



# RELAZIONE ANNUALE SULLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN TOSCANA

## MONITORAGGIO 2021

CRTQA  
Centro Regionale  
per la Tutela  
della Qualità dell'Aria



# RELAZIONE ANNUALE SULLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN TOSCANA

## MONITORAGGIO 2021

CRTQA  
Centro Regionale  
per la Tutela  
della Qualità dell'Aria

Firenze, 2022

## Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria in Toscana - Monitoraggio 2021

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

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

Autori:

Fiammetta Dini, Elisa Bini, Tiziana Cecconi, Chiara Collaveri, Dennis Dalle Mura,  
Stefano Fortunato, Roberto Fruzzetti, David Magliacani, Marina Rosato,  
Marco Stefanelli, Guglielmo Tanganelli

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

Marco Bazzani - *ARPAT - Settore Sistema informativo regionale ambientale*

Ha collaborato: il Settore Laboratorio dell'Area Vasta Centro per la determinazione di metalli e IPA.

Firenze, 2022

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

Foto di copertina: ARPAT

ARPAT 2022



**ARPAT - Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana**

Via del Ponte alle Mosse 211 - 50144 Firenze - tel. 055 32061

[www.arpat.toscana.it](http://www.arpat.toscana.it)



## SINTESI

*Il panorama dello stato della qualità dell'aria ambiente della 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, conferma una situazione complessivamente positiva, come avviene ormai da diversi anni.*

*La criticità più evidente si conferma nel rispetto dei valori obiettivo per l'ozono che, nonostante negli ultimi due anni siano stati registrati valori nettamente inferiori alle stagioni precedenti, non sono attualmente raggiunti in gran parte del territorio.*

*Si confermano inoltre alcune criticità per PM10 e NO<sub>2</sub> per i quali il rispetto dei limiti non è ancora stato pienamente raggiunto.*

**PM10:** *il limite di 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> è stato rispettato in tutti i siti eccetto in una stazione di fondo della Zona del Valdarno Pisano e Piana Lucchese, mentre il limite di 40 µg/m<sup>3</sup> come media annuale è rispettato in tutte le stazioni.*

**PM2,5:** *il limite normativo di 25 µg/m<sup>3</sup> come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale.*

**NO<sub>2</sub>:** *il valore limite di 40 µg/m<sup>3</sup> come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni eccetto che in una delle due stazioni di traffico dell'Agglomerato di Firenze, mentre il limite massimo di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m<sup>3</sup> è stato rispettato in tutte le stazioni; nel 2021, inoltre, non si è verificato alcun episodio di superamento della soglia di allarme.*

**Ozono:** *è confermata la criticità di questo parametro per entrambi i valori obiettivo che non sono stati raggiunti, rispettivamente, nel 40% delle stazioni per il valore obiettivo per la protezione della popolazione e nel 60% delle stazioni per il valore obiettivo per la protezione della vegetazione.*

**CO, SO<sub>2</sub> e benzene:** *Il monitoraggio relativo al 2021 ha confermato l'assenza di criticità e il pieno rispetto dei valori limite.*

**H<sub>2</sub>S:** *I valori registrati presso le stazioni della Rete Regionale sono ampiamente inferiori al valore di riferimento dell'OMS-WHO per entrambi i siti di monitoraggio. Per quanto riguarda il disagio olfattivo, la percentuale delle ore in cui i livelli di concentrazione potrebbero aver dato luogo ad episodi di tale disagio è stata contenuta in entrambi i siti.*

**Benzo(a)pyrene :** *il monitoraggio relativo al 2021 ha confermato il pieno rispetto dei valori obiettivo per Benzo(a)pyrene.*

**Metalli pesanti:** *il monitoraggio relativo al 2021 ha confermato l'assenza di criticità per arsenico, cadmio, nichel e piombo ed il pieno rispetto dei valori obiettivo per arsenico, nichel e cadmio, oltre al rispetto del valore limite per il piombo.*

## Indice

<b>SEZIONE 1 - RETE REGIONALE.....</b>	<b>6</b>
<b>1. STRUTTURA DELLA RETE DI RILEVAMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>2. EFFICIENZA DELLA RETE DI RILEVAMENTO.....</b>	<b>9</b>
<b>3. MATERIALI E METODI.....</b>	<b>11</b>
3.1. Monitoraggio tramite Rete Regionale di qualità dell'aria.....	11
<b>4. DATI RILEVATI NELL'ANNO 2021. VALORI DEGLI INDICATORI PER GLI INQUINANTI RILEVATI DALLE STAZIONI DI RETE REGIONALE E CONFRONTO CON I VALORI LIMITE.....</b>	<b>12</b>
4.1. Particolato PM10.....	12
4.2. Particolato PM2,5.....	37
4.3. NO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub> .....	48
4.4. Ozono.....	63
4.5. CO.....	71
4.6. SO <sub>2</sub> .....	74
4.7. H <sub>2</sub> S.....	76
4.8. Benzene.....	82
<b>5. INQUINANTI RILEVATI CON CAMPAGNE DISCONTINUE: INDICATORI E CONFRONTO CON IL VALORE LIMITE O OBIETTIVO, ANNO 2021.....</b>	<b>95</b>
5.1. Benzo(a)pyrene nel PM10.....	96
5.2. Altri 6 congeneri IPA nel PM10.....	101
5.3. Metalli pesanti (As, Cd, Ni e Pb) nel PM10.....	109
<b>6. CONCLUSIONI DEL MONITORAGGIO DELLE STAZIONI DI RETE REGIONALE RELATIVO ALL'ANNO 2021.....</b>	<b>116</b>
<b>SEZIONE 2 - MONITORAGGIO DI INTERESSE NON REGIONALE.....</b>	<b>117</b>
<b>Allegato 1: Tabelle dei percentili.....</b>	<b>125</b>
<b>Allegato 2: Limiti normativi.....</b>	<b>129</b>
<b>Allegato 3: Confronto con i valori guida OMS.....</b>	<b>132</b>
<b>Allegato 4: Analisi avvezioni di polveri anno 2021.....</b>	<b>151</b>

## **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 dell'allegato C della Delibera n. 964 del 12 ottobre 2015. Nel corso del 2021 la Regione Toscana ha rivalutato la configurazione della RRQA alla luce dei risultati del monitoraggio degli ultimi 5 anni apportando alcune modifiche che saranno però effettive a partire dal 2022.

Nel 2021, le 37 le stazioni previste dalla Delibera n. 964/2015 hanno funzionato a pieno regime, monitorando i parametri riportati nelle seguenti figure e tabella.

Figura 1.1. Zonizzazione e stazioni di RR per inquinanti all.V del D.Lgs 155/2010      Figura 1.2. Zonizzazione e stazioni di RR per ozono

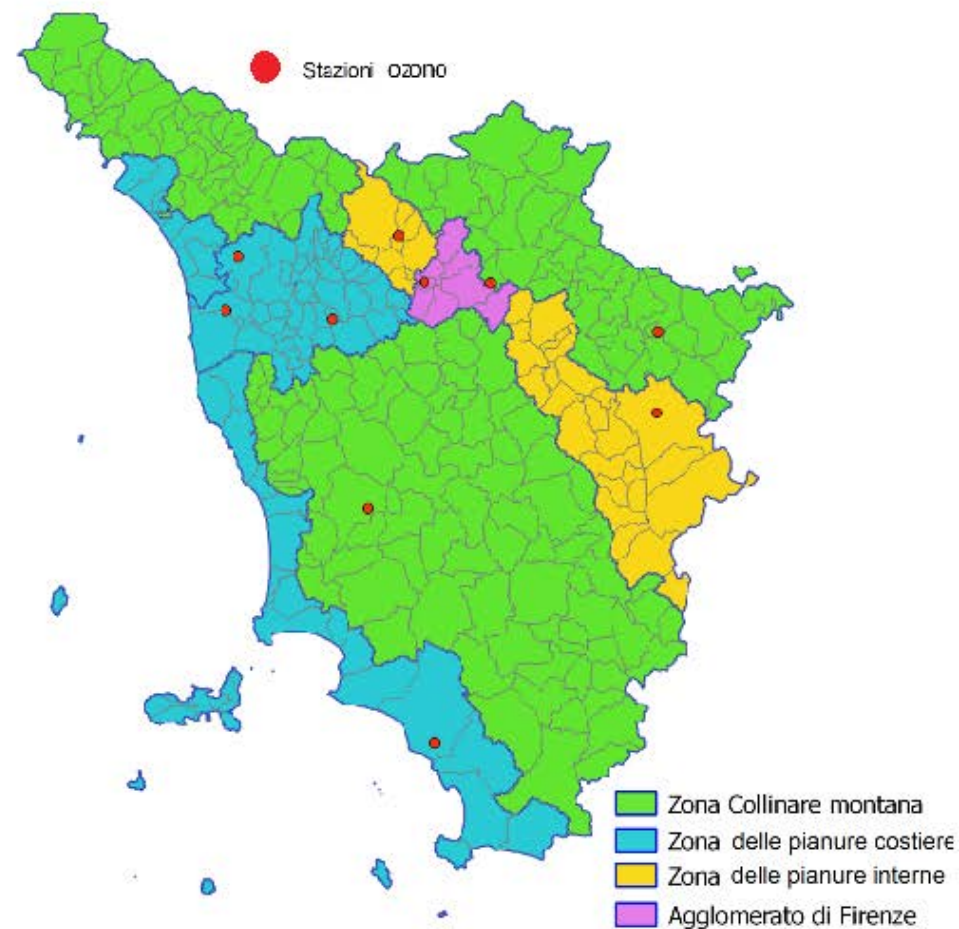
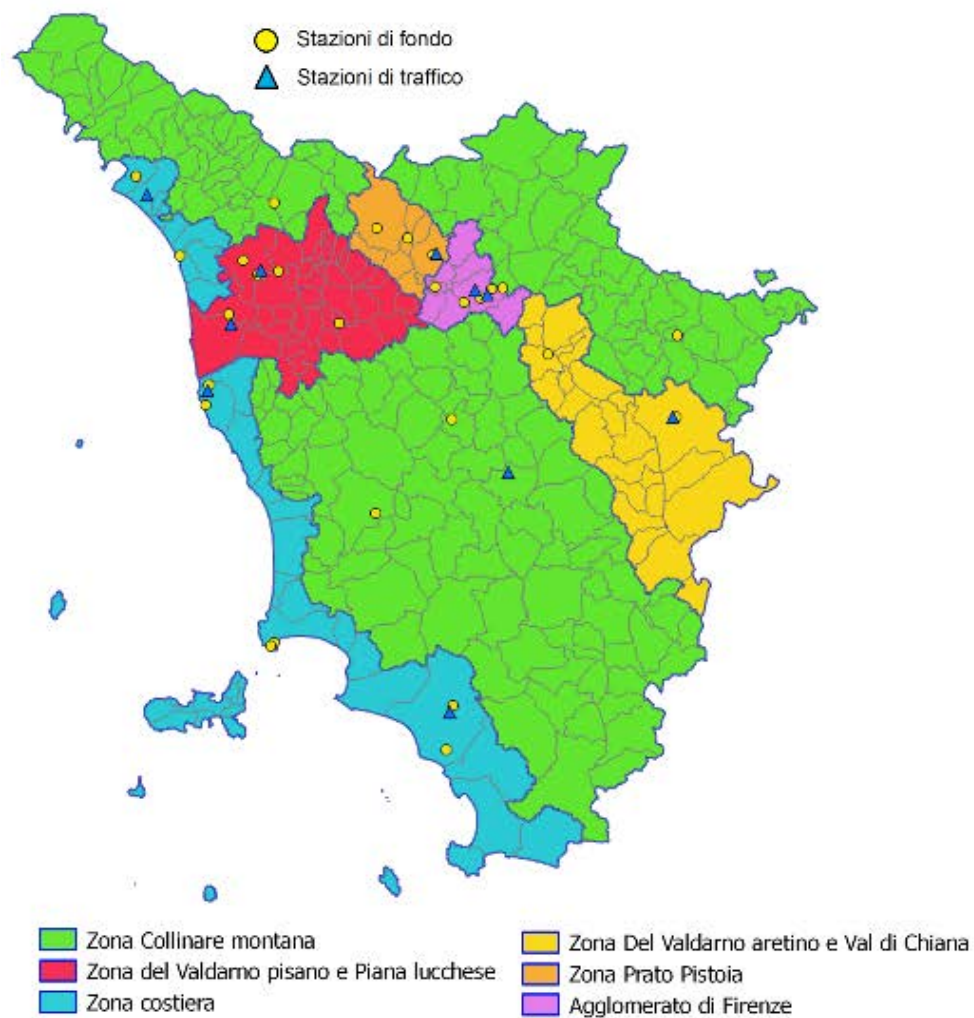


Tabella 1.1. Rete Regionale delle stazioni di misura degli inquinanti

Zonizzazione territorio Regione Toscana rel.inq. All V	Class. Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> o H <sub>2</sub> S	CO	Benze ne	IPA	As	Ni	Cd	Pb	O <sub>3</sub>	Class. Zona Ozono	Zonizzazione territorio Regione Toscana O <sub>3</sub>
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-Boboli	X													
	U	F	FI	Firenze	FI-Bassi	X	X	X	X		X	X							
	U	T	FI	Firenze	FI-Gramsci	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			
	U	T	FI	Firenze	FI-Mosse	X		X											
	U	F	FI	Scandicci	FI-Scandicci	X		X											
	U	F	FI	Signa	FI-Signa	X		X									X	U	
	S	F	FI	Firenze	FI-Settignano			X									X	S	
Zona Prato Pistoia	U	F	PO	Prato	PO-Roma	X	X	X			X	X	X	X	X	X			
	U	T	PO	Prato	PO-Ferrucci	X	X	X		X									
	U	F	PT	Pistoia	PT-Signorelli	X		X											
	S	F	PT	Montale	PT-Montale	X	X	X									X	S	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropoli	X	X	X			X	X	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									
	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	X	X	X											
Zona costiera	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	T	LI	Livorno	LI-Carducci	X	X	X		X									
	U	F	LI	Livorno	LI-Via La Pira	X		X	X		X	X	X	X	X	X			
	S	I	LI	Piombino	LI-Cotone	X		X		X									
	U	F	LI	Piombino	LI-Parco 8 Marzo	X		X			X	X	X	X	X	X			
	U	F	MS	Carrara	MS-Colombarotto	X		X											
	U	T	MS	Massa	MS-Marina vecchia	X	X	X											
	U	F	LU	Viareggio	LU-Viareggio	X	X	X											
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	U	F	LU	Capannori	LU-Capannori	X	X	X	X										
	U	F	LU	Lucca	LU-San Concordio	X		X			X	X	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									
	S	F	PI	S.Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	X		X	X(1)								X	S	
Zona collinare e montana	S	F	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	X		X	X(1)				X	X	X	X	X	S	
	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	X		X									X	R	
	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	X	X	X				X							
	U	T	SI	Siena	SI-Bracci	X		X		X									
	U	F	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	X		X											

Legenda: **F** - Fondo, **T** - Traffico, **I** - Industriale, **U** - Urbana, **S** - Suburbana, **R** - Rurale, **R reg** – Rurale fondo regionale; (1) misura di H<sub>2</sub>S e non SO<sub>2</sub> ;

**(x)** parametro non ancora ufficializzato ma previsto nella RR in fase di approvazione e monitorato nel 2021



## 2. EFFICIENZA DELLA RETE DI RILEVAMENTO

Nelle tabelle seguenti si riporta la raccolta minima dei dati relativa all'anno 2021 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). Sono riportate anche le percentuali di copertura per il campionamento del B(a)P, che per normativa deve essere analizzato su campioni di PM10 con un minimo del 33%; dei metalli As, Cd e Ni, che per normativa devono essere analizzati su campioni di PM10 con un minimo di 50% di copertura, e del Piombo, che necessita del 90% di copertura nelle postazioni di traffico.

