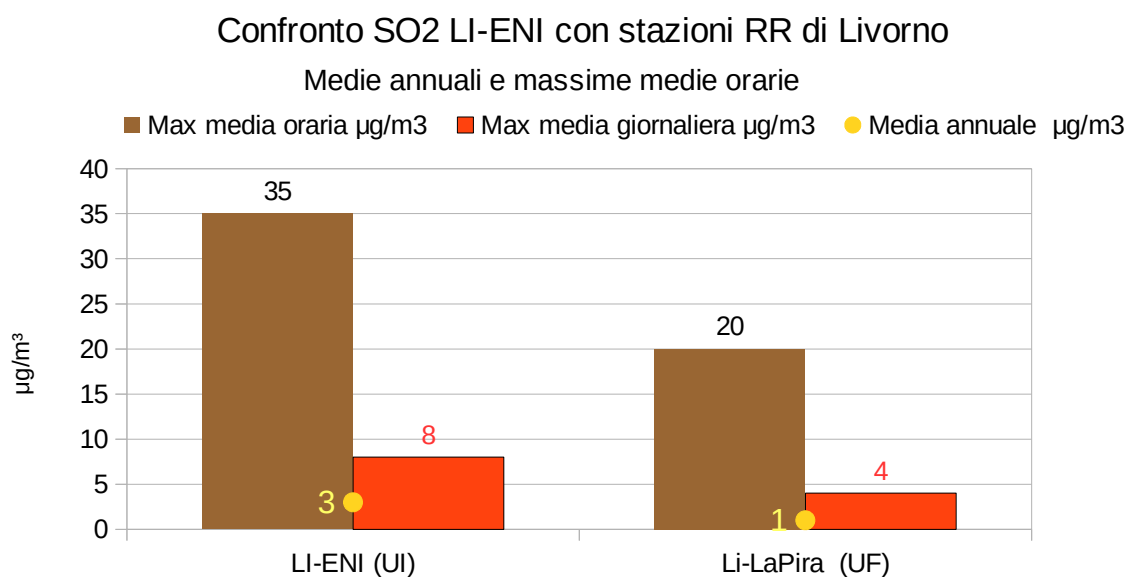
Come per il PM10 anche per il PM2,5, il valore medio annuale di concentrazione registrato presso la stazione di interesse locale è stato molto contenuto ($11 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e compreso nel range delle concentrazioni medie registrate presso le stazioni del comune di Livorno. La media annua rispetta il limite del D.Lgs.155/10 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e non rispetta il valore guida OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La massima media giornaliera di PM2,5 è stata pari a $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superiore a quanto registrato nelle altre stazioni.

Grafico 2.3. NO_2 Stazione di LI-ENI a confronto con le altre del comune di Livorno



Per il parametro NO_2 , il valore medio annuale di concentrazione registrato 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 che è stata pari a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche presso la stazione di LI-ENI, analogamente a quanto osservato per le altre, non si è verificato alcun superamento della media oraria di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I valori limite nazionali e i valori guida sono rispettati.

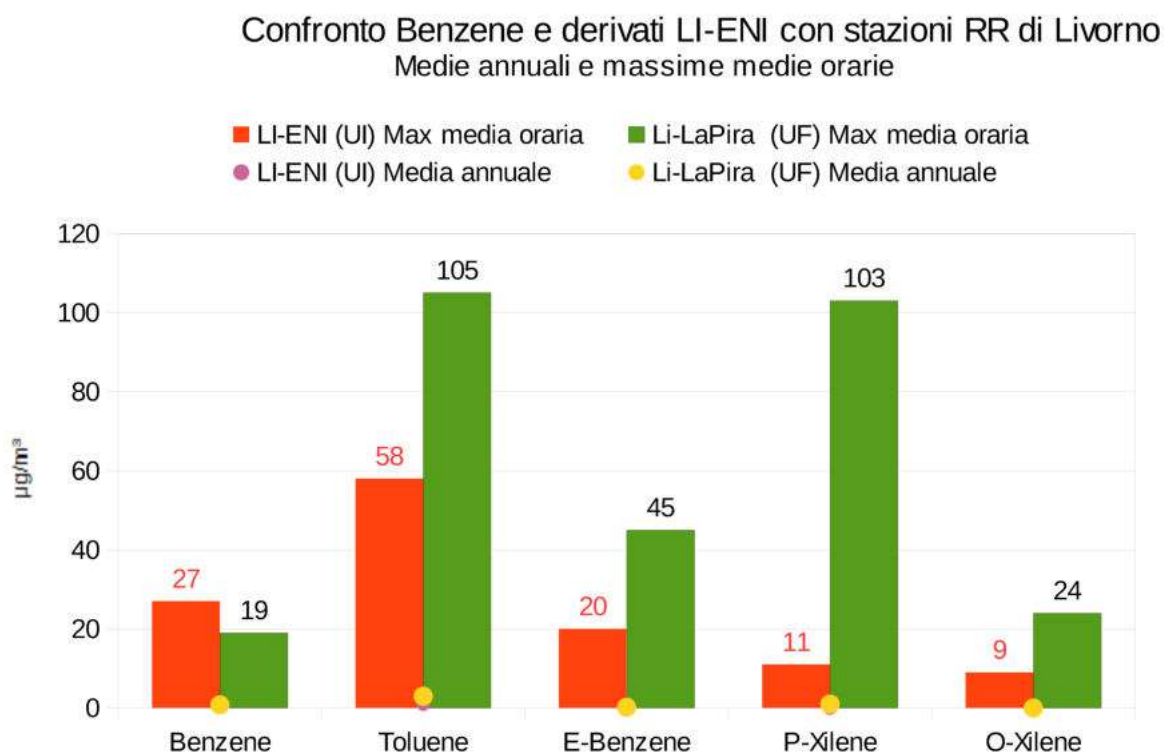
Grafico 2.4. SO₂: Stazione di LI-ENI a confronto con la stazione di LI-La Pira del comune di Livorno



Per il parametro SO₂, il valore medio annuale, medio massimo giornaliero e massimo medio orario sono stati molto contenuti rispetto ai limiti di legge anche se superiori ai valori registrati presso la stazione di Via La Pira, con massime medie giornaliere ed orarie pari a circa il doppio e media annuale pari al triplo delle concentrazioni della stazione di RR.

Per quanto riguarda l'H₂S, i dati registrati presso LI-ENI nel 2019 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 2 ore in tutto l'arco dell'anno (concentrazioni pari a 7 e 9 µg/m³).

Grafico 2.5. Benzene e derivati: Stazione di LI-ENI a confronto con la stazione di LI-La Pira del comune di Livorno



Il grafico mostra che mentre i massimi orari più elevati di benzene sono stati registrati presso la stazione LI-ENI, per i suoi derivati i massimi orari più elevati sono stati registrati presso Li-LaPira. Per quanto riguarda invece le medie annuali, esse sono state molto contenute in tutte e due le stazioni, con medie di benzene e derivati maggiori presso Li-La Pira.

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.

Tabella 2..4.Campagne discontinue svolte durante il 2019, con mezzi mobili

Provincia	Comune / Postazione	Parametri monitorati	Inizio campagna	Fine campagna	Campagna indicativa
Lucca	Pietrasanta – frazione Strettoia – Centro sportivo “La Pruniccia” (Autolab-SI408060)	PM10/PM2,5 (SWAM trasformato in campionatore); BTEX, DV, VV	9 giugno 2018	8 aprile 2019	Sì
Lucca	Pietrasanta – Scuola primaria “Ricci” Loc. Pollino	NOx, PM10/PM2,5 (Campionatore), SO ₂ /H ₂ S; DV, VV	28 luglio 2018	1° maggio 2019	Sì
Lucca	Forte dei Marmi Scuola “Giorgini”	NOx, CO, PM10/PM2,5 (Campionatore); DV, VV	8 luglio 2019	31 marzo 2020	Sì
Firenze	Montelupo	PM10-PM2.5-NO2	19/07/18	08/05/19	SI
Firenze	Empoli	PM10-PM2.5-NO2	27/11/19	In corso	SI
Livorno	Livorno / Calata Bengasi in porto industriale	NOx, CO, O3,SO2 PM10/PM2,5 (Campionatore); BTX	10 settembre 2019	13 gennaio 2020 (In corso)	Sì
Massa Carrara	Aulla – Parco “La Camilla”	NOx, PM10/PM2,5 (Campionatore), DV, VV	4 febbraio 2020	In corso	Sì