Tabella 2.1. Raccolta dei dati - Rete Regionale anno 2021

Zonizzazione territorio inquinanti All V	Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> o H <sub>2</sub> S	CO	Benzene	B(a)P +6 congeneri	As	Ni	Cd	Pb	O <sub>3</sub>	Class. Ozono	Zonizzazione territorio per l' O <sub>3</sub>
Agglomerato Firenze	U	F	FI	Firenze	FI-Boboli	100			90,2										Agglomerato Firenze
	U	F	FI	Firenze	FI-Bassi	95,7	96	97			96,8	44							
	U	T	FI	Firenze	FI-Gramsci	100	100	99,8		98	99,2	47	90	90	90	90			
	U	T	FI	Firenze	FI-Mosse	100		99,7											
	U	F	FI	Scandicci	FI-Scandicci	98,9		100											
	U	F	FI	Signa	FI-Signa	100		100									95,1	U	
	S	F	FI	Firenze	FI-Settignano			99,9									95	S	
Zona Prato Pistoia	U	F	PO	Prato	PO-Roma	100	100	98,9			98,8	46	66	66	66	66			Zona delle Pianure interne
	U	T	PO	Prato	PO-Ferrucci	99,5	99,5	100		100									
	U	F	PT	Pistoia	PT-Signorelli	99,8		99,8											
	S	F	PT	Montale	PT-Montale	96,6	96,6	97,4									94	S	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	U	F	AR	Arezzo	AR-Acropolì	100	100	99,9			96,3	50	50	50	50	50	95,1	S	
	U	F	FI	Figline ed Incisa Valdarno	FI-Figline	100		100											Zona pianure costiere
	U	T	AR	Arezzo	AR-Repubblica	100		99,7		98									
	U	F	GR	Grosseto	GR-URSS	100	100	97,6											
Zona costiera	U	T	GR	Grosseto	GR-Sonnino	100		100											
	R	F	GR	Grosseto	GR-Maremma			90,1									92,3	R	
	U	F	LI	Livorno	LI-Cappiello	100	100	100											
	U	T	LI	Livorno	LI-Carducci	100	100	98,6		98									
	U	F	LI	Livorno	LI-Via La Pira	99,5		100	98,4		99,8	55	68	68	68	68			
	S	I	LI	Piombino	LI-Cotone	100		99		99									
	U	F	LI	Piombino	LI-Parco 8 Marzo	100		99,8			100	54	54	54	54	54			
	U	F	MS	Carrara	MS-Colombarotto	100		99,4											
	U	T	MS	Massa	MS-Marina vecchia	100	100	98,3											
	U	F	LU	Viareggio	LU-Viareggio	100	100	99,6											
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	U	F	LU	Capannori	LU-Capannori	100	100	100	100			98							Zona collinare e montana
	U	F	LU	Lucca	LU-San Concordio	100		100			97,9	46	52	52	52	52			
	U	T	LU	Lucca	LU-Micheletto	100		98,8											
	R	F	LU	Lucca	LU-Carignano			98,6									94,8	S	
	U	F	PI	Pisa	PI-Passi	100	100	95,1									95,3	S	
	U	T	PI	Pisa	PI-Borghetto	100	100	99,4		98									
	S	F	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce(1)	100		100	99,2								95,2	S	
	S	F	PI	Pomarance	PI-Montecerboli (1)	100		98,9	98,9				54	54	54	54	93,9	S	
Zona collinare e montana	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	96		99,7									94,6	R	
	U	F	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	100	100	98,4				48							
	U	T	SI	Siena	SI-Bracci	100		99,7		100									
	U	F	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	100		98,4											

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

(1) stazione con misura di H<sub>2</sub>S e non SO<sub>2</sub>

### 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 <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub>	UNI EN 14211:2012	D.Lgs.155/2010Allegato IV
CO	UNI EN 14626:2012	D.Lgs.155/2010Allegato IV
SO <sub>2</sub>	UNI EN 14212:2012	D.Lgs.155/2010Allegato IV
H <sub>2</sub> S	UNI EN 14212:2012	Metodo per SO <sub>2</sub> 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)pyrene	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 2021. 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 2021 dalle stazioni di Rete Regionale. I valori degli indicatori sono valutati rispetto al D.Lgs.155/2010 e rispetto ai valori guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)<sup>1</sup>, 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, 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 per il PM10 (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) sono stati confrontati con gli indicatori elaborati sui valori giornalieri validi dell'anno 2021.

Il valore limite relativo all'indicatore della media annuale di PM10 di 40 µg/m<sup>3</sup>, come già avviene da diversi anni consecutivi, è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale anche nel 2021.

---

<sup>1</sup> WHO-World Health Organisation global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Tabella 4.1.1. PM10 - Indicatori relativi alle stazioni di Rete Regionale anno 2021

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	5	35	17	40	
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	4		18		
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	7		22		
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	8		21		
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	8		19		
	UF	FI	Signa	FI-Signa	14		20		
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	14		22		
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	10		20		
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	8		19		
	SF	PT	Montale	PT-Montale	18		22		
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	1		17		
	UF	FI	Figline e Incisa Valdarno	FI-Figline	7		20		
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	10		22		
Zona costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0		16		
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	0		23		
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		16		
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	0		20		
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0		17		
	SI	LI	Piombino	Li-Cotone	0		16		
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0		18		
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	1		20		
	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	1		21		
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	11		24		
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	44		29		
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	13		23		
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	19		26		
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	4		19		
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	5		22		
	SF	PI	Santa Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	18		24		
Zona collinare e montana	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0		11		
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0		9		
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0		18		
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	0		17		
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	6		22		
Media annuale di PM10 complessiva della Rete Regionale (esclus la Rreg F)							20,0		
Media annuale di PM10 stazioni di tipo fondo							19,7		
Media annuale di PM10 stazioni di tipo traffico							21,4		



La concentrazione media regionale registrata nel 2021 è stata pari a  $20,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con media registrata presso le stazioni di traffico pari a  $21,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e media delle stazioni di fondo pari a  $19,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Analogamente a quanto riscontrato nel 2020, anche nel 2021 la massima media annuale di PM10 è stata registrata presso la stazione di fondo del comune di Capannori con media pari a  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre le medie delle altre stazioni di fondo sono tutte nettamente inferiori, con valori compresi tra 9 e  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tra le stazioni di traffico la media più elevata è stata registrata presso il sito di LU-Micheletto con  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , nettamente superiore alle concentrazioni delle altre stazioni che sono tutte comprese tra 20 e  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , eccetto la media annuale della stazione di SI-Bracci che nel 2021 è stata di  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

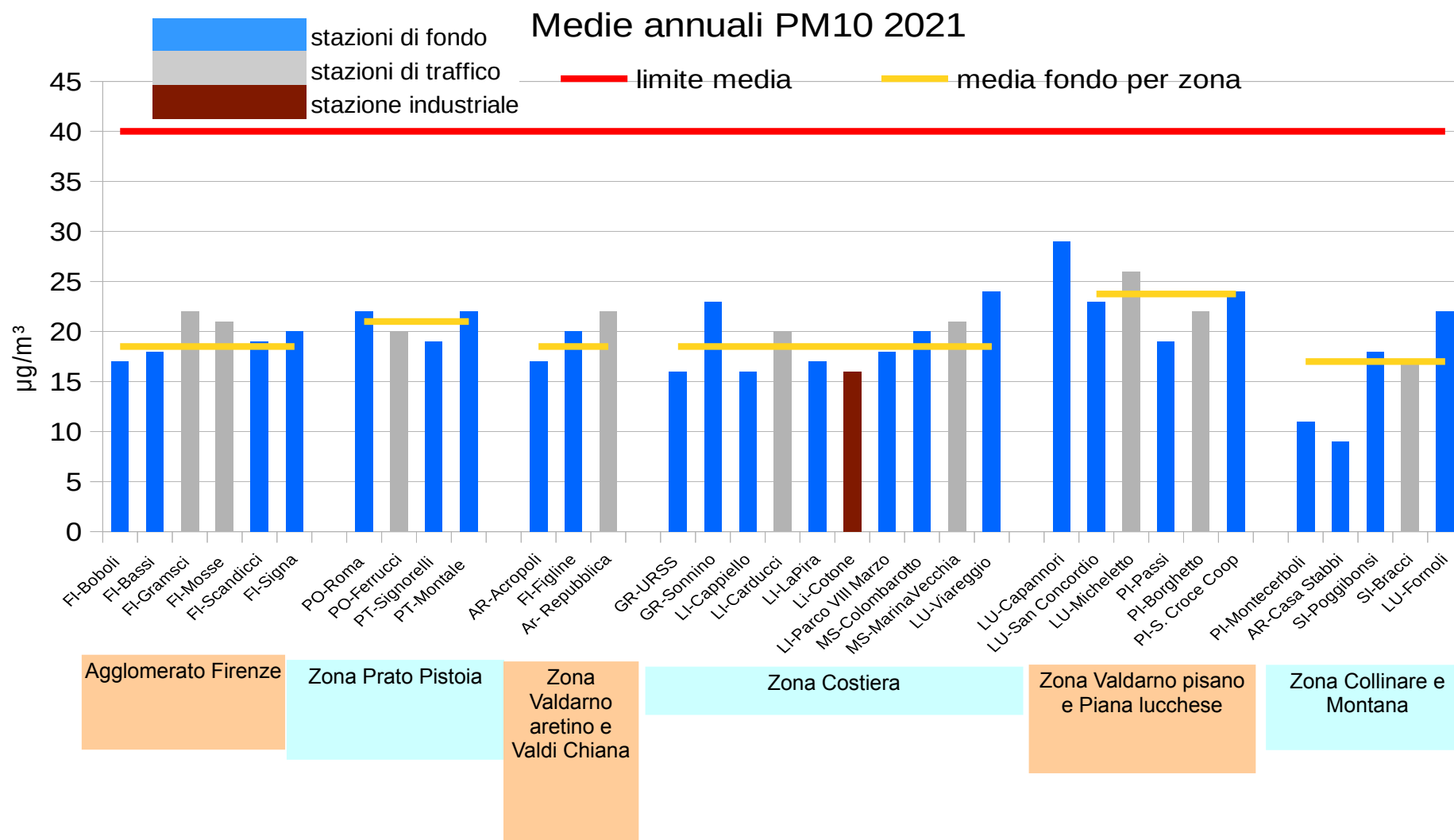
Anche nel 2021, come da diversi anni consecutivi, il limite relativo al numero di 35 superamenti della media giornaliera di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è stato rispettato in tutte le stazioni, eccetto che per la stazione di fondo di LU-Capannori, presso la quale si sono verificati 44 eventi, al netto degli episodi di superamento per trasporto massivo di polveri da sorgenti naturali. Presso tutti gli altri siti di rilevamento il numero di eventi con concentrazione media giornaliera superiore a 50 è stato di gran lunga inferiore, con un massimo di 19 eventi presso la stazione di traffico di LU- Micheletto.

Si precisa che i dati medi riportati in tabella 4.1.1. e discussi sono calcolati su tutti i valori medi giornalieri comprensivi dei contributi dati dalle fonti naturali, mentre il numero di superamenti delle medie giornaliere di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è stato calcolato al netto del contributo dei fenomeni avvevativi di polveri da attribuire a fonti naturali (vedi Allegato 4). Questi contributi non sono stati considerati nel calcolo del numero di superamenti, come previsto dall'applicazione della normativa europea.

**Tabella 4.1.1bis. PM10 - N° superamenti al netto e al lordo del contributo da fonti naturali, stazioni di Rete Regionale anno 2021**

Anno 2021			N° medie giornaliere > 50 µg/m <sup>3</sup>		
Zona	Class.	Nome stazione	Superamenti al netto del contributo naturale	Superamenti causati da contributo naturale	Superamenti totali al lordo del contributo naturale
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Boboli	5	3	8
	UF	FI-Bassi	4	3	7
	UT	FI-Gramsci	7	3	10
	UT	FI-Mosse	8	4	12
	UF	FI-Scandicci	8	3	11
	UF	FI-Signa	14	3	17
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	14	4	18
	UT	PO-Ferrucci	10	4	14
	UF	PT-Signorelli	8	4	12
	SF	PT-Montale	18	4	22
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	1	2	3
	UF	FI-Figline	7	4	11
	UT	AR-Repubblica	10	5	15
Zona Costiera	UF	GR-URSS	0	0	0
	UT	GR-Sonnino	0	3	3
	UF	LI-Cappiello	0	1	1
	UT	LI-Carducci	0	1	1
	UF	LI-LaPira	0	1	1
	SI	LI-Cotone	0	1	1
	UF	LI-Parco VIII Marzo	0	1	1
	UF	MS-Colombarotto	1	3	4
	UT	MS-MarinaVecchia	1	5	6
	UF	LU-Viareggio	11	3	14
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-Capannori	44	6	50
	UT	LU-Micheletto	13	4	17
	UF	LU-San Concordio	19	5	24
	UF	PI-Passi	4	1	5
	UT	PI-Borghetto	5	1	6
	SF	PI-Santa Croce	18	4	22
Zona collinare e montana	SF	PI-Montecerboli	0	2	2
	R regF	AR-Casa Stabbi	0	1	1
	UF	SI-Poggibonsi	0	3	3
	UT	SI-Bracci	0	4	4
	UF	LU-Fornoli	6	3	9

Grafico 4.1.1. PM10 – Medie annuali anno 2021

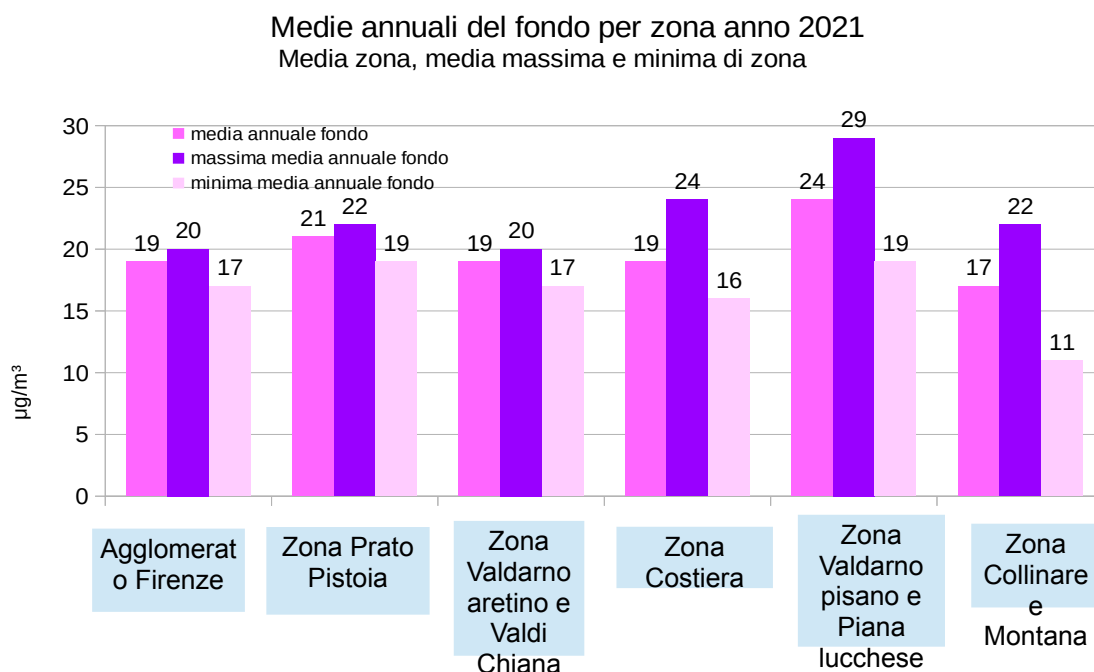


Dal grafico emerge che le medie annuali delle concentrazioni di fondo di PM10 sono state pressochè simili in gran parte del territorio, eccetto che nella Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese, dove la media di zona è nettamente superiore al resto del territorio toscano.