ALLEGATO 1 : TABELLE DEI PERCENTILI

Percentili PM10 medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	90,4° percentile	Massimo
FI-Boboli	3	12	16	21	30	64
FI-Bassi	3	11	16	23	31	79
FI-Gramsci	9	20	25	31	41	83
FI-Mosse	1	13	18	26	37	82
FI-Scandicci	2	13	17	24	35	85
FI-Signa	3	13	18	24	40	117
PO-Roma	3	13	19	27	44	135
PO-Ferrucci	4	15	22	30	44	120
PT-Signorelli	1	11	16	24	32	80
PT-Montale	4	14	19	28	44	139
AR-Acropoli	4	11	16	22	30	61
FI-Figline	3	12	17	24	37	81
AR-Repubblica	4	15	21	28	40	77
GR-URSS	4	12	16	20	26	56
GR-Sonnino	8	18	23	29	38	71
LI-Cappiello	5	13	16	21	27	44
LI-Carducci	8	18	22	28	34	54
LI-LaPira	4	13	17	22	27	49
LI-Cotone	3	11	15	20	24	65
LI-Parco VIII Marzo	3	14	17	21	25	58
MS-Colombarotto	4	13	18	24	30	46
MS-MarinaVecchia	4	14	18	23	29	51
LU-Viareggio	5	16	21	29	41	70
LU-Capannori	4	15	20	32	52	144
LU-San Concordio	4	15	19	28	43	93
LU-Micheletto	6	17	21	31	45	107
PI-Passi	5	14	19	26	36	76
PI-Borghetto	7	17	22	30	41	84
PI-Santa Croce	3	15	21	29	44	92
SI-Poggibonsi	3	13	18	22	29	44
SI-Bracci	4	13	17	22	28	55
LU-Fomoli	6	15	20	29	39	82
PI-Montecerboli	0	8	11	14	18	52
AR-Casa Stabbi	1	6	9	14	20	39

Percentili PM2,5 medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	Massimo
FI-BASSI	2	7	10	14	62
FI-GRAMSCI	5	10	14	18	63
PT-MONTALE	3	8	12	18	119
PO-FERRUCCI	2	8	12	18	99
PO-ROMA	2	8	11	17	116
AR-ACROPOLI	3	7	10	14	57
GR-URSS	2	7	9	12	23
LI-CAPPIELLO	2	6	8	12	23
LI-CARDUCCI	3	8	11	15	34
LU-VIAREGGIO	3	8	11	17	53
MS-MARINA-VECCHIA	2	7	10	14	40
PI-BORGHETTO	5	10	13	19	69
PI-PASSI	0	7	10	14	59
LU-CAPANNORI	3	9	12	21	144
SI-POGGIBONSI	2	8	11	14	35

Percentili NO2 medie orarie (µg/m³)

Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	98,8° percentile	Massimo
FI-BASSI	0	8	15	29	87	102
FI-GRAMSCI	3	37	54	72	143	177
FI-MOSSE	1	20	31	48	115	144
FI-SCANDICCI	0	11	21	36	93	108
FI-SIGNA	0	8	14	26	71	86
FI-SETTIGNANO	0	3	5	8	56	80
PO-ROMA	2	13	23	41	109	133
PO-FERRUCCI	2	14	24	39	85	96
PT-SIGNORELLI	1	10	17	30	83	102
PT-MONTALE	0	7	13	25	72	88
AR-ACROPOLI	1	6	10	19	66	89
FI-FIGLINE	0	9	15	25	66	78
AR-REPUBBLICA	2	18	29	41	86	110
GR-URSS	0	9	13	20	88	123
GR-SONNINO	0	18	32	48	112	130
GR-MAREMMA	0	2	2	4	15	24
LI-CAPPIELLO	0	7	11	20	75	145
LI-LAPIRA	0	9	15	24	86	127
LI-COTONE	0	6	11	17	79	101
LI-PARCO-VIII-MARZO	0	5	9	15	66	91
MS-COLOMBAROTTO	0	5	10	20	64	82
MS-MARINA-VECCHIA	0	7	14	25	79	103
LU-VIAREGGIO	0	9	18	36	100	118
LU-CARIGNANO	0	3	7	12	56	72
LU-CAPANNORI	0	10	19	30	81	90
LU-MICHELETTO	1	14	23	37	84	99
LU-SAN-CONCORDIO	0	11	20	33	93	111
PI-PASSI	0	7	14	24	78	102
PI-BORGHETTO	0	18	29	44	100	111
PI-SANTA-CROCE	0	10	17	30	89	99
PI-MONTECERBOLI	0	2	3	5	34	46
SI-POGGIBONSI	2	8	14	23	70	88
SI-BRACCI	3	18	28	45	124	181
LU-FORNOLI	0	6	9	16	49	61
AR-CASA-STABBI	0	1	1	2	11	27

Percentili O3 medie orarie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	Massimo
FI-SETTIGNANO	2	43	62	83	203
FI-SIGNA	0	20	49	78	172
AR-ACROPOLI	0	28	55	78	157
PT-MONTALE	2	18	46	78	185
GR-MAREMMA	9	62	77	94	167
LU-CARIGNANO	3	43	66	89	184
PI-PASSI	1	25	50	75	154
PI-SANTA-CROCE	0	11	36	67	163
AR-CASA-STABBI	5	54	70	87	153
PI-MONTECERBOLI	11	59	75	93	169

Percentili Benzene medie orarie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	Massimo
FI-BASSI	0	0,5	0,6	1,5	10,4
FI-GRAMSCI	0	1,2	2,2	3,4	18,3
PO-ROMA	0	0,3	0,4	0,8	16,7
AR-ACROPOLI	0	0,4	0,6	1,2	8,6
LU-SAN-CONCORD	0	0,3	0,6	1,3	9,4
LI-LAPIRA	0	0,3	0,5	0,9	18,9
LI-PIOMBINO-PARCO	0	0,1	0,2	0,2	15,9

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	Valori 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 limite
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.).

Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Valori limite
Soglia di informazione	Media massima oraria.	180 µg/ m ³
Soglia di allarme	Media massima oraria	240 µg/ m ³

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

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

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

Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Valori limite
Concentrazione presente nella frazione PM ₁₀ 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	Valori limite
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 OMS

Si riporta in tabella il confronto tra i valori relativi al monitoraggio della qualità dell'aria in Toscana nel 2019 ed i valori di riferimento indicati dall'OMS. Successivamente sono stati riportati i grafici per ciascun parametro. (ascissa le stazioni sono riportate con il numero in tabella).

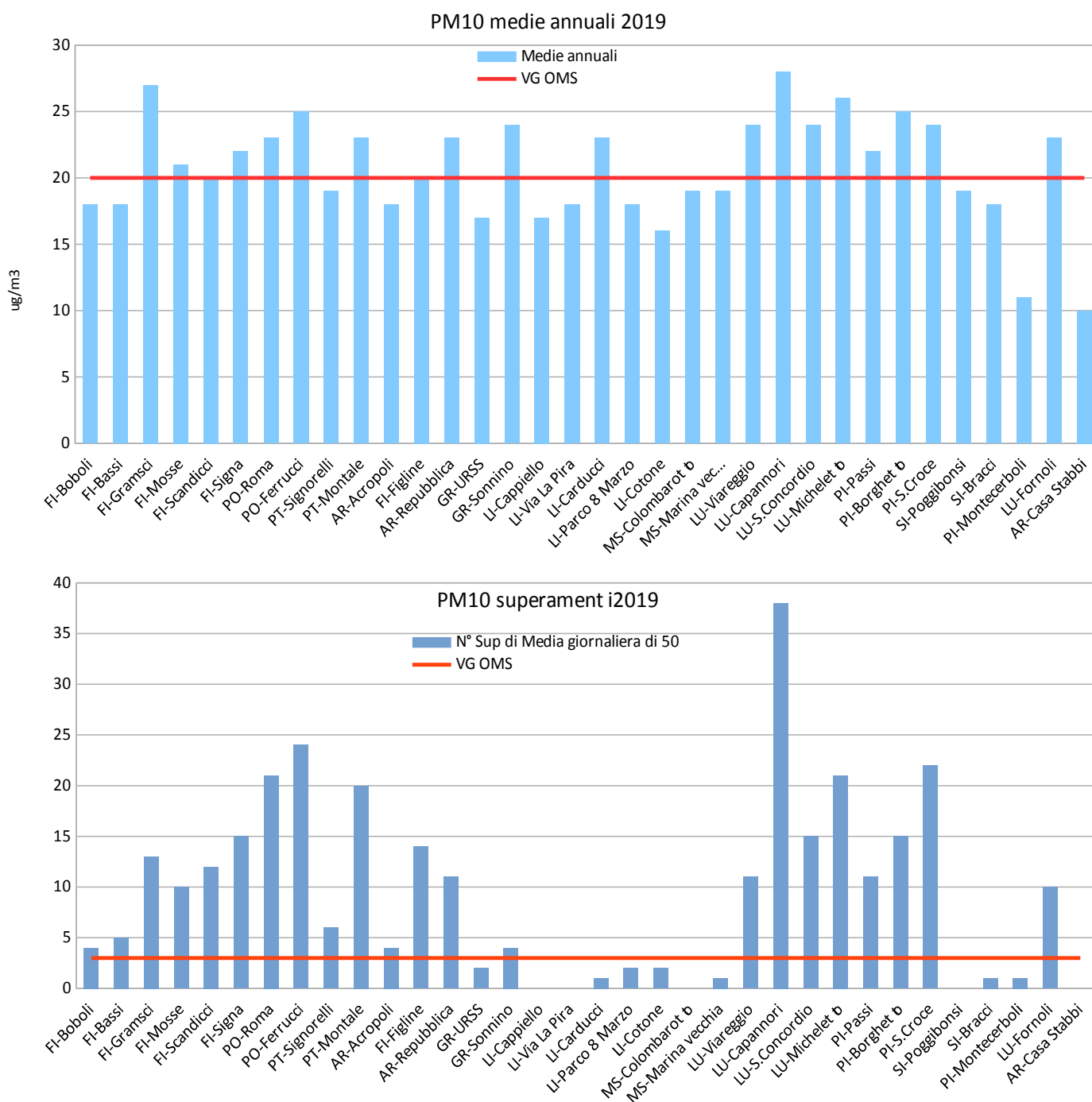
Tabella 1 . Confronto dei dati della Rete Regionale Toscana con valori guida/valori di riferimento indicati dall'OMS