Le medie del fondo registrate nel 2021 sono state:

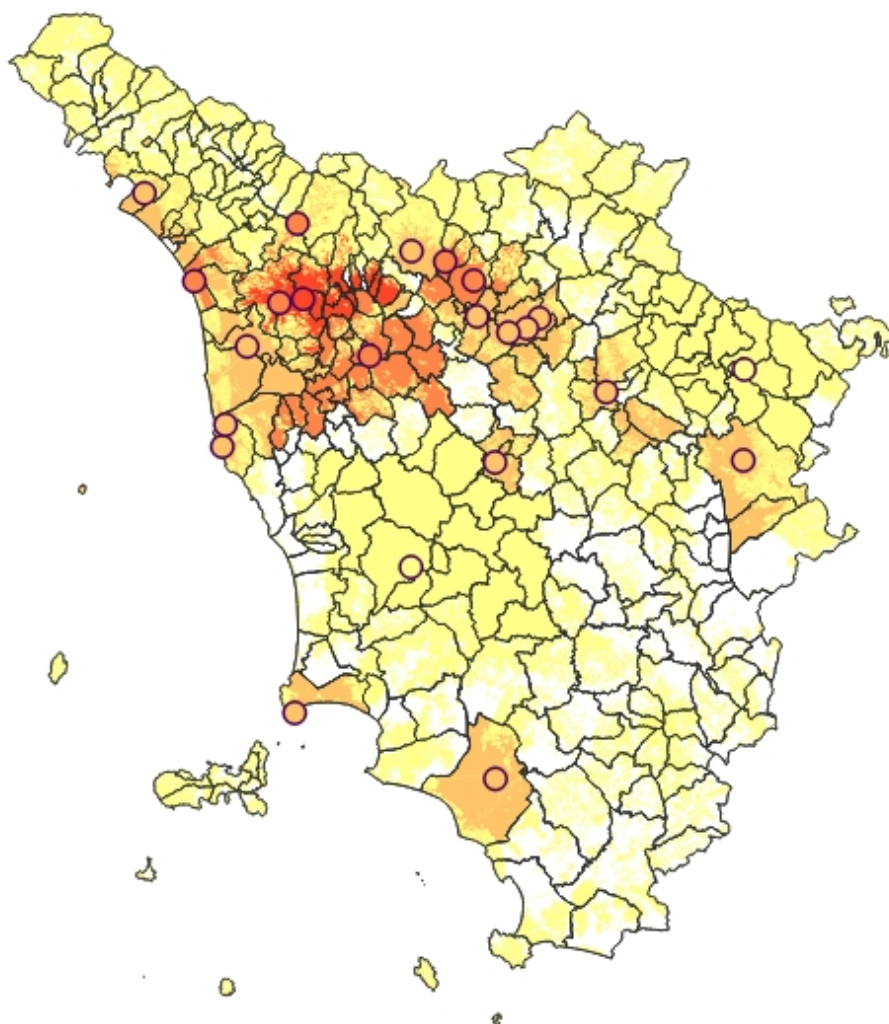
- 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , come media delle 4 stazioni di fondo dell'agglomerato fiorentino;
- 21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media delle 3 stazioni della Zona PO-PT;
- 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per la Zona del Valdarno aretino e Valdichiana ;
- 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , come media delle stazioni della Zona Costa;
- 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , come media delle 4 stazioni della Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese;
- 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media delle 4 stazioni della Zona Collinare e Montana, esclusa la rurale di AR-Casa Stabbi rappresentativa del fondo regionale, che ha registrato una media di 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Grafico 4.1.2. PM10 – Medie annuali, stazioni di fondo. Anno 2021**



L'OMS 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 42% dei casi circa.

Figura 4.1.1. Distribuzione del PM10 sul territorio toscano nel 2021, stimata secondo le aree di rappresentatività delle stazioni di fondo



La mappa qui riportata evidenzia come da colori in legenda la distribuzione delle concentrazioni medie annuali del 2021 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. Anno 2021

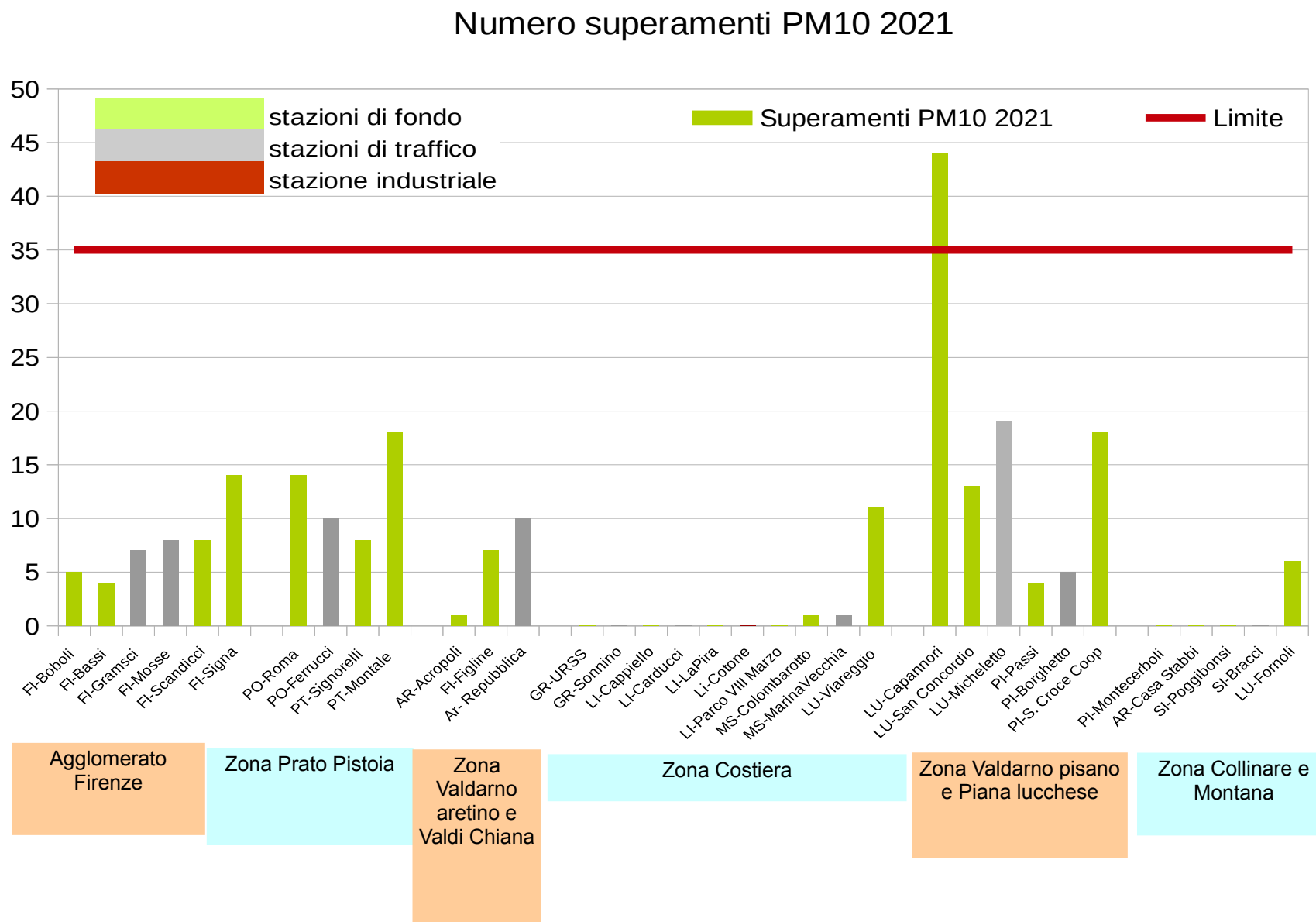
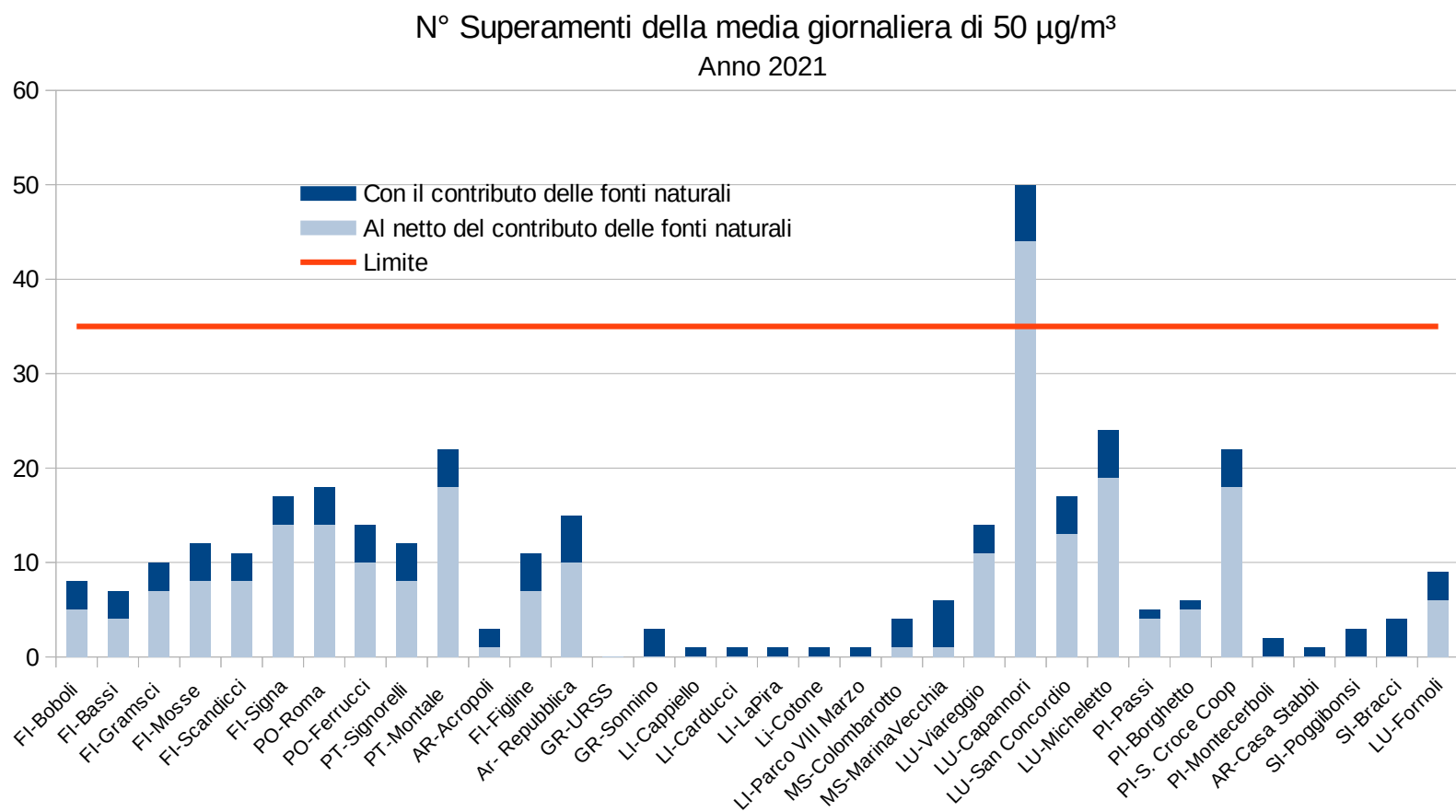
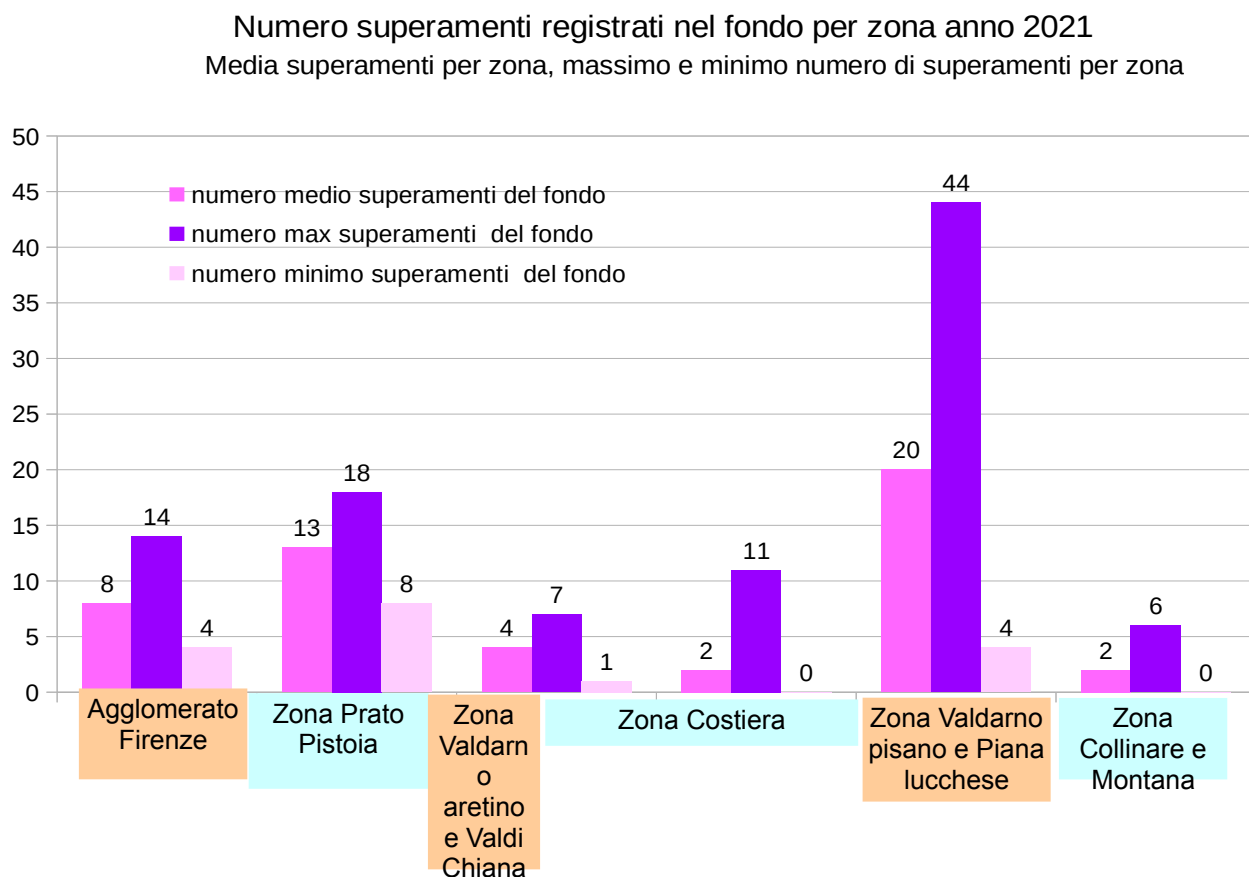


Grafico 4.1.3. bis PM10 – n° superamenti soglia 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Anno 2021: numero superamenti al lordo ed al netto del contributo delle fonti naturali



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 è stato rispettato da tutte le stazioni della Rete Regionale, con eccezione della sola stazione urbana di fondo di LU-Capannori, che ha registrato 44 superamenti, 9 in più di quanto previsto dalla normativa.

*Grafico 4.1.4. PM10 – n° superamenti soglia  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Anno 2021, stazioni di fondo*

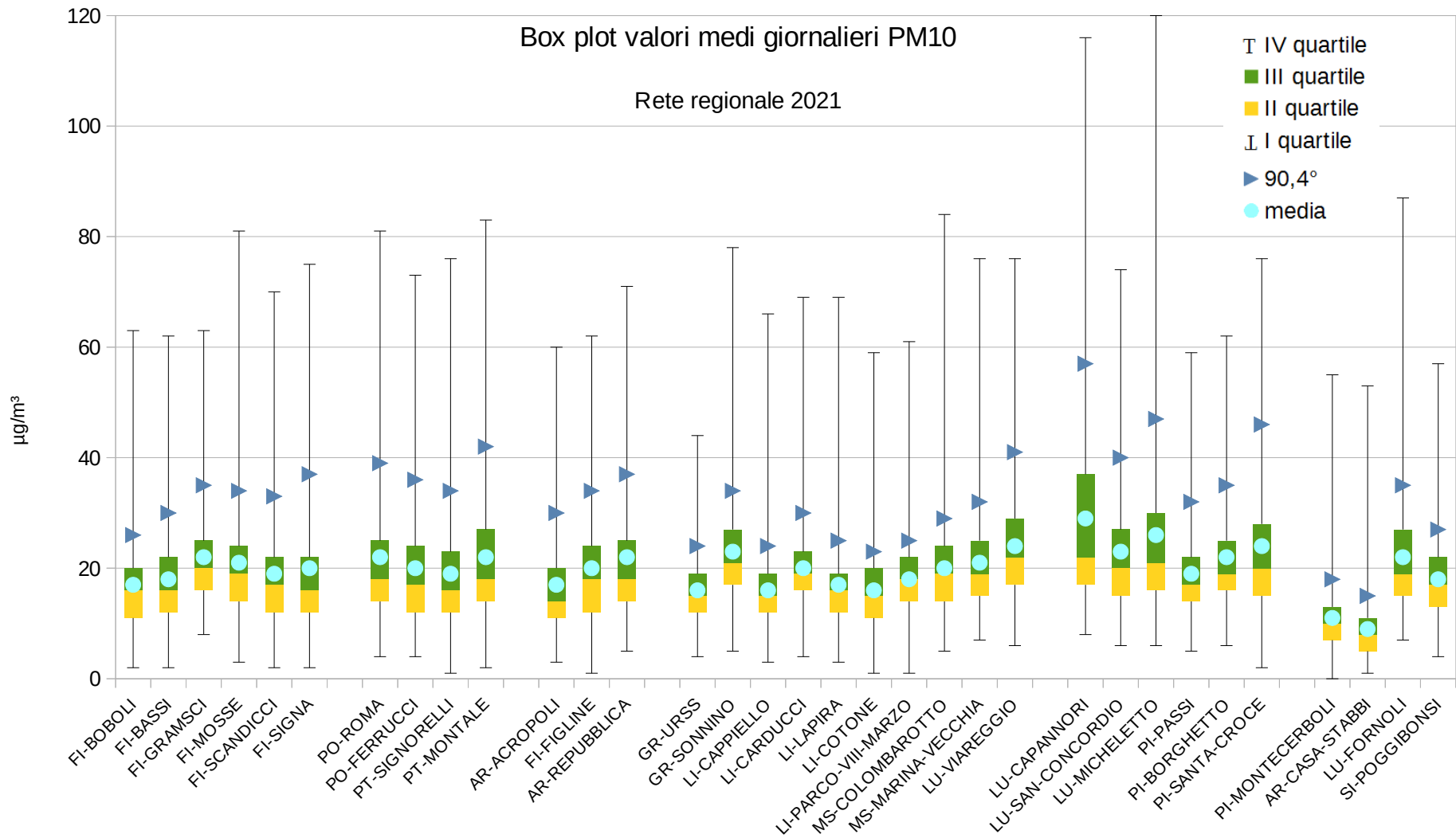


Esaminando la panoramica dei superamenti che si sono verificati in ogni zona si nota che:

- le stazioni della zona costiera, del Valdarno aretino e della Zona Collinare e Montana hanno registrato mediamente pochi superamenti;
- le stazioni dell'Agglomerato di Firenze e della zona di Prato e Pistoia hanno rilevato episodi di superamento in numero comunque molto contenuto;
- le stazioni della zona del Valdarno pisano e Piana lucchese hanno registrato mediamente il numero massimo di superamenti della regione, con media pari a 20, sulla quale influisce significativamente la stazione di LU-Capannori con 44 episodi, senza la quale la media del fondo sarebbe pari a 12, in linea con altre zone interne della regione.

L'OMS ha individuato nel 2021 nuovi valori guida più restrittivi di quelli precedenti: una media annuale di  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e una media giornaliera di  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , per salvaguardare la salute della popolazione mondiale. Tali valori sono attualmente lontani dall'essere rispettati in tutta la regione Toscana: il confronto con questi valori guida è discusso in allegato 3.

Grafico 4.1.5. Box plot dei valori giornalieri 2021 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 verde, comprendendo i valori di concentrazione media giornaliera registrata nel 50% dei giorni dell'anno, mentre i baffi inferiore e superiore indicano il primo e il quarto quartile.

Per tutte le stazioni il 75% dei valori è inferiore a  $27\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con eccezione LU-Capannori, per la quale i valori coprono un range più esteso. Il quartile che rappresenta il 25% delle medie giornaliere più alte è invece più esteso per tutte le stazioni di Rete Regionale.

Per questa elaborazione sono state considerate tutte le medie giornaliere dell'anno 2021, comprese quelle relative ai giorni in cui la media è stata fortemente influenzata da fenomeni di avvezione di polveri naturali.



## Andamenti degli indicatori (2011-2021)

Tabella 4.1.2. PM10 - Medie annuali. Andamenti 2011-2021 per le stazioni di Rete Regionale.

Zona	Class.	Prov.	Comune	Nome stazione	Medie annuali in µg/m³											Nome stazione
					V.L. = 40 µg/m³											
					2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Boboli	26	23	20	19	22	18	18	18	18	18	17	FI-Boboli
	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	24	23	20	18	22	19	20	19	18	19	18	FI-Bassi
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	38	36	34	29	31	30	28	30	27	23	22	FI-Gramsci
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	38	39	30	23	24	22	22	24	21	20	21	FI-Mosse
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	29	27	24	20	23	21	22	21	20	20	19	FI-Scandicci
	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	25	26	24	23	22	22	22	20	FI-Signa
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	30	30	27	25	28	26	25	24	23	23	22	PO-Roma
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	35	31	30	25	27	25	24	25	25	24	20	PO-Ferrucci
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	25	24	23	21	23	20	20	19	19	20	19	PT-Signorelli
	SF	PT	Montale	PT-Montale	34	34	29	26	31	28	27	25	23	24	22	PT-Montale
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	-	-	-	21	23	19	19	19	18	19	17	AR-Acropoli
	UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	25	25	20	21	20	FI-Figline
	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	28	28	27	27	30	25	24	23	23	27	22	Ar- Repubblica
Zona costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	19	19	17	17	17	17	17	18	17	15	16	GR-URSS
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	29	30	-	-	-	26	24	27	24	22	23	GR-Sonnino
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	17	18	18	17	17	17	16	16	LI-Cappiello
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	28	27	23	23	25	24	23	23	23	22	20	LI-Carducci
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	*	21	19	19	18	18	17	17	LI-LaPira
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	27	25	23	21	18	16	16	16	16	15	16	LI-Cotone
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	*	19	17	17	17	18	17	18	LI-Parco VIII Marzo
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	24	24	24	22	23	21	21	20	19	19	20	MS-Colombarotto
	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	*	22	21	20	19	19	21	MS-MarinaVecchia
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	30	28	27	24	27	26	26	22	24	25	24	LU-Viareggio
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	31	26	24	29	33	29	31	30	28	29	29	LU-Capannori
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	-	-	-	*	26	26	24	24	24	23	LU-San Concordio
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	33	33	29	28	32	28	28	25	26	26	26	LU-Micheletto
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	26	25	23	21	25	22	22	21	22	21	19	PI-Passi
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	30	28	26	25	29	27	27	26	25	23	22	PI-Borghetto
	SF	PI	S.Croce sull'Arno	PI-S. Croce	31	28	27	27	29	26	25	24	24	25	24	PI-S. Croce Coop
Zona Collinare e montana	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	15	14	10	8	11	10	11	12	11	11	11	PI-Montecerboli
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	13	13	*	11	11	10	10	11	10	10	9	AR-Casa Stabbi
	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	29	22	18	18	20	18	19	18	19	18	18	SI-Poggibonsi
	UI	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	*	21	21	19	18	18	18	17	SI-Bracci
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	29	28	27	23	25	22	22	21	23	22	22	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 2011-2021 per le stazioni di Rete Regionale