Valori Guida (VG) e valori di riferimento (VR) dell'OMS		PM ₁₀		PM _{2,5}	NO ₂		SO ₂	CO	Benzene	Pb	O ₃
		20 µg/m³	3 sup. di 50 µg/m³	10 µg/m³	40 µg/m³	Massima media oraria 200 µg/m³	20µg/m³	10 mg/m³	1,7 µg/m³	500 ng/m³	100 µg/m³
N°	Nome stazione	Medie annuali µg/m³	N° Sup di Media giornaliera di 50 µg/m³	Medie annuali µg/m³	Medie annuali µg/m³	N° Sup di Media oraria di 200 µg/m³	Max media giornaliera µg/m³	Massima media mobile su 8 h 10 (mg/m³)	Medie annuali µg/m³	Medie annuali ng/m³	Massima media mobile su 8 h (µg/m³)
1	FI-Boboli	18	4	-		-	-	-	-	-	-
2	FI-Bassi	18	5	12	21	102	4	-	1,2	-	-
3	FI-Gramsci	27	13	15	56	177	-	4,5	2,5	3,7	-
4	FI-Mosse	21	10	-	36	144	-	-	-	-	-
5	FI-Scandicci	20	12	-	26	108	-	-	-	-	-
6	FI-Signa	22	15	-	19	86	-	-	-	-	155
7	FI-Settignano	-	-	-	7	80	-	-	-	-	183
8	PO-Roma	23	21	15	29	133	-	-	0,7	-	-
9	PO-Ferrucci	25	24	15	28	96	-	2,0	-	-	-
10	PT-Signorelli	19	6	-	22	102	-	-	-	-	-
11	PT-Montale	23	20	16	18	88	-	-	-	-	167
12	AR-Acropoli	18	4	12	15	89	-	-	1,0	-	145
13	FI-Figline	20	14	-	18	78	-	-	-	-	-
14	AR-Repubblica	23	11	-	31	110	-	1,6	-	-	-
15	GR-URSS	17	2	9	17	123	-	-	-	-	-
16	GR-Sonnino	24	4	-	35	130	-	-	-	-	-
17	GR-Maremma	-	-	-	3	24	-	-	-	-	159
18	LI-Cappiello	17	0	9	16	145	-	-	-	-	-
19	LI-Via La Pira	18	0	-	19	127	4	-	0,8	2,6	-
20	LI-Carducci	23	1	12	nd	nd	-	2,5	-	-	-
21	LI-Parco 8 Marzo	18	2	-	12	91	-	-	0,2	2,4	-
22	LI-Cotone	16	2	-	14	101	-	0,7	-	-	-
23	MS-Colombarotto	19	0	-	14	82	-	-	-	-	-
24	MS-MarinaVecchia	19	1	11	18	103	-	-	-	-	-
25	LU-Viareggio	24	11	14	24	118	-	-	-	-	-
26	LU-Capannori	28	38	20	22	90	3	-	-	-	-
27	LU-S-Concordio	24	15	-	24	111	-	-	1,1	-	-
28	LU-Micheletto	26	21	-	27	99	-	-	-	-	-
29	LU-Carignano	-	-	-	9	72	-	-	-	-	165
30	PI-Passi	22	11	12	18	102	-	-	-	-	162
31	PI-Borghetto	25	15	16	33	111	-	1,9	-	-	-
32	PI-S.Croce	24	22	-	22	99	-	-	-	-	140
33	SI-Poggibonsi	19	0	12	17	88	-	-	-	-	-
34	SI-Bracci	18	1	-	34	181	-	1,1	-	-	-
35	PI-Montecerboli	11	1	-	5	46	-	-	-	-	155
36	LU-Fornoli	23	10	-	12	61	121	-	-	1,4	-
37	AR-Casa Stabbi	10	0	-	2	27	-	-	-	-	136

1. PM10

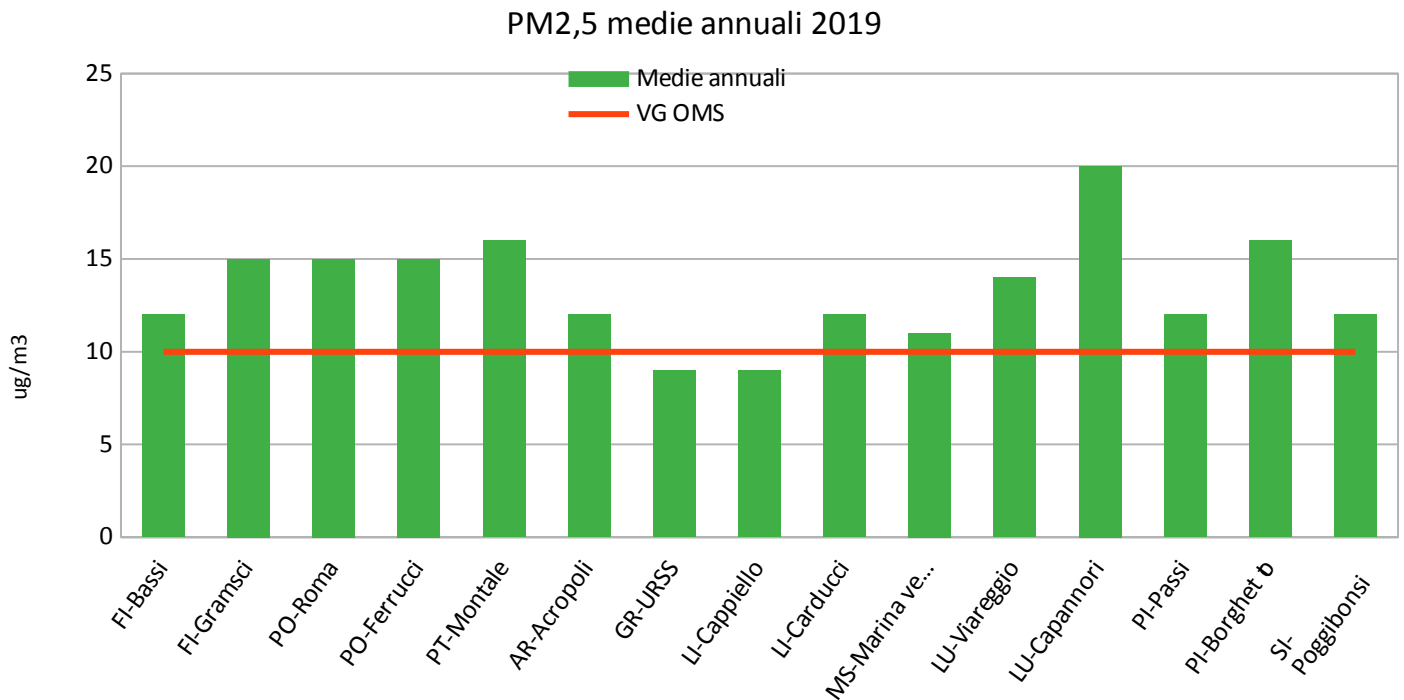
Per quanto riguarda il PM10 l'Organizzazione mondiale della sanità indica due valori guida (VG), entrambi molto più restrittivi rispetto ai limiti del D.Lgs155/2010 attualmente vigente in Italia.