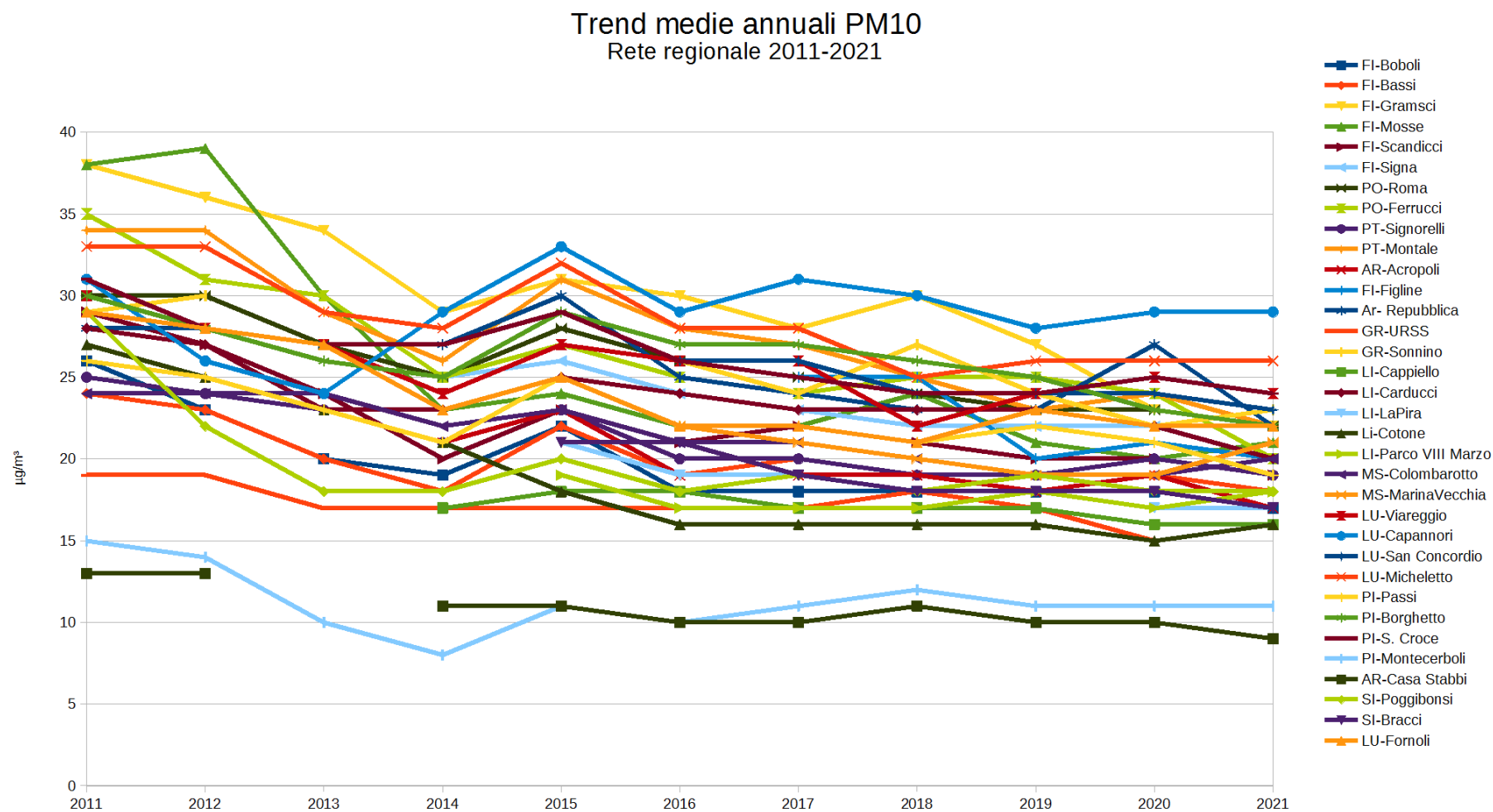
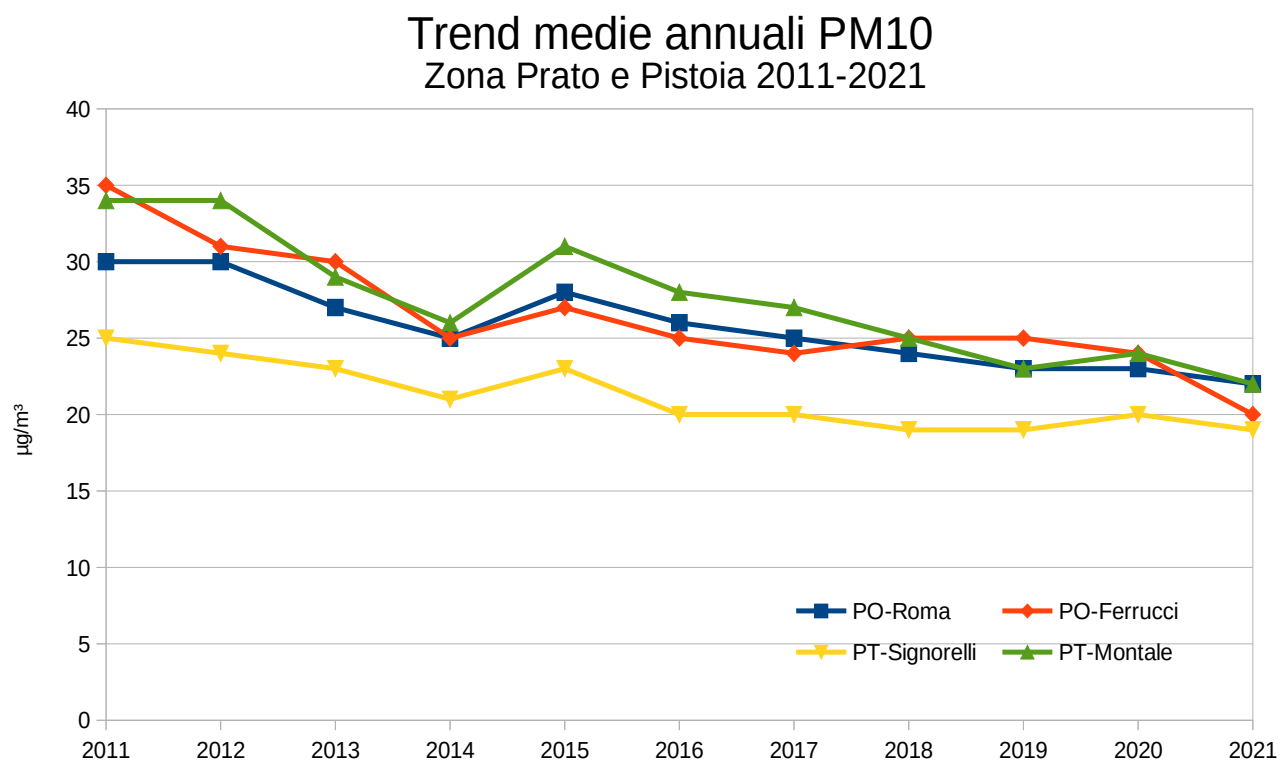
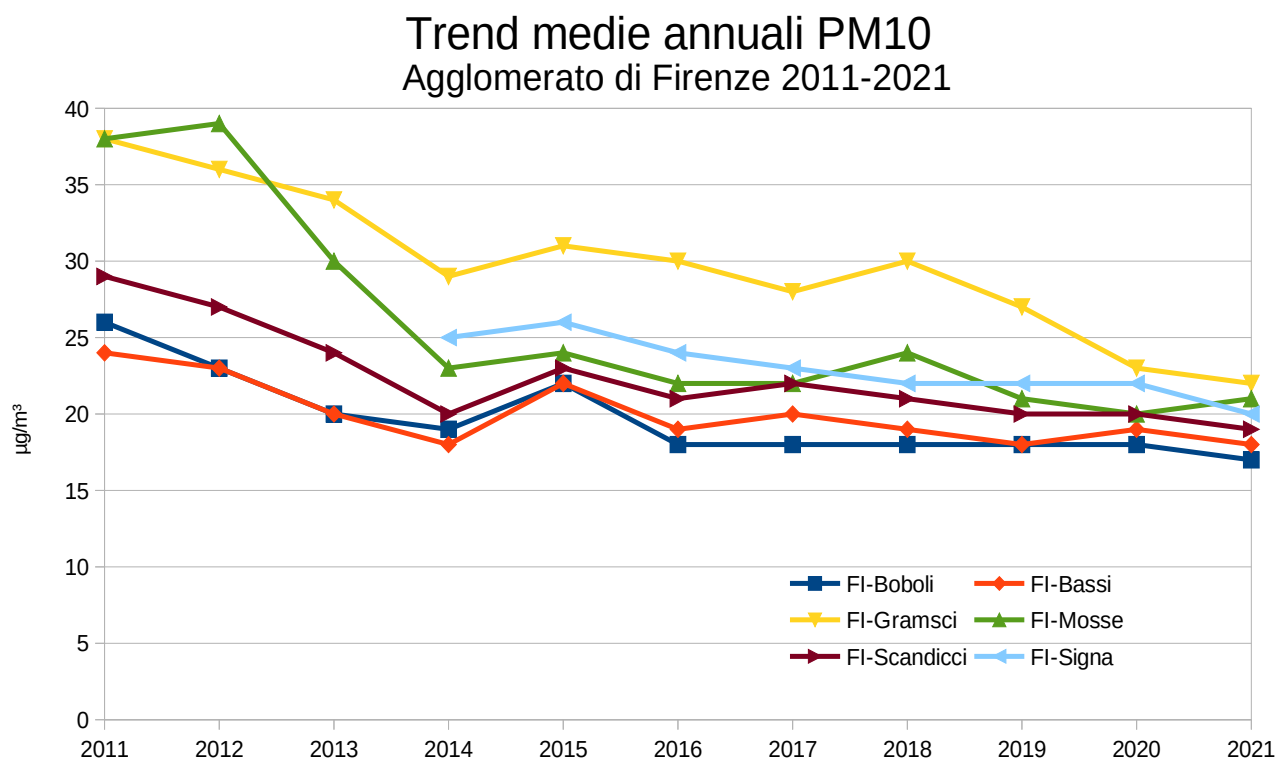
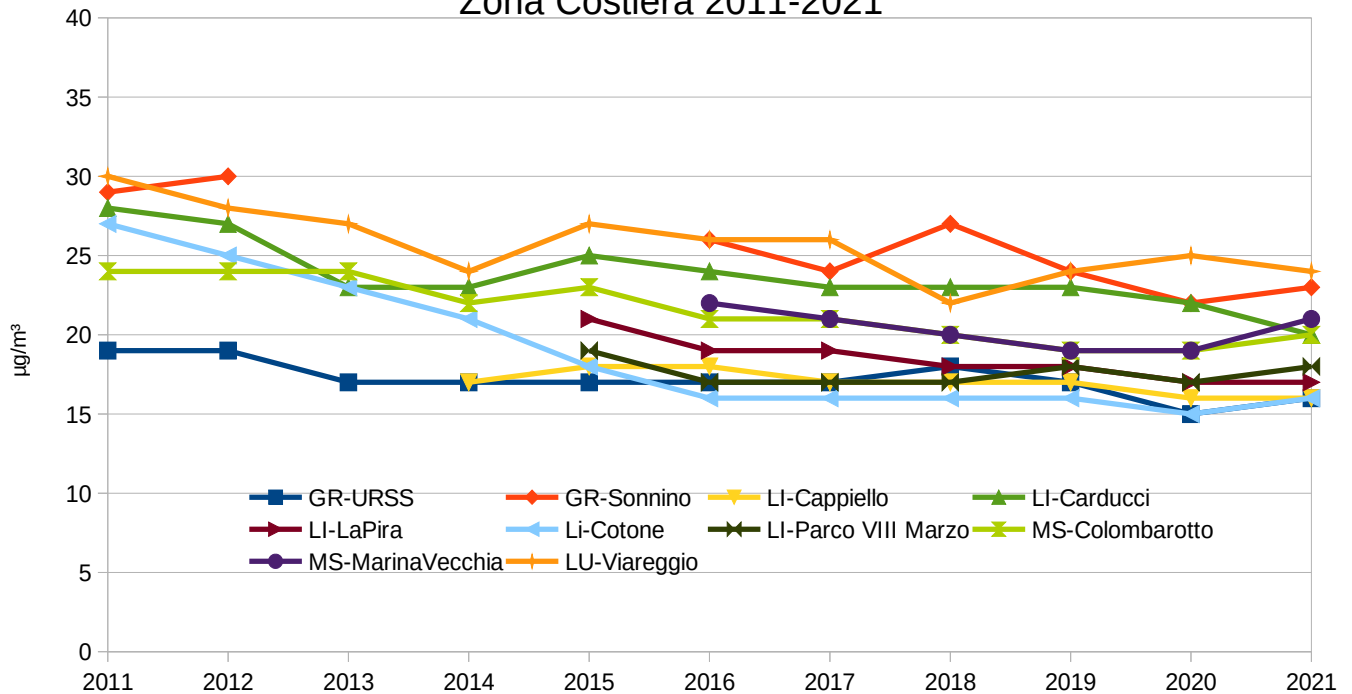


Grafico 4.1.6.bis. PM10 – Medie annuali. Andamenti 2011-2021 per le stazioni di Rete Regionale per Zona



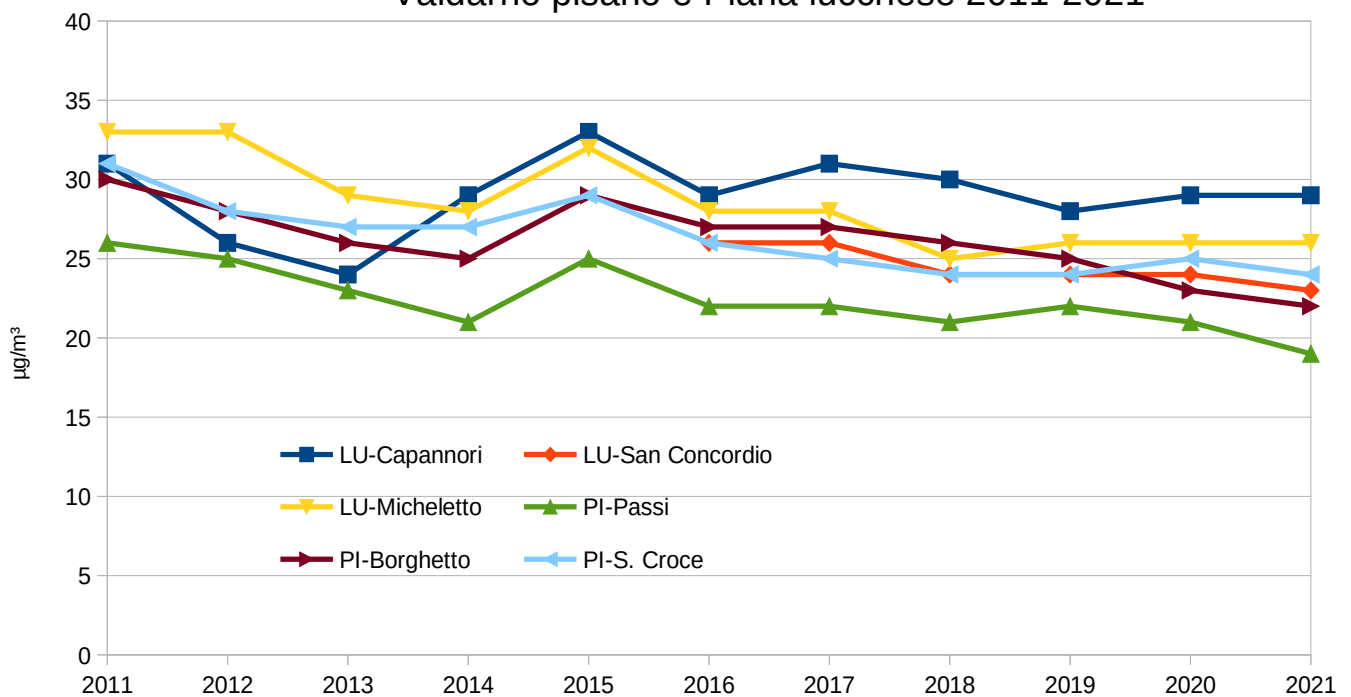
## Trend medie annuali PM10

Zona Costiera 2011-2021

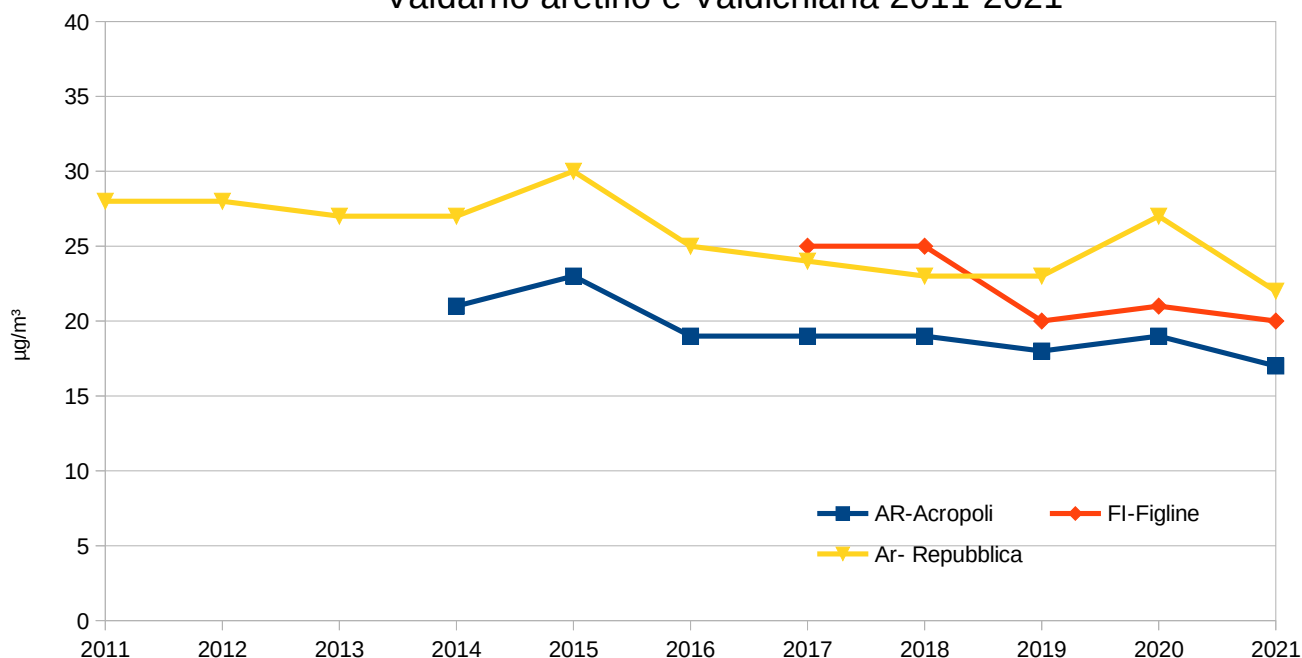


## Trend medie annuali PM10

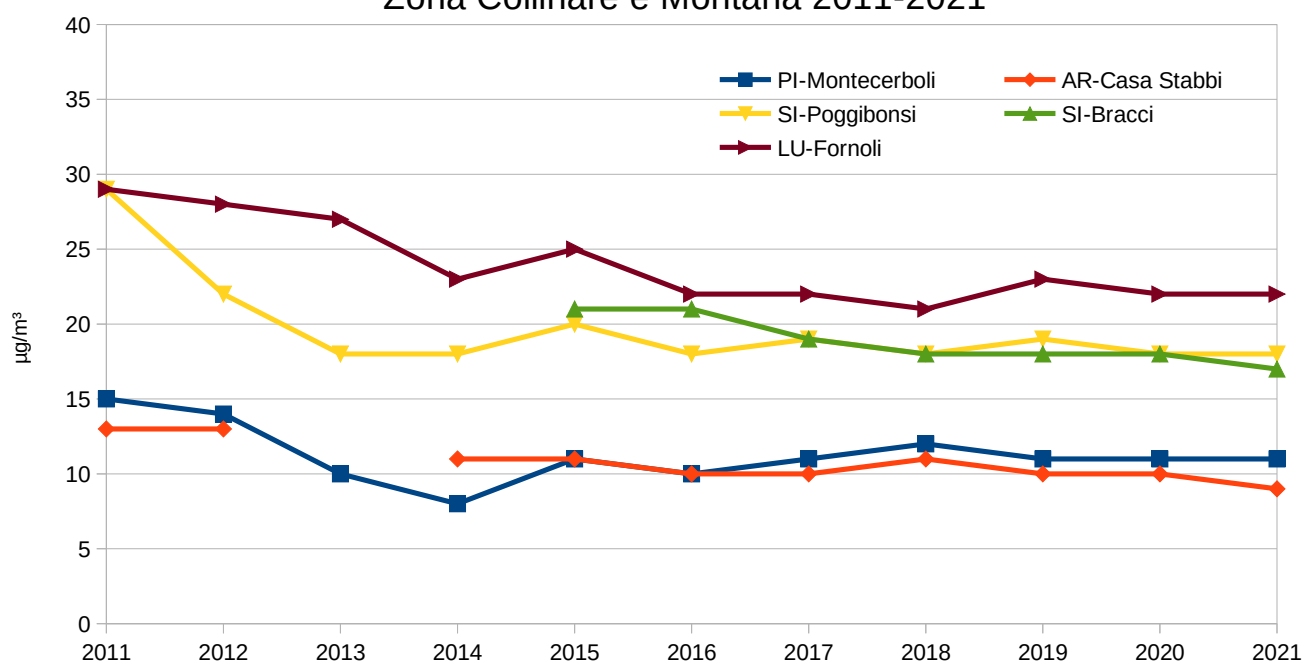
Valdarno pisano e Piana lucchese 2011-2021



Trend medie annuali PM10  
Valdarno aretino e Valdichiana 2011-2021



Trend medie annuali PM10  
Zona Collinare e Montana 2011-2021

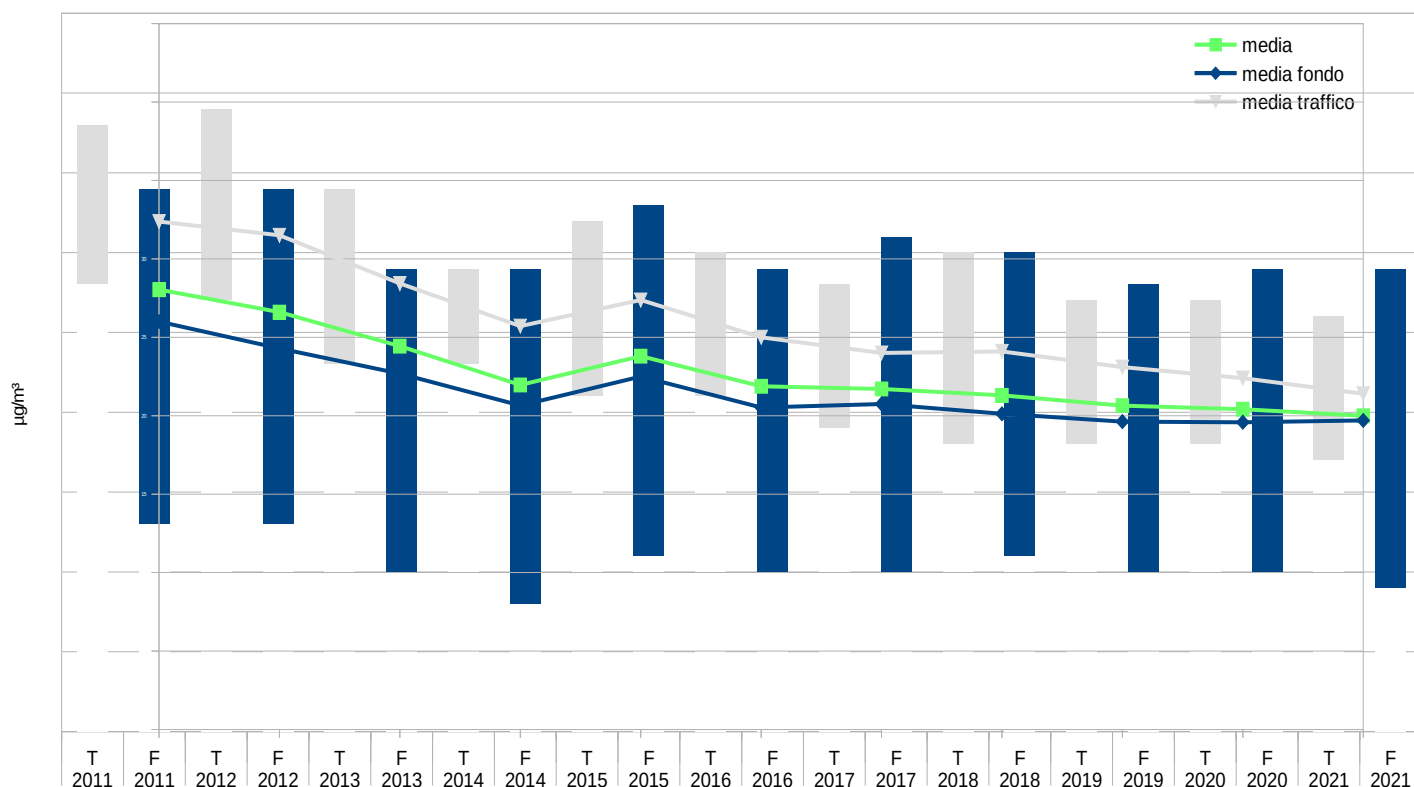




Per una osservazione della regione nel suo complesso, di seguito si riporta in grafico l'andamento pluriennale delle medie annuali conteggiate su tutte le stazioni di Rete Regionale (linea verde continua in figura) e l'intervallo di variazione massimo e minimo delle medie per tipologia di stazione (traffico 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 2011 al 2021 per tipologia di stazione*

### PM10 Andamenti delle medie massime e minime per tipo di stazione



**Tabella 4.1.3. PM10 – n° superamenti valore giornaliero di 50 µg/m³. Andamenti 2011-2021 per le stazioni di Rete Regionale.**

Class.	Prov.	Comune	Nome stazione	N° superamenti media giornaliera di 50 µg/m³											Nome stazione
				V.L. = 35 gg/anno											
				2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
UF	FI	Firenze	FI-Boboli	17	7	18	3	5	5	6	3	4	5	5	FI-Boboli
UF	FI	Firenze	FI-Bassi	19	11	17	4	9	12	10	2	5	7	4	FI-Bassi
UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	55	46	38	19	26	24	22	20	13	15	7	FI-Gramsci
UT	FI	Firenze	FI-Mosse	59	69	46	11	14	16	16	12	10	13	8	FI-Mosse
UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	37	23	22	5	10	15	15	7	12	9	8	FI-Scandicci
UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	26	33	26	21	19	15	25	14	FI-Signa
UF	PO	Prato	PO-Roma	43	43	35	30	40	31	23	21	21	25	14	PO-Roma
UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	50	44	37	28	34	26	25	22	24	27	10	PO-Ferrucci
UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	25	22	28	12	15	10	10	8	6	14	8	PT-Signorelli
SF	PT	Montale	PT-Montale	65	63	45	32	57	43	36	26	20	28	18	PT-Montale
UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	-	-	-	9	19	8	9	2	4	10	1	AR-Acropoli
UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	*	28	12	14	20	7	FI-Figline
UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	34	29	26	31	34	27	18	14	11	33	10	Ar- Repubblica
UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	GR-URSS
UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	2	5	-	-	*	10	0	10	4	0	0	GR-Sonnino
UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	LI-Cappiello
UI	LI	Livorno	LI-Carducci	7	4	1	0	2	2	2	0	1	1	0	LI-Carducci
UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	*	0	0	0	0	0	0	0	LI-LaPira
SI	LI	Piombino	Li-Cotone	14	6	8	8	0	0	0	0	2	0	0	Li-Cotone
UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	*	0	0	0	0	2	0	0	LI-Parco VIII Marzo
UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	2	3	9	2	1	4	0	3	0	1	1	MS-Colombarotto
UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	*	10	5	3	1	3	1	MS-MarinaVecchia
UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	37	15	21	11	26	25	21	6	11	20	11	LU-Viareggio
UF	LU	Capannori	LU-Capannori	57	36	30	60	68	44	55	53	38	51	44	LU-Capannori
UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	-	-	-	-	*	33	29	15	15	23	13	LU-San Concordio
UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	65	54	41	34	52	35	33	19	21	33	19	LU-Micheletto
UF	PI	Pisa	PI-Passi	28	17	22	10	14	14	10	8	11	8	4	PI-Passi
UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	44	35	31	18	34	24	15	8	15	14	5	PI-Borghetto
SF	PI	S.Croce sull'Arno	PI-S. Croce	47	33	27	22	40	30	26	11	22	28	18	PI-S. Croce
SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	PI-Montecerboli
R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0	1	*	4	0	1	0	0	0	0	0	AR-Casa Stabbi
UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	20	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	SI-Poggibonsi
UI	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	*	2	4	0	0	1	0	0	SI-Bracci
UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	54	50	45	20	30	30	21	14	10	11	6	LU-Fornoli

Grafico 4.1.8. PM10 - n° superamenti valore giornaliero 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Andamenti 2011-2021 per le stazioni di Rete Regionale

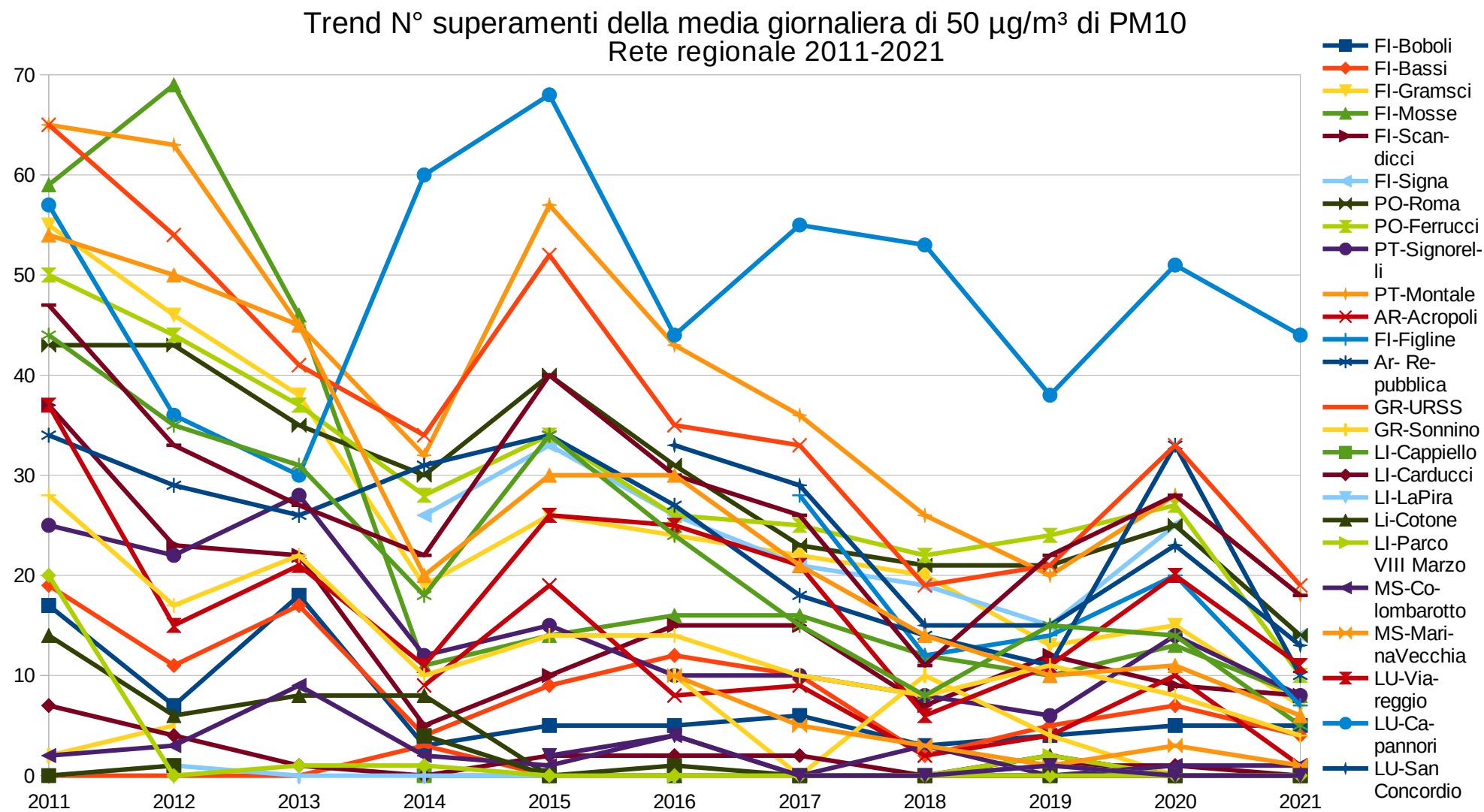
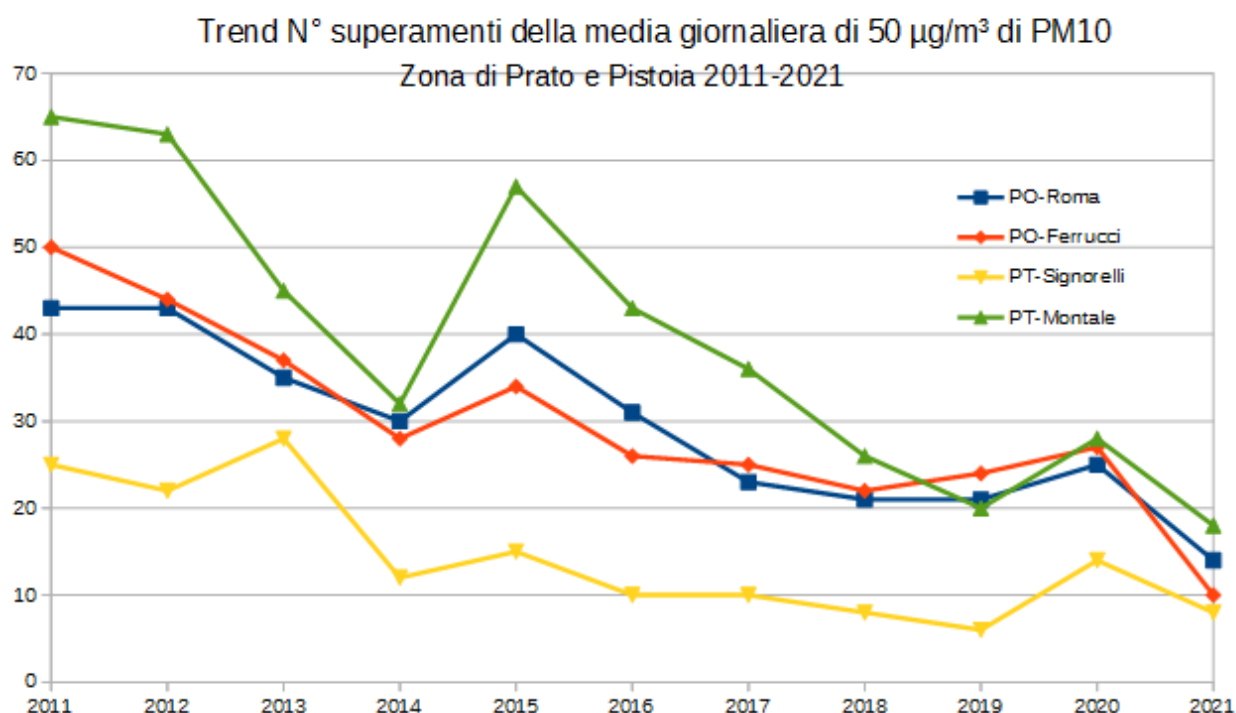
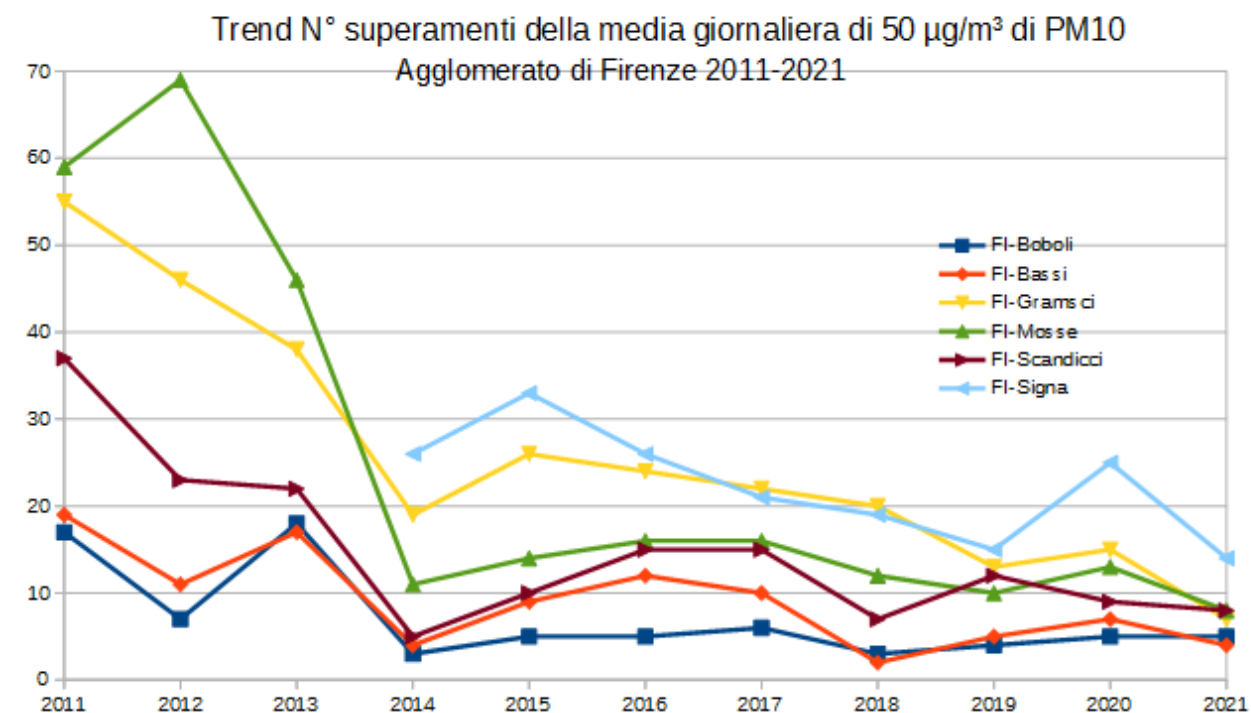
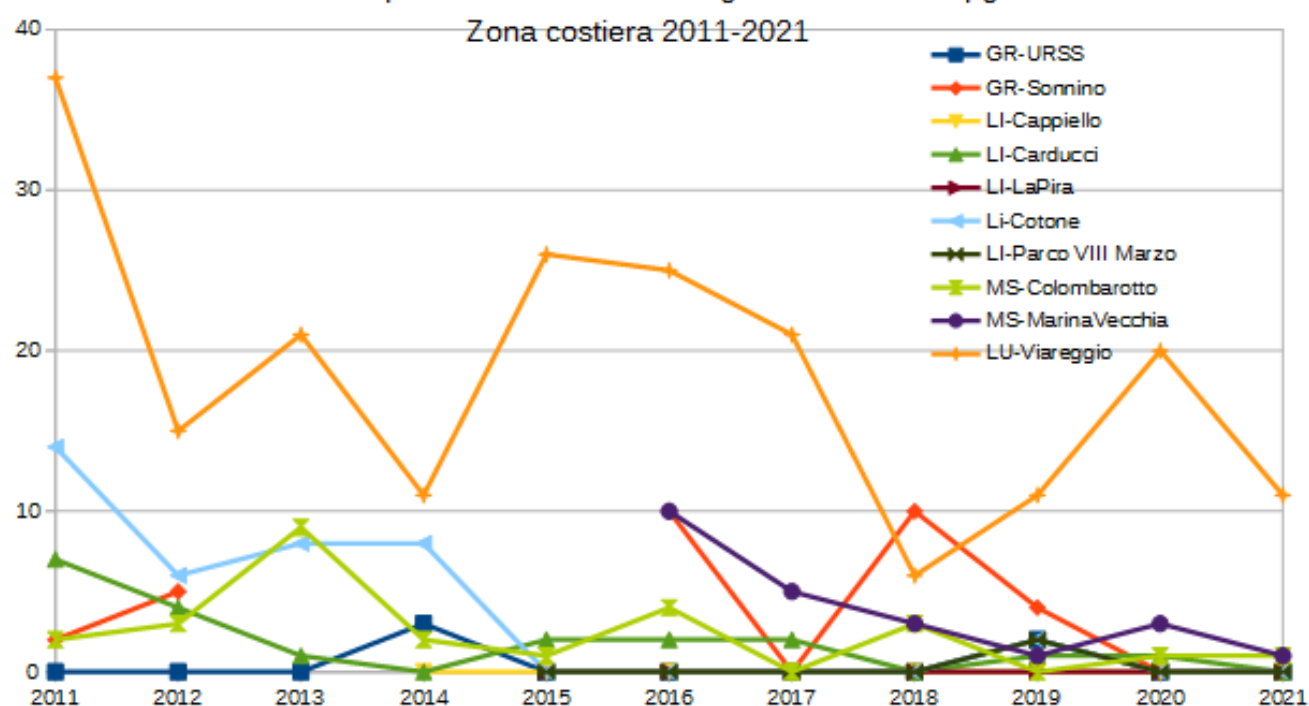