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



2. PM_{2,5}

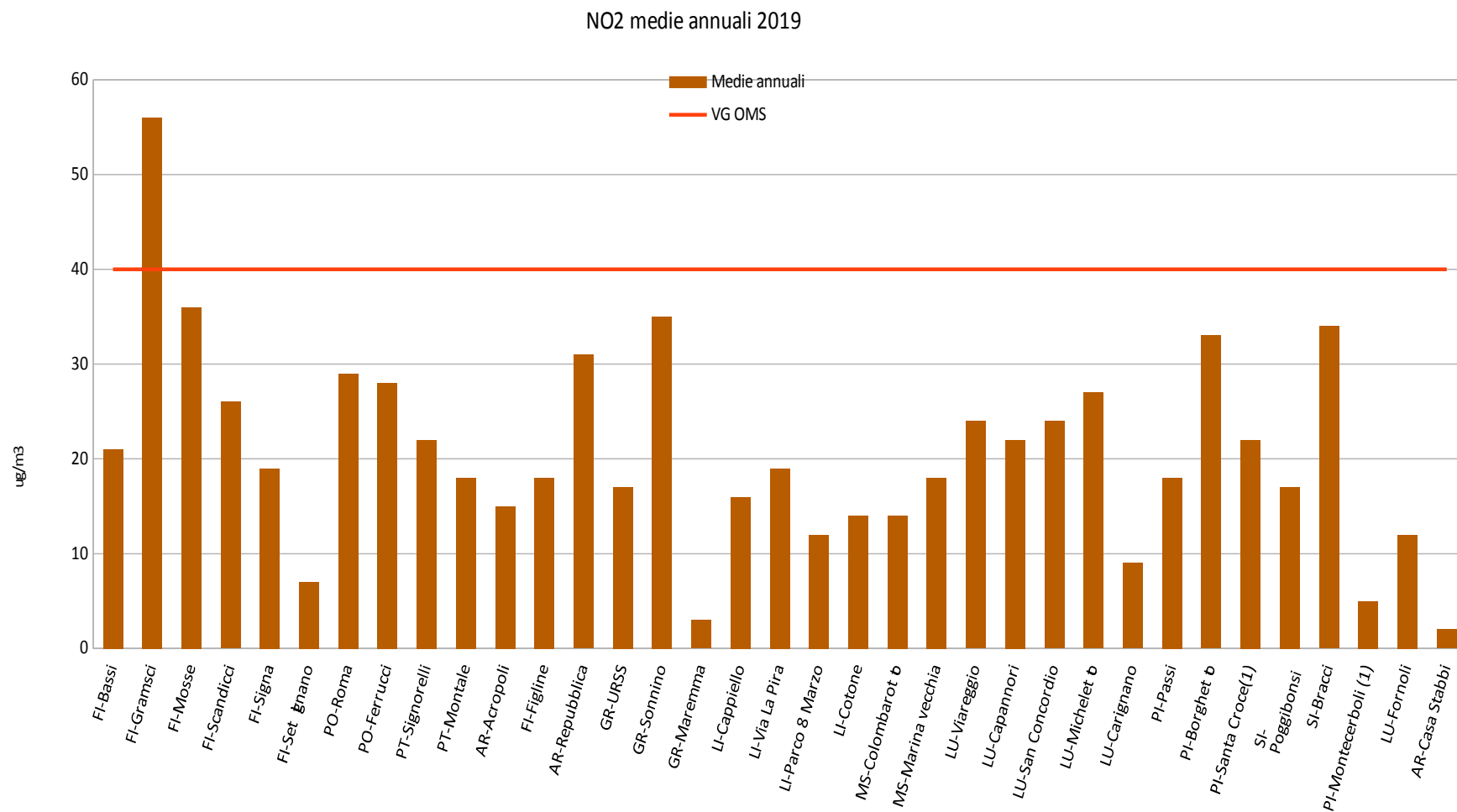
Grafico 2. Particolato PM_{2,5} confronto con il valore guida indicato dall'OMS



Per quanto riguarda il PM_{2,5} 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, infatti è stato rispettato soltanto nel 13% delle stazioni

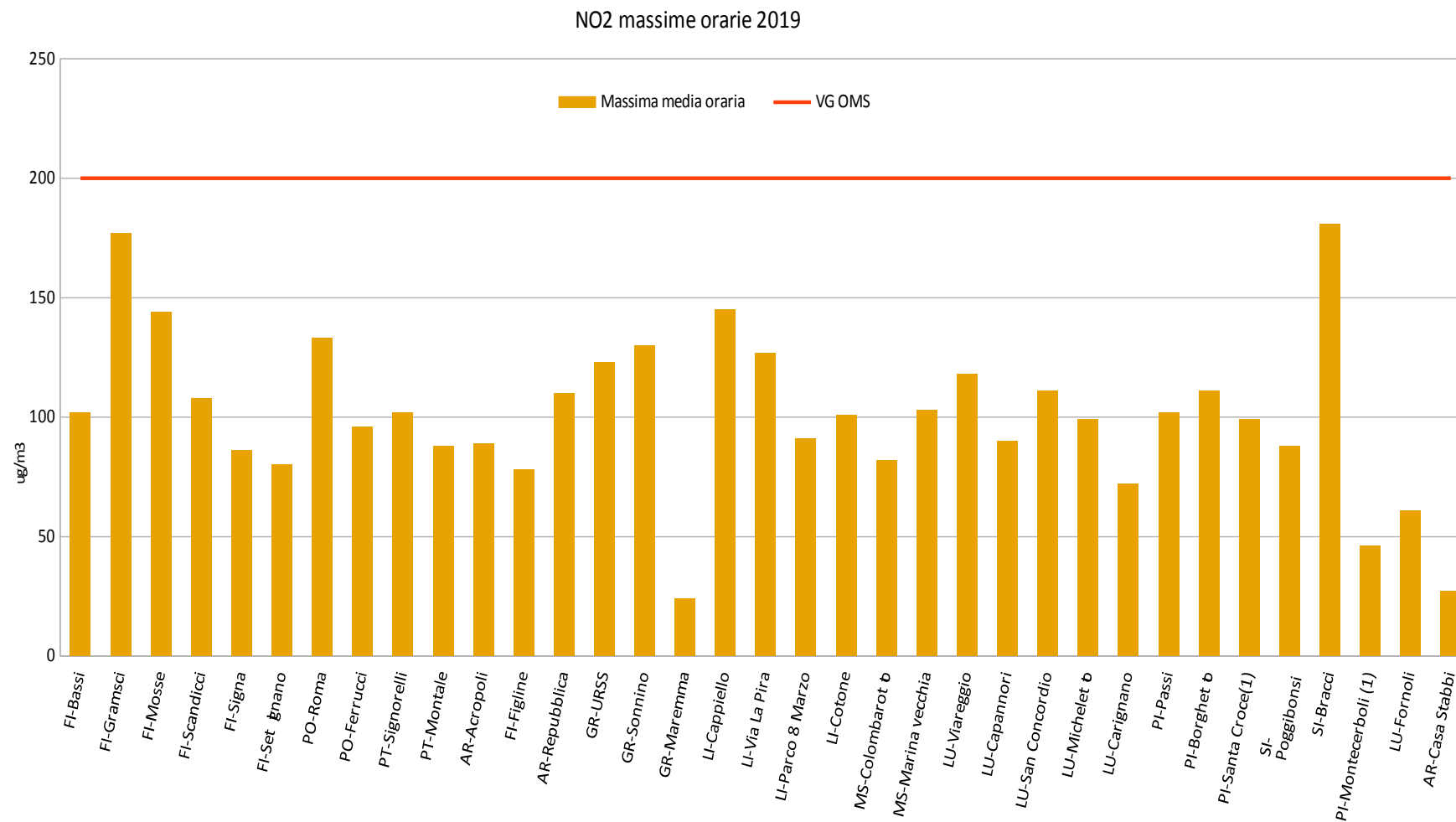
3. NO₂

Grafico 3.1 Biossido di azoto confronto con il valore guida indicato dall'OMS



3. NO₂

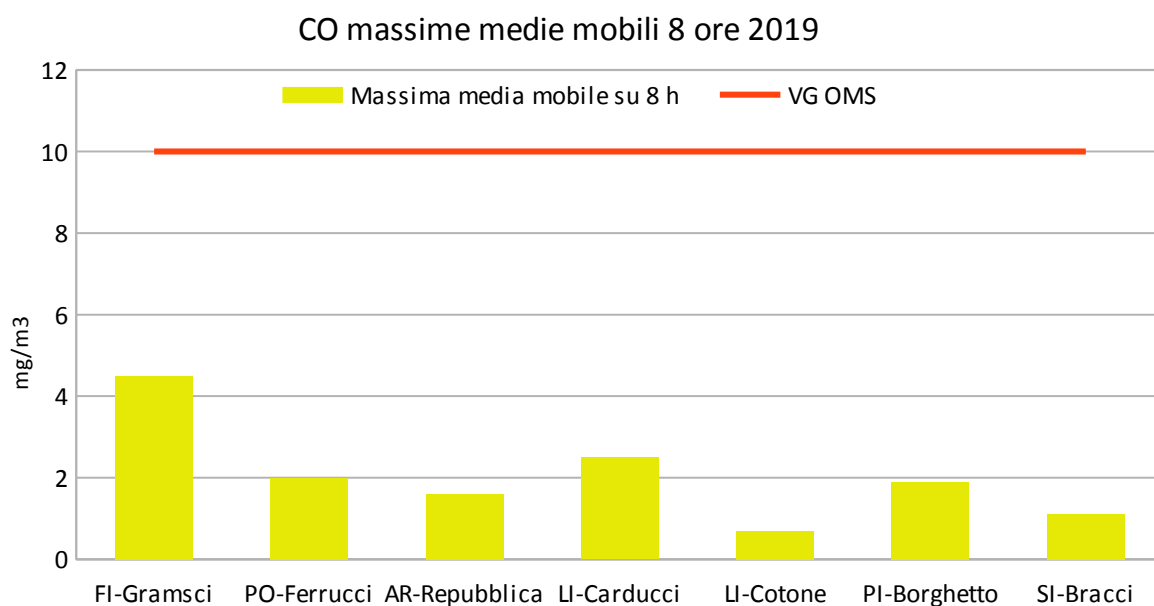
Grafico 3.2 Biossido di azoto confronto con il valore guida indicato dall'OMS



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 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esso è stato rispettato nel 97% delle stazioni. Per i superamenti della media oraria di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, l'OMS indica 0 superamenti del valore medio orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e nonostante sia molto più restrittivo del limite normativo vigente che consiste in 18 superamenti, nel 2019 è stato rispettato in tutte le stazioni di rete regionale attivo.

4. CO

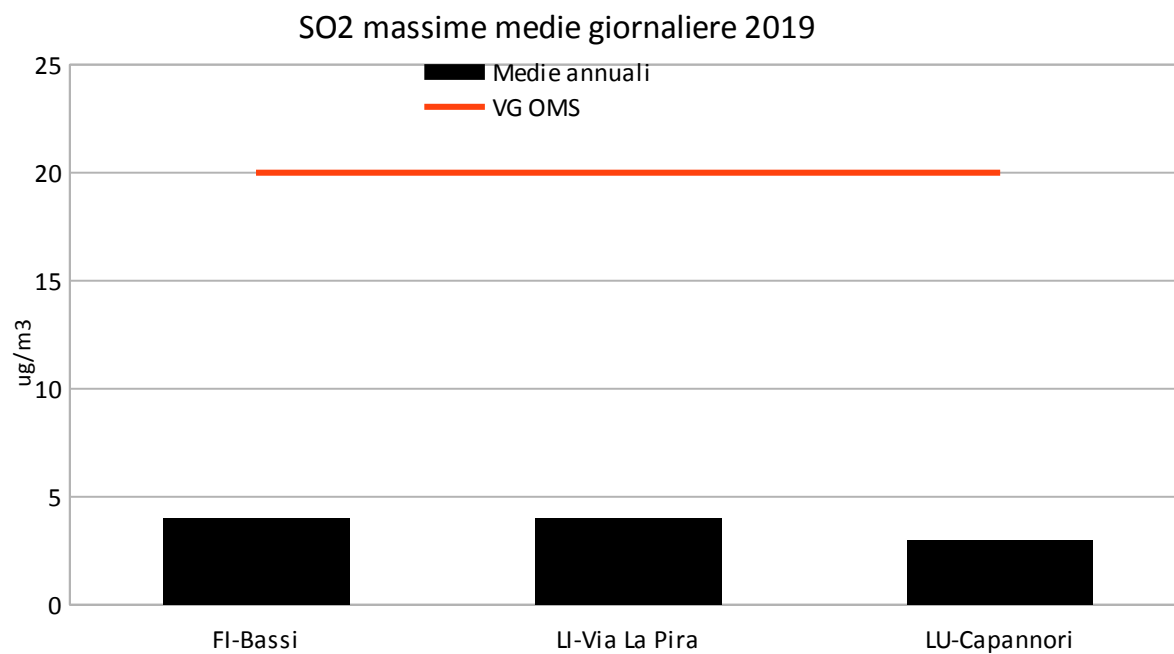
Grafico 4. Monossido di carbonio confronto con il valore guida indicato dall'OMS



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 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ che è stato rispettato nel 100 % delle stazioni di rete regionale.

5. SO₂

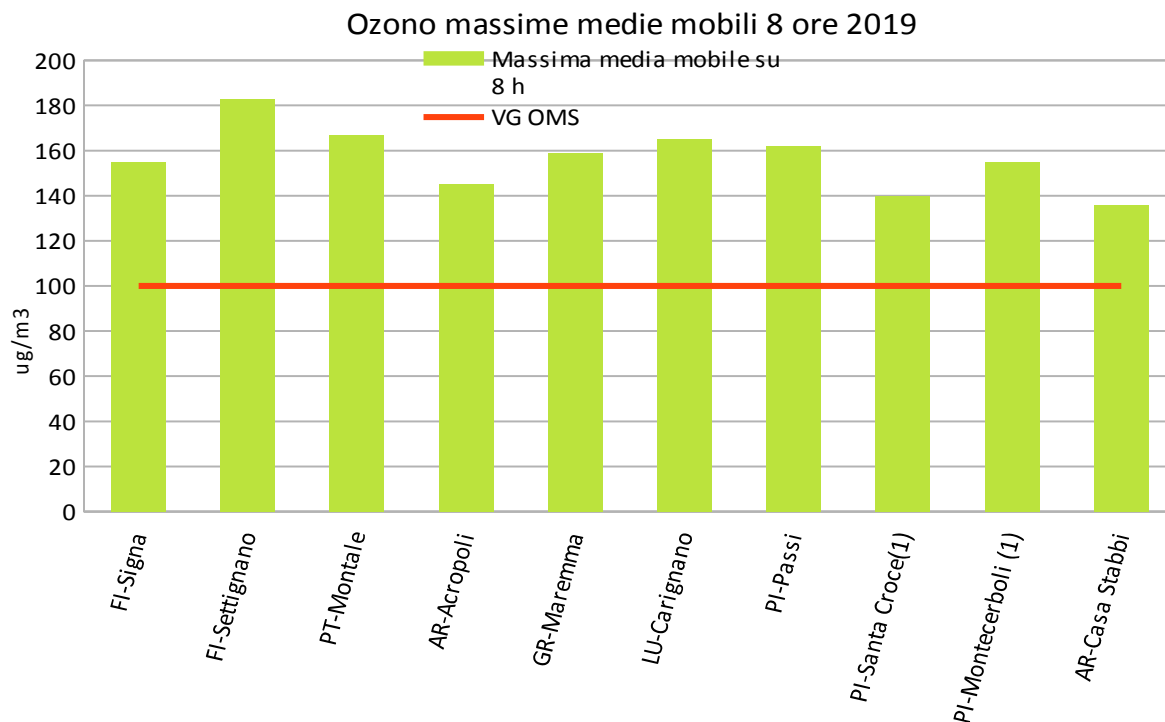
Grafico 5. SO₂ confronto con il valore guida indicato dall'OMS



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

6. O₃

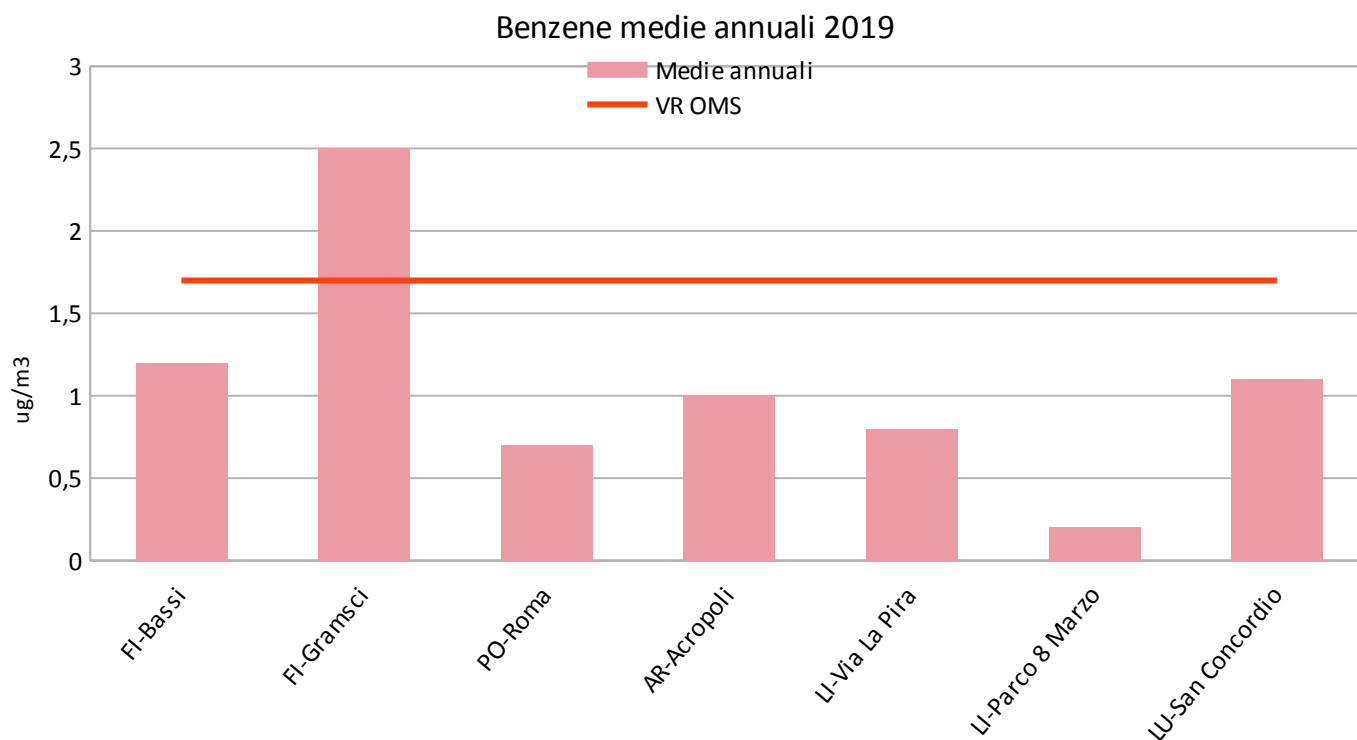
Grafico 6. Ozono confronto con il valore guida indicato dall'OMS



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 2019 il valore guida dell'OMS è stato ampiamente superato nel 100 % delle stazioni .