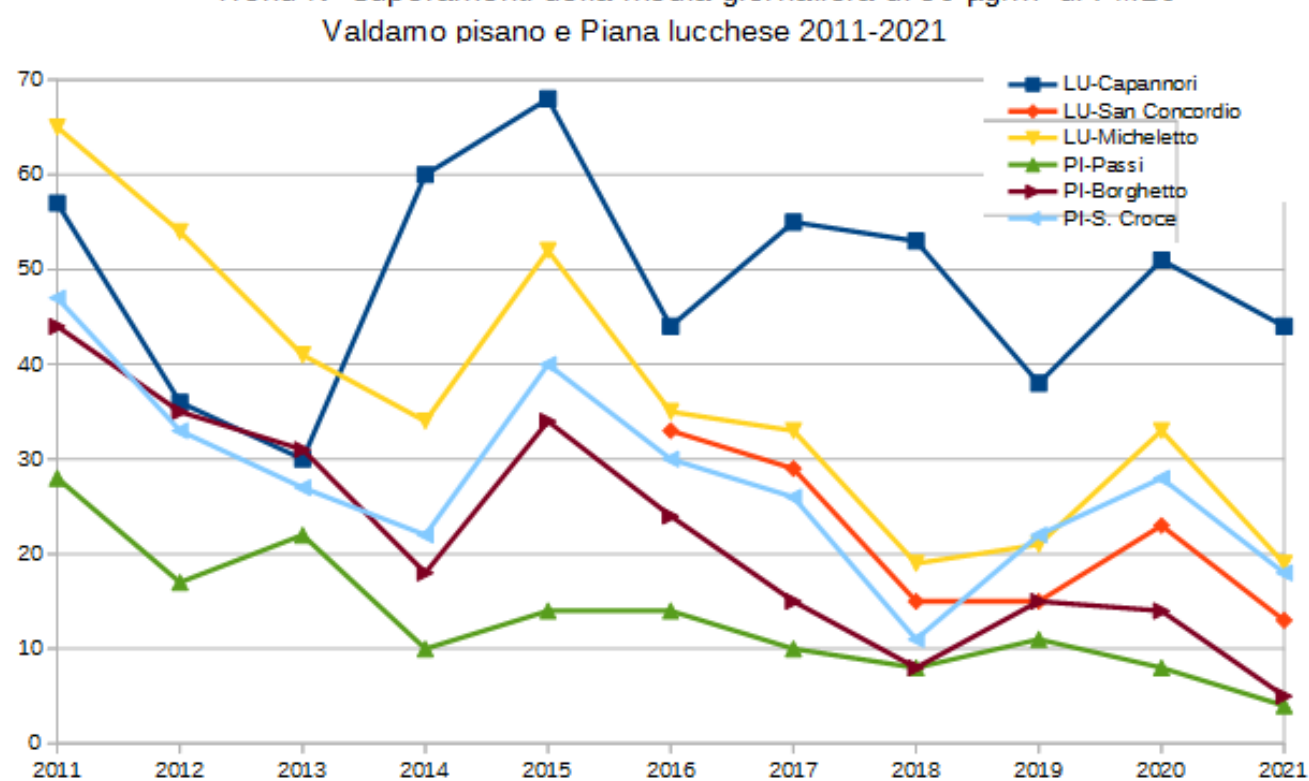
Grafico 4.1.8.bis. PM10 - n° superamenti valore giornaliero 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .  
Andamenti 2011-2021 per le stazioni di Rete Regionale per zona



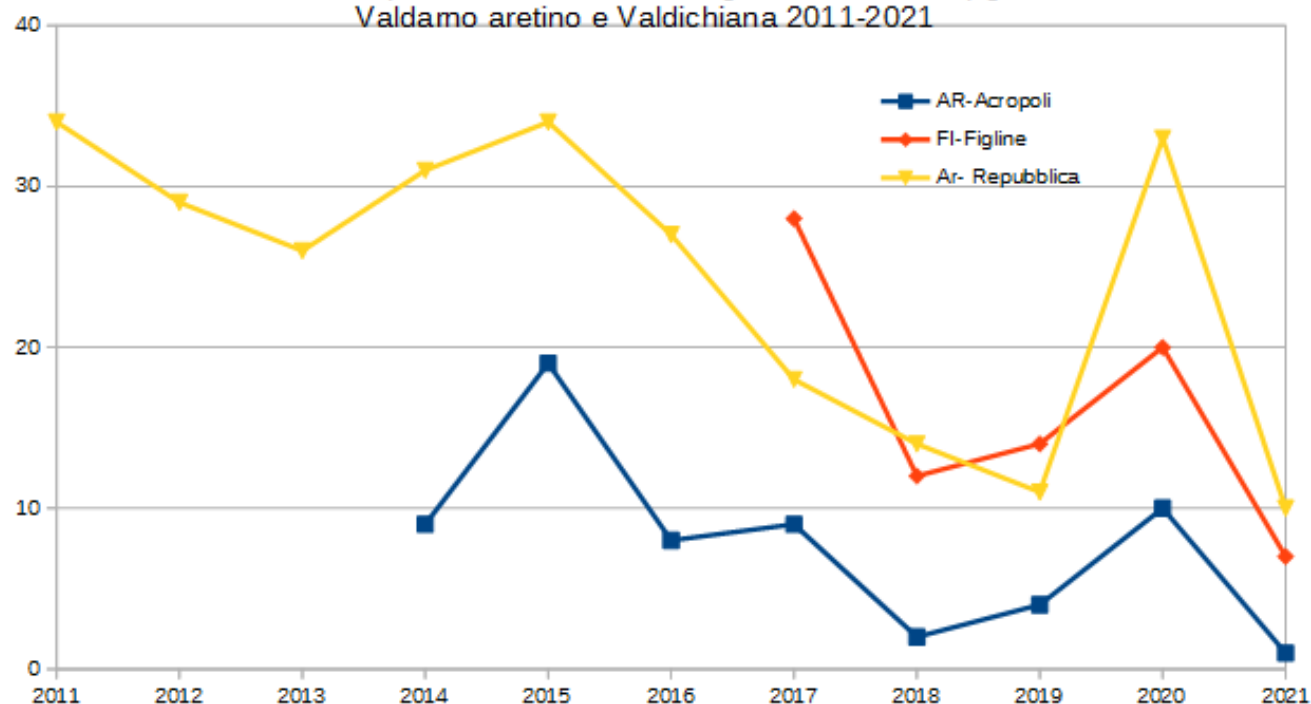
Trend N° superamenti della media giornaliera di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10



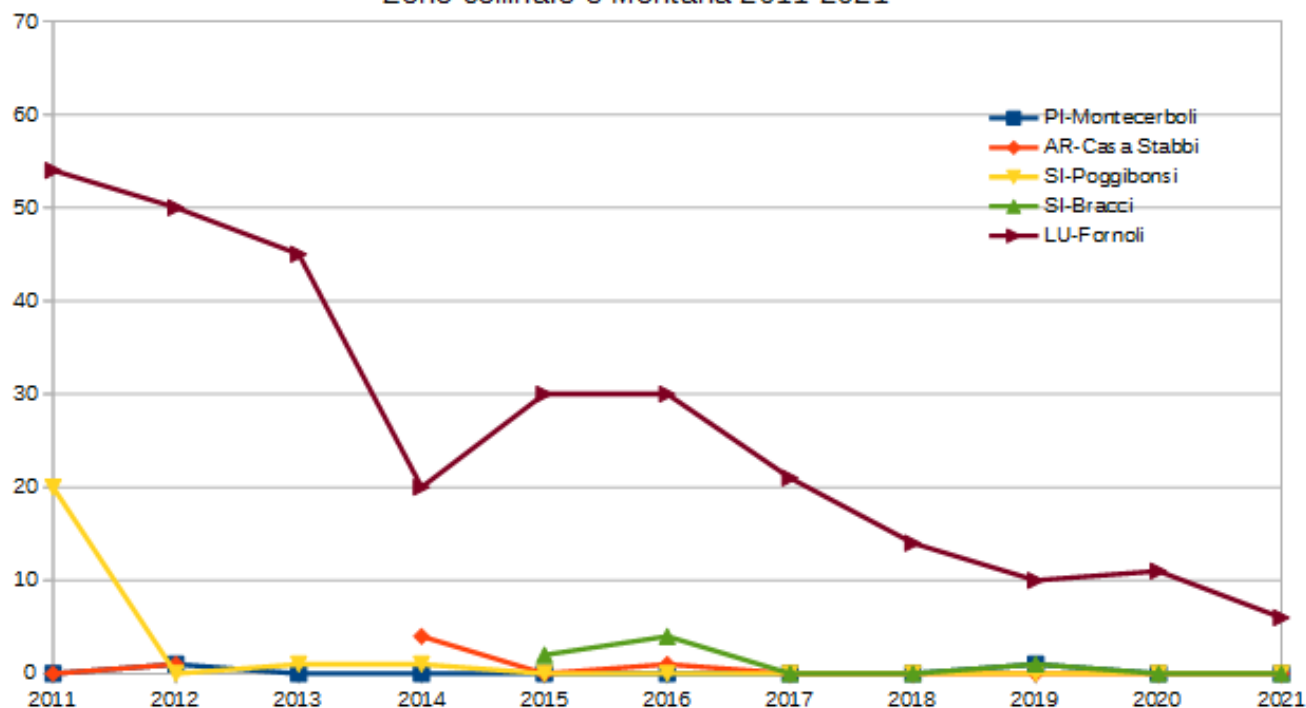
Trend N° superamenti della media giornaliera di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10



Trend N° superamenti della media giornaliera di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10  
Valdamo aretino e Valdichiana 2011-2021