7. Benzene

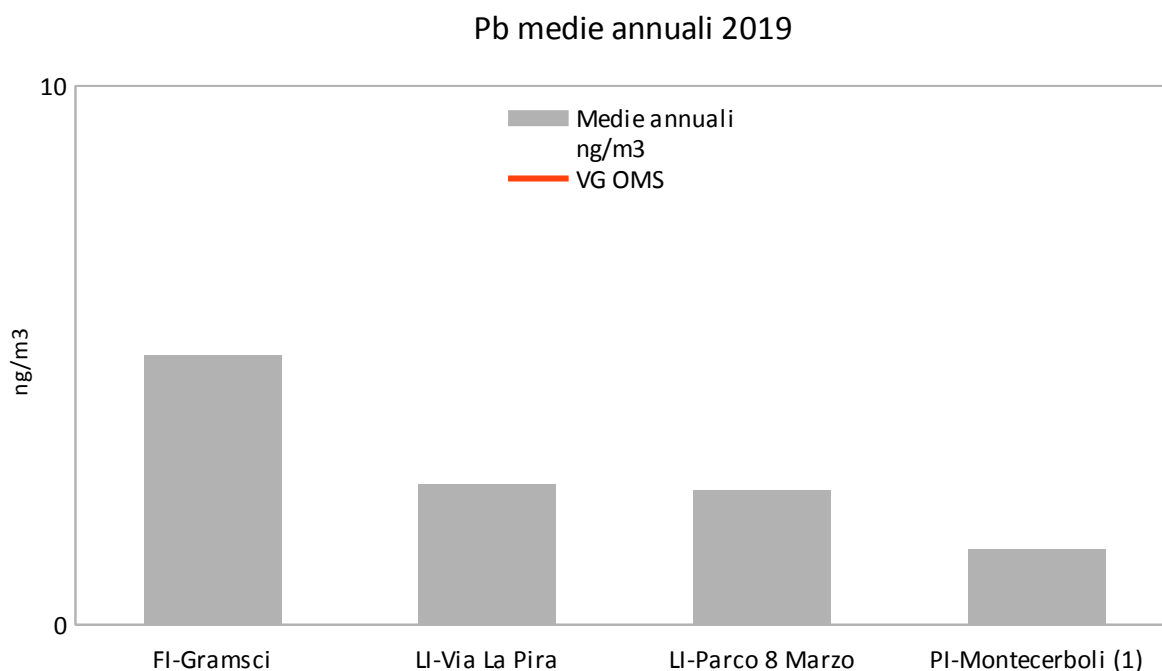
Grafico 7. Benzene confronto con il valore di riferimento indicato dall'OMS



Per il benzene il valore di riferimento dell'OMS è una media annuale di $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pari a circa un terzo del valore limite di normativa. Nel 2019 l'85% delle stazioni hanno rispettato l'indicazione dell'OMS, mentre il limite di normativa è stato rispettato dal 100 % delle stazioni di rete regionale.

8. Piombo

Grafico 8. 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 AVVEZIONI SAHARIANE ANNO 2019

Premessa

I contributi emissivi naturali riferiti alle avvezioni sahariane che hanno interessato il territorio regionale nell'anno 2019, sono stati valutati secondo gli indirizzi definiti dalla “linea guida [SEC(2011) 2008 final] per la dimostrazione e la detrazione dei superamenti attribuibili alle fonti naturali ai sensi della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa” predisposta dalla Commissione di Lavoro il 15/2/2011.

Si fa rilevare che per quanto attiene le fonti emissive naturali, l'azione umana non avrebbe potuto evitare o ridurre significativamente i contributi identificati.

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

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

Per la fase di individuazione degli episodi di avvezione, sono stati utilizzati i dati di PM10 misurati dalle stazioni di misurazione di fondo regionale di Casa Stabbi (quota: 650 slm), ubicata nel Comune di Chitignano (AR) e di Montecerboli (quota: 353 slm), ubicata nel Comune di Pomarance (PI), entrambe appartenenti alla Zona Collinare e Montana.

1. Identificazione degli episodi di intrusione sahariana

La fase di identificazione dei contributi si è basata sull'analisi dei valori medi giornalieri di PM10 rilevati dalle stazioni di fondo regionale di Casa Stabbi (Chitignano - AR) e Montecerboli (Pomarance – PI). Nell'anno 2019 sono stati misurati dalle due stazioni di misura valori medi annuali di PM10 sostanzialmente equivalenti pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Casa

Stabbi) ed a $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Montecerboli); per quanto attiene il numero di superamenti del valore limite della media giornaliera, è stato registrato un caso presso la sola stazione di misurazione di Montecerboli ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il giorno 25/4/2019) .

È stata avviata una fase di analisi preliminare sulla distribuzione dei valori medi giornalieri di PM10 misurati nell'anno 2019, elaborazione effettuata mediante il software shiny R, dal quale è stata evidenziata una distribuzione asimmetrica, caratterizzata dalla presenza di code, in particolare spostate verso i valori più elevati; l'analisi dei parametri di distribuzione ha messo in rilievo un punto di rottura nella distribuzione dopo il valore di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tale valore è stato pertanto prescelto come valore discriminante per l'attivazione delle ulteriori attività specifiche di identificazione degli eventi di avvezione.

Sono state interpretate le situazioni meteorologiche giornaliere relative ai giorni caratterizzati da valori medi giornalieri di PM10 superiori a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati in entrambe le stazioni di misurazione, ed avviate le successive elaborazioni modellistiche mediante il modello HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory, versione 4; Draxler e Rolph, 2003; <http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>) predisposto dalla NOAA (National Oceanics and Atmospheric Administration USA) attraverso l'Air Resources Laboratory. Il modello ha elaborato le retrotraiettorie riferite ai 5 giorni precedenti, rispetto al giorno di studio, previste alle ore 12 e per altezze di 750, 1500 e 2500 metri sul livello del mare.

Le conclusioni tratte dall'analisi delle retrotraiettorie, sono state convalidate dall'esame dei dati meteorologici (report mensili) registrati dal Consorzio LaMMA nel territorio regionale e dalle elaborazioni ottenute dal modello BSC-Dream

(<http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM/>) implementato presso l'Earth Sciences Division of the Barcelona Supercomputing Center, il quale restituisce, la distribuzione spaziale della concentrazione di polvere (mineral dust) prevista nel livello più basso dell'atmosfera.

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

Tabella 1 elenco episodi di avvezione anno 2019 e valori medi giornalieri PM10 stazioni di fondo regionali

DATA	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PI-MONTECERBOLI	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ AR-CASA- STABBI
24-04-2019	27	30
25-04-2019	52	26
26-04-2019	34	22
08-06-2019	26	28
09-06-2019	33	30
10-06-2019	41	39
11-06-2019	31	28
12-06-2019	20	27
14-06-2019	33	23
15-06-2019	37	34
08-08-2019	24	27
20-12-2019	18	27

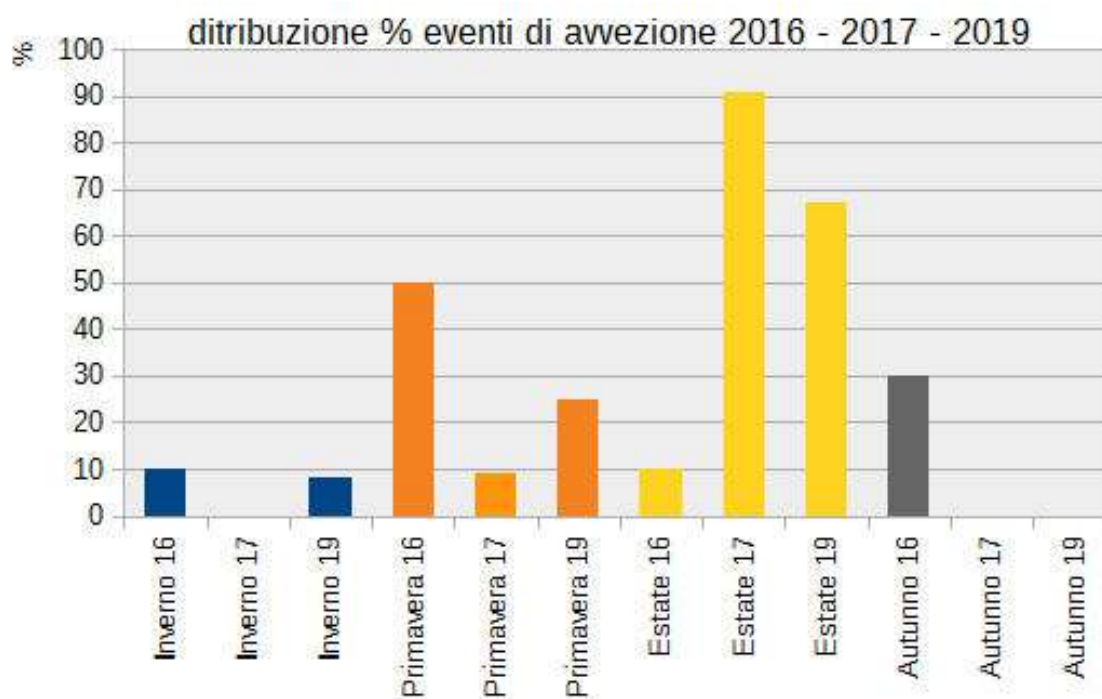
Dall'esame della tabella 1, traspare che nell'anno 2019 sono stati individuati 12 episodi significativi di avvezione sahariana, distribuiti, nella prevalenza dei casi, nella primavera e nell'estate; l'evento occorso nel mese di giugno, caratterizzato da una durata di 6 giorni, rappresenta l'evento più lungo dell'anno. Gli effetti più rilevanti di questi contributi, sono stati registrati nei giorni 24 e 25 aprile, ed il 10 e 15 giugno 2019; in corrispondenza di questi episodi sono stati registrati complessivamente 20 casi di superamento del valore limite relativo all'indicatore della media giornaliera di PM10.

Rispetto alle precedenti analisi di individuazione annuale, il numero degli episodi avvevativi dell'anno 2019 è da considerarsi comparabile a quelli degli anni precedenti (anno 2016: 10

casi; anno 2017: = 11 casi). Per quanto attiene la distribuzione temporale, gli eventi si sono verificati nella prevalenza dei casi in primavera (25 %) ed in estate (66 %); questa distribuzione presenta, da una parte, elementi di continuità a quella dell'anno 2017 e, dall'altra, di discontinuità a quella del 2016, nel quale gli episodi hanno avuto una distribuzione stagionale più ampia, riferita non solo alla stagione della primavera, ma anche all'inverno ed all'autunno. Si fa rilevare che proprio queste ultime due stagioni, sono caratterizzate da valori di PM10 più elevati dovuti ai maggiori contributi emissivi antropici.

L'elaborazione grafica presentata sotto mostra la distribuzione degli eventi di avvezione negli anni 2016-2017-2019.

Figura 1 – distribuzione stagionale % eventi avvevativi anni 2016, 2017 e 2019



Se si esaminano i dati giornalieri di materiale particolato PM2,5 misurati in occasione degli eventi avvevativi dalla rete regionale, si rileva che la percentuale di PM2,5 nel PM10 si attesta mediamente, attorno al 44 % (minimo 38 % - massimo 48 %) a fronte di una percentuale media regionale, su base annuale (anno 2019), pari al 61 %; tale valore, discretamente più basso rispetto a quello regionale dell'anno 2019, evidenzia una prevalenza della componente grossolana (frazione coarse) nella frazione PM10, condizione che si verifica tipicamente in presenza dei fenomeni di avvezione.

Le mappe relative alla distribuzione spaziale della concentrazione di polvere (mineral dust) prevista nel livello più basso dell'atmosfera elaborate dal modello BSC-Dream, hanno messo in evidenza, per tutti gli episodi avvezzivi esaminati un sostanziale interessamento dell'intero territorio regionale.

2. Quantificazione degli episodi di avvezione sahariana

In una prima fase, sono stati stimati i livelli di PM10 di fondo non affetti dagli episodi di avvezione; tale quantificazione è stata effettuata mediante l'elaborazione di indicatori statistici previsti dalla LG SEC(2011) 2008 final, quali la media delle concentrazioni di PM10 registrate nei 15 giorni ante e 15 post episodio avvezzivo, nonché il 50° percentile ed il 40 ° percentile dei 30 giorni ante episodio avvezzivo. E' da rilevare tuttavia, che il 40° percentile, è un indicatore sito specifico che riproduce la concentrazione di fondo esistente nella penisola iberica durante i giorni con prevalenti condizioni atmosferiche avvezzive. L'utilizzo di questo indicatore in altri paesi, non è stato convalidato e pertanto non si ha alcuna certezza sulla sua accuratezza. In assenza di studi specifici che identificano l'indicatore statistico che riproduce al meglio la concentrazione di fondo PM10 del territorio regionale, in relazione alle indicazioni della linea guida di cui sopra, sono stati calcolati, al fine di un utilizzo preferenziale, indicatori più conservativi, come la media delle concentrazioni di PM10 registrate durante i 15 giorni prima ed i 15 giorni dopo l'episodio di avvezione, ed il 50° percentile dei 30 giorni precedenti l'episodio avvezzivo.

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

La quantificazione del contributo sahariano per i giorni identificati, è stata effettuata per differenza fra il valore della media giornaliera di PM10 totale misurato dalle stazioni di fondo regionale esaminate ed il valore relativo al livello di fondo (senza contributi di polveri sahariane) stimato per le stesse stazioni mediante i tre indicatori statistici previsti dalla LG SEC(2011) 2008 final.

Si fa rilevare che i risultati delle verifiche 2019 sulla strumentazione di PM10 appartenente alla rete regionale effettuate come ON GOING, hanno evidenziato un valore di incertezza al valore limite per la media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pari al 15,6 %.

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

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

Data	Montecerboli media giornaliera	Casa Stabbi media giornaliera	Montecerboli valore fondo (40° perc. 30 gg ante evento)	Casa Stabbi valore fondo (40° perc. 30 gg ante evento)	Contributo sahariano Montecerbo li	Contributo sahariano Casa Stabbi
24-04-2019	27	30	9	9	18	21
25-04-2019	52	26	9	9	43	17
26-04-2019	34	22	9	9	25	13
08-06-2019	26	28	6	6	20	22
09-06-2019	33	30	6	6	27	24
10-06-2019	41	39	6	6	35	33
11-06-2019	31	28	6	6	25	22
12-06-2019	20	27	7	7	13	20
14-06-2019	33	23	8	8	25	15
15-06-2019	37	34	8	8	29	26
08-08-2019	24	27	11	8	13	19
20-12-2019	18	27	9	6	9	21

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

Data	Montecerboli media giornaliera	Casa Stabbi media giornaliera	Montecerboli valore fondo (media 15 gg prec e 15 gg post evento)	Casa Stabbi valore fondo (media 15 gg perc e 15 gg post evento)	Contributo sahariano Montecerboli	Contributo sahariano Casa Stabbi
24-04-2019	27	30	11	9	16	21
25-04-2019	52	26	10	10	42	16
26-04-2019	34	22	11	10	23	12
08-06-2019	26	28	16	14	10	14
09-06-2019	33	30	16	14	17	16
10-06-2019	41	39	15	14	26	25
11-06-2019	31	28	16	14	15	14
12-06-2019	20	27	17	15	3	12
14-06-2019	33	23	17	16	16	7
15-06-2019	37	34	17	15	20	19
08-08-2019	24	27	12	10	12	17
20-12-2019	18	27	11	7	7	20

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

Data	Montecerboli media giornaliera	Casa Stabbi media giornaliera	Montecerboli valore fondo (50° Perc. 30 gg ante evento)	Casa Stabbi valore fondo (50° Perc. 30 gg ante evento)	Contributo sahariano Montecerboli	Contributo sahariano Casa Stabbi
24-04-2019	27	30	10	10	17	20
25-04-2019	52	26	10	10	42	16
26-04-2019	34	22	10	10	24	12
08-06-2019	26	28	7	7	19	21
09-06-2019	33	30	7	7	26	23
10-06-2019	41	39	7	8	34	31
11-06-2019	31	28	8	8	23	20
12-06-2019	20	27	8	8	12	19
14-06-2019	33	23	9	8	24	15
15-06-2019	37	34	9	8	28	26
08-08-2019	24	27	12	9	12	18
20-12-2019	18	27	10	6	8	21

Sono presentate inoltre le elaborazioni grafiche relative ai contributi naturali giornalieri al materiale particolato PM10 stimati per le stazioni rurali di Pi Montecerboli e Ar Casa Stabbi riferiti ai principali eventi avvevativi individuati nell'anno 2019 a partire dai livelli di fondo calcolati con gli indicatori della media dei 15 giorni precedenti e dei 15 giorni successivi all'evento avvevativo e del 50° Percentile dei 30 giorni precedenti l'evento avvevativo.

Grafico 2 – contributi sahariani giornalieri stimati al PM10 anno 2019 stazioni PI Montecerboli e AR Casa Stabbi – livello di fondo calcolato con indicatore media 15 giorni ante e post evento avvevivo.

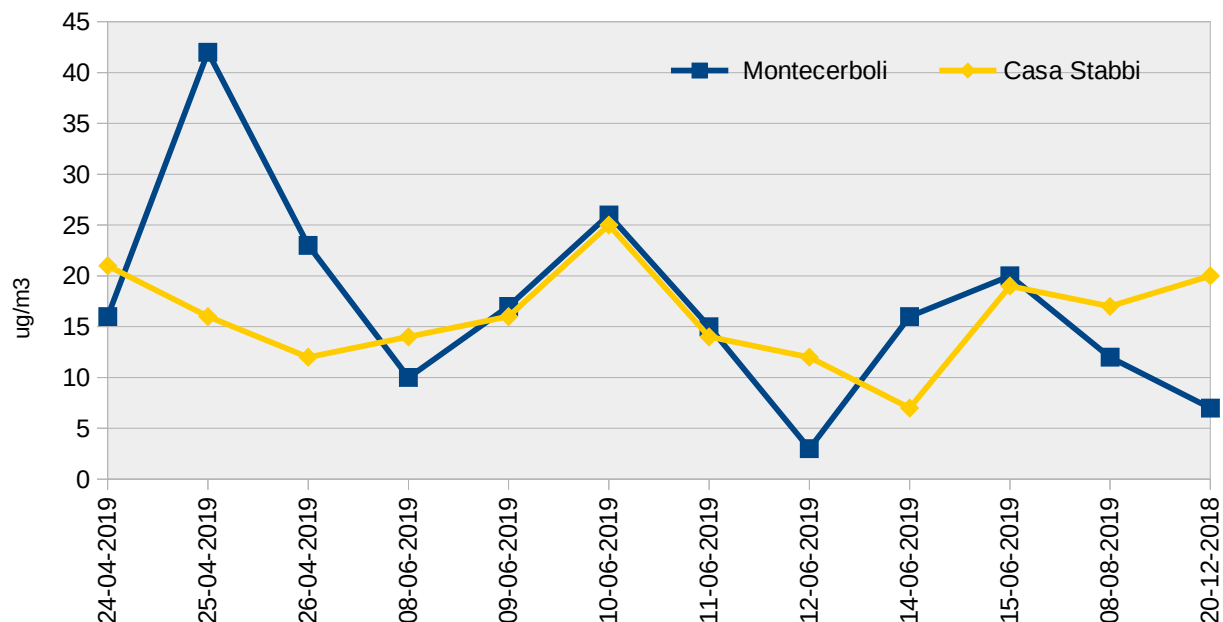
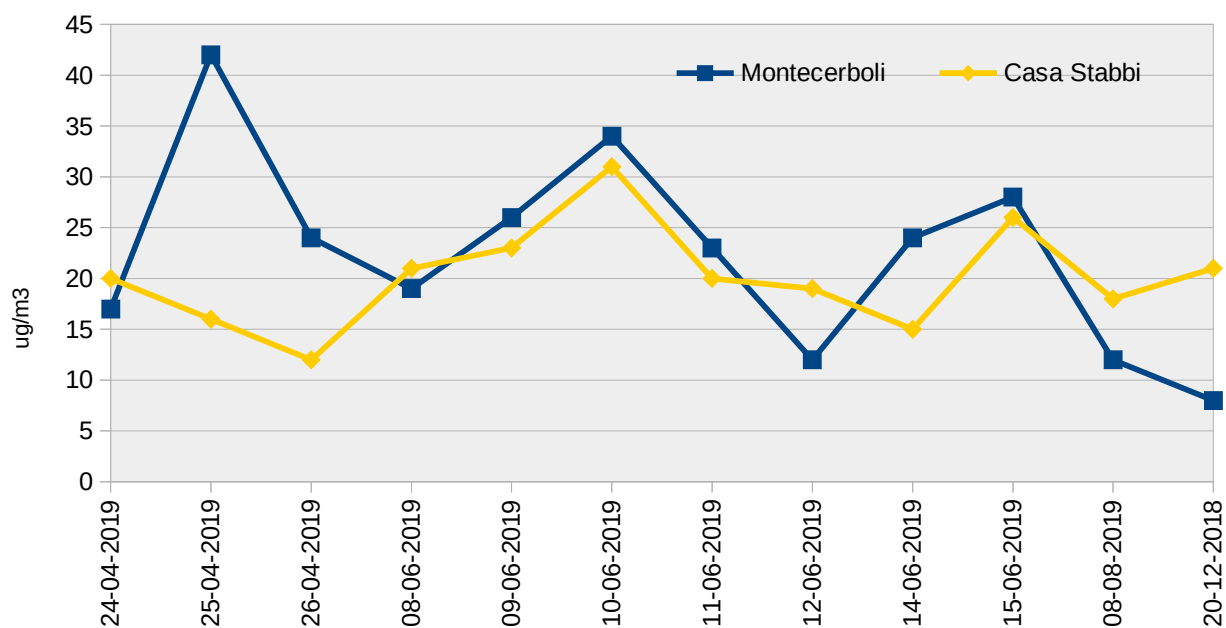


Grafico 3 – contributi sahariani giornalieri stimati al PM10 anno 2019 stazioni PI Montecerboli e AR Casa Stabbi - livello di fondo calcolato con indicatore 50° Percentile 30 giorni precedenti l'evento avvevivo.



Dall'esame dei dati mostrati nelle tabelle 2, 3 e 4 e dalle relative elaborazioni grafiche, traspare che i livelli di fondo stimati per le due stazioni sono sostanzialmente equivalenti. Dall'esame dei contributi naturali percentuali giornalieri si rileva che la stazione di Montecerboli, tendenzialmente presenta contributi minimi più bassi rispetto a Casa Stabbi. Se si esaminano ad esempio i contributi giornalieri calcolati a partire dai valori di fondo elaborati con l'indicatore della media dei 15 giorni prima e dopo l'evento avveztivo, si osservano per la stazione di Montecerboli presenta valori compresi fra il 15 e l'81 % rispetto alla concentrazione di PM10 totale (valore medio del 51 %); relativamente alla stazione di Casa Stabbi i contributi giornalieri oscillano tra il 30 e il 74 % rispetto alla concentrazione totale di PM10 (valore medio 56 %). Questi valori risultano in linea con quanto riportato nella Linea Guida della Commissione di lavoro nel quale è indicato che la polvere sahariana, può contribuire più del 60 % alla concentrazione giornaliera totale di PM10 nei paesi del Mediterraneo nel corso di un evento di forte inquinamento da polveri. Il sito di Casa Stabbi risulterebbe pertanto più sensibile agli episodi di avvezione; questa affermazione sarebbe coerente al fatto che i contributi variano con l'altezza e che spesso le masse d'aria con un carico di polvere sahariana possono mostrare concentrazioni più elevate negli strati superiori della troposfera. Effettivamente la quota del sito di Casa Stabbi (650 slm) risulta più elevata rispetto a quella Montecerboli (353 slm),

3. Sottrazione dei contributi stimati

La sottrazione dei contributi si riferisce al carico di polvere sahariana giornaliera netta determinato nelle stazioni di fondo regionale in corrispondenza dei giorni nel quale è stato individuato l'episodio di intrusione sahariana.

Come già indicato nella fase di individuazione degli episodi di avvezione, le elaborazioni modellistiche effettuate con BSC-dream hanno evidenziato, per i giorni analizzati, un ampio interessamento del territorio regionale per i quali sono stati registrati dalle stazioni di rete regionale, 20 casi di superamento del valore limite per l'indicatore della media giornaliera di PM10.

La tabella mostrata nella pagina successiva presenta i superamenti dell'indicatore della media giornaliera di PM10 registrati durante i dodici significativi eventi avveztivi individuati nell'anno 2019.

Tabella 5 – 2019 concentrazioni medie giornaliere PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) superiori al Valore Limite ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in corrispondenza degli episodi avvevativi

Data	Gr - Sonnino	Gr - URSS	Li - Cotone	Li - VIII III	Li - Carducci	Pi - Borghetto	Pi - Montecerboli	Ms - Marina Vecchia	Pi - Santa Croce	Lu - Micheleetto	Si - Bracci	Fi - Gramsci	Fi - Mosse	Po - Ferrucci
24-04-2019	71	56	65	58										
25-04-2019	64	53	61	55	54	53	52			53	55			
26-04-2019														
08-06-2019														
09-06-2019														
10-06-2019	56							51	52			52		51
11-06-2019														
12-06-2019														
14-06-2019														
15-06-2019						55							53	
08-08-2019														
20-12-2019														

L'esame della tabella 5 evidenzia contributi naturali più significativi per le stazioni ubicate nella costa meridionale della regione, in particolare per la stazione traffico di Gr Sonnino, per la quale sono registrati tre casi di superamento del valore limite previsto per l'indicatore della media giornaliera.

In merito al numero di superamenti del Valore Limite dell'indicatore della media giornaliera di PM10 dell'intera rete regionale nel 2019, è da considerare che l'unica stazione di misurazione difforme ai casi ammessi all'anno risulta essere quella di Lu – Capannori; si osserva però dalla tabella 5, che tale stazione non ha presentato superamenti del medesimo indicatore in corrispondenza agli episodi avvevativi.

Conclusioni

L'analisi degli episodi avvettivi 2019 ha evidenziato dodici principali casi di contributi naturali sahariani per il materiale particolato PM10 in aria ambiente, per i quali sono stati registrati in corrispondenza, 20 casi di superamento del valore limite relativo all'indicatore della media giornaliera; sotto il profilo spaziale, gli episodi sono occorsi prevalentemente nella costa meridionale del territorio regionale. La metodologia di stima prevista dalla LG [SEC(2011) 2008 final] ha messo in rilievo contributi percentuali giornalieri medi fra il 51 (Pi – Montecerboli) ed il 56 % (Ar – Casa Stabbi) rispetto al valore medio giornaliero di PM10 totale (contributo stimato a partire dai livelli di fondo calcolati con l'indicatore della media 15 giorni precedenti e successivi all'evento avvettivo); complessivamente il contributo medio giornaliero stimato per gli episodi avvettivi individuati si attesta su 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In relazione a tale contesto, si valuta che se da una parte risulterebbe appropriata l'applicazione della detrazione dei contributi naturali secondo la linea guida in oggetto, dall'altra, si rileva che la sottrazione non determinerebbe variazioni al quadro regionale relativo alla valutazione di conformità al valore limite per l'indicatore della media giornaliera PM10 per il 2019, giacché l'unica stazione difforme (Lu – Capannori), non presenta casi di superamento al limite in corrispondenza degli episodi avvettivi individuati con l'analisi in oggetto.