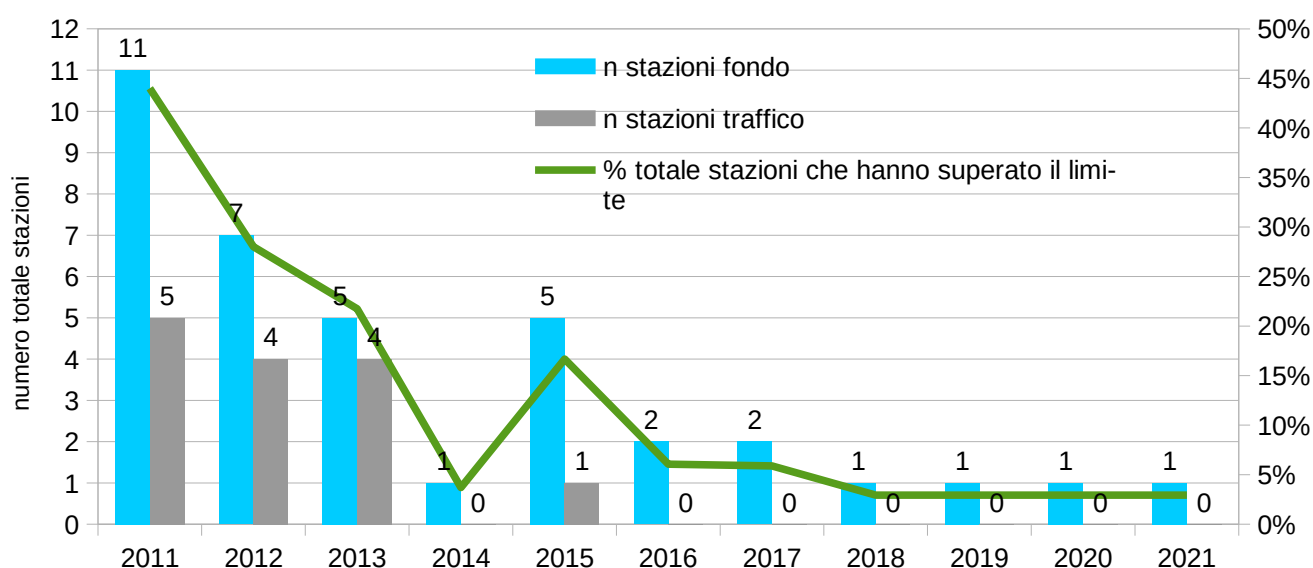
Trend N° superamenti della media giornaliera di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10  
Zono collinare e Montana 2011-2021



Differentemente da quanto avviene per le medie annuali di PM10, il numero dei superamenti registrati dalle stazioni di Rete Regionali nei diversi siti 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. È 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 nell'ultimo decennio**

#### Stazioni che non hanno rispettato il limite di 35 superamenti

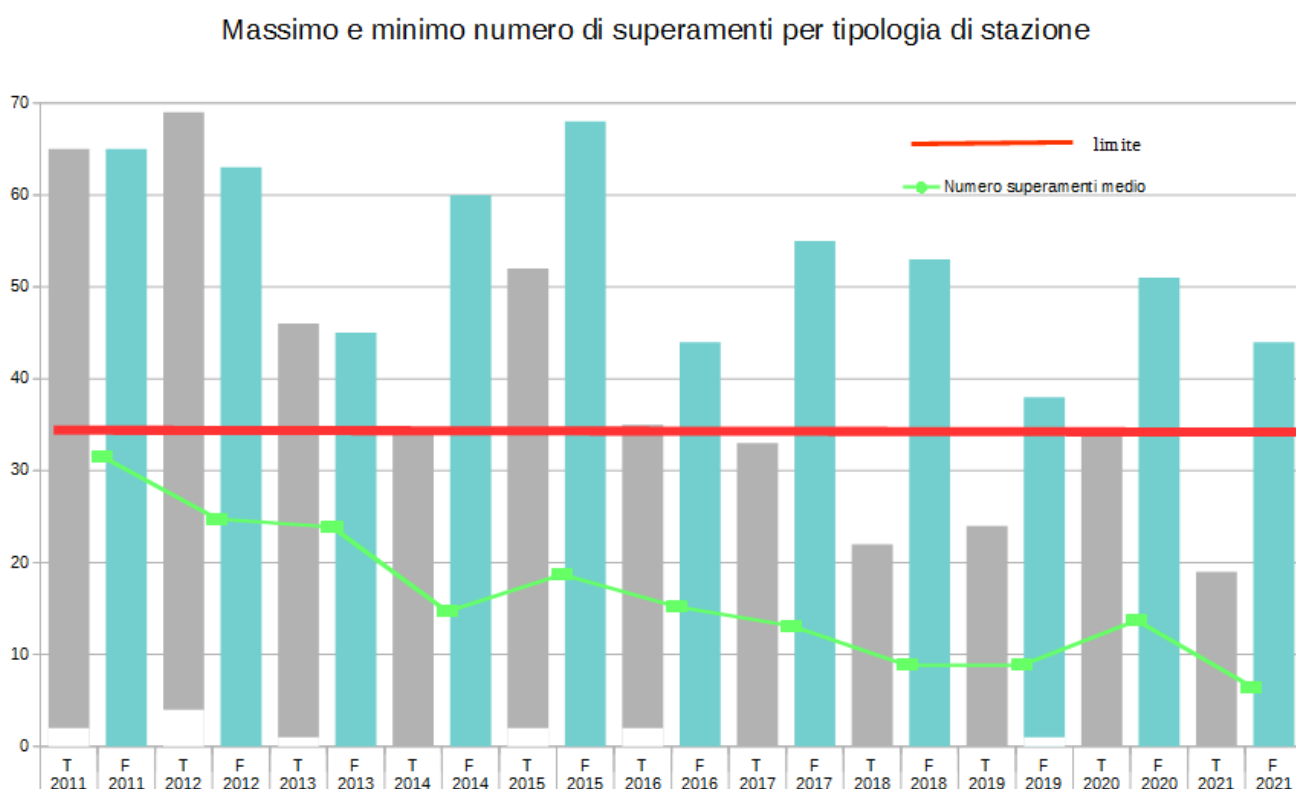


**Tabella 4.1.4. PM10 – Andamento della percentuale di stazioni che non ha rispettato il limite nell'ultimo decennio**

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
n stazioni fondo	11	7	5	1	5	2	2	1	1	1	1
n stazioni traffico	5	4	4	0	1	0	0	0	0	0	0
% totale stazioni che hanno superato il limite	44%	28%	22%	4%	17%	6%	6%	3%	3%	3%	3%

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 grigio e azzurro rispettivamente) .

*Grafico 4.1.10. PM10 – Andamenti del numero massimo e minimo di superamenti dal 2011 al 2021 per tipologia di stazione*





## 4.2. Particolato PM<sub>2,5</sub>

Come avviene dall'inizio del monitoraggio del PM<sub>2,5</sub> il valore limite indicato dalla normativa pari alla media annuale di 25 µg/m<sup>3</sup>, nel 2021 è stato rispettato in tutto il territorio regionale.

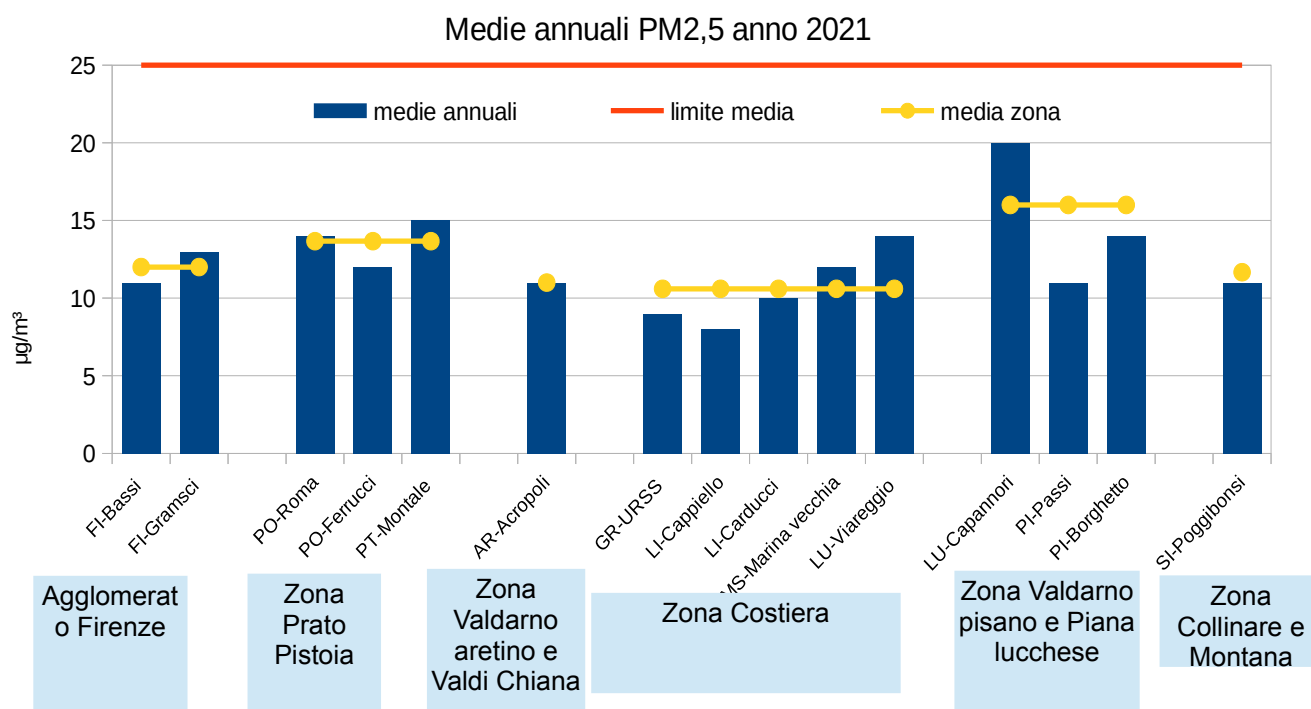
*Tabella 4.2.1. PM<sub>2,5</sub> - Elaborazioni relative alle stazioni di Rete Regionale anno 2021*

Zona	Class. Zona e stazione	Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale (µg/m <sup>3</sup> )	V.L.
Agglomerato di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	11	25
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	13	
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	14	
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	12	
	SF	PT	Montale	PT-Montale	15	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	11	
Zona Costiera	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	9	
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	8	
	UI	LI	Livorno	LI-Carducci	10	
	UI	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	12	
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	14	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	20	
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	11	
		PI	Pisa	PI-Borghetto	14	
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	11	
Media regionale PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )					12,3	
Media regionale stazioni di tipo fondo (µg/m <sup>3</sup> )					12,4	
Media regionale stazioni di tipo traffico (µg/m <sup>3</sup> )					12,2	

La tabella mostra che il limite normativo di 25 µg/m<sup>3</sup> per la media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni della Rete Regionale, con ampio scarto, infatti la media massima è stata registrata a LU-Capannori ed è pari al 80% del limite.

Le medie regionali dei valori registrati presso le due tipologie di stazione sono molto simili, e per il secondo anno consecutivo la media delle stazioni di fondo è superiore a quella delle traffico.

Grafico 4.2.1. PM2,5 - Medie annuali 2021



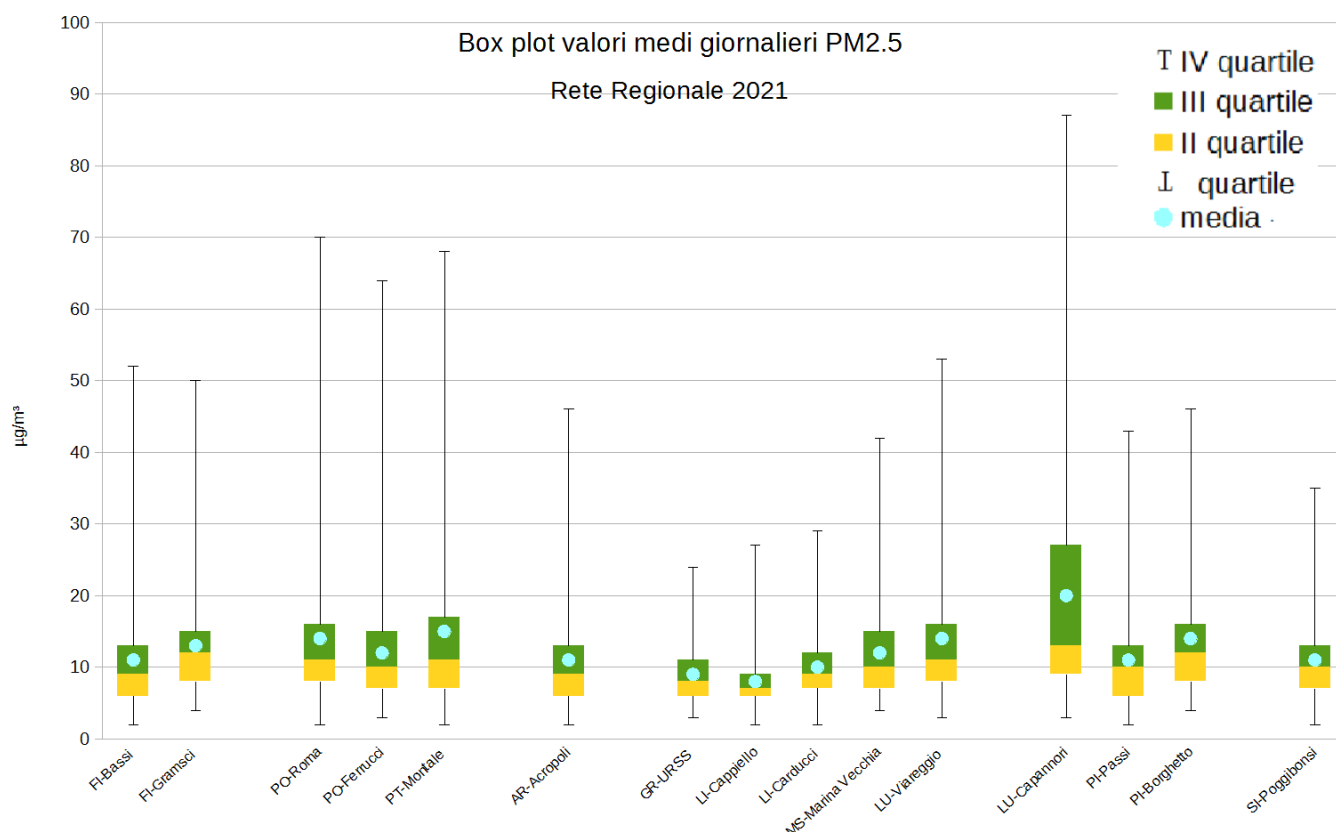
Analizzando i valori medi di ogni zona si nota che la zona del Valdarno Pisano e Piana lucchese ha registrato la media più elevata pari a 16 , alla quale contribuisce in modo significativo la media di LU-Capannori senza la quale essa sarebbe in linea con le altre zone della Toscana.

Nei nuovi valori guida del 2021 l'OMS indica due valori guida per il PM2,5: la media annua pari a 5 µg/m³ e la media giornaliera pari a 15 µg/m³.

Tali valori sono attualmente lontani dall'essere rispettati in tutta la regione toscana: il confronto con questi valori guida è discusso in Allegato 3.

Anche per il PM<sub>2,5</sub> 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, con lo scopo di dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati.

**Grafico 4.2.2. PM<sub>2,5</sub> – Box plot valori medi giornalieri anno 2021**



Il grafico mostra la distribuzione dei valori medi giornalieri registrati nel 2021: il 75% dei valori è inferiore al valore del 75° percentile pari a 17 µg/m<sup>3</sup> eccetto che per LU-Capannori dove il valore relativo al 75° percentile è stato pari a 27 µg/m<sup>3</sup>.

Il quartile che rappresenta il range dei valori più alti, rappresentato dal baffo superiore è invece particolarmente esteso in particolare per le stazioni della zona di Prato, Pistoia oltre a LU-Capannori.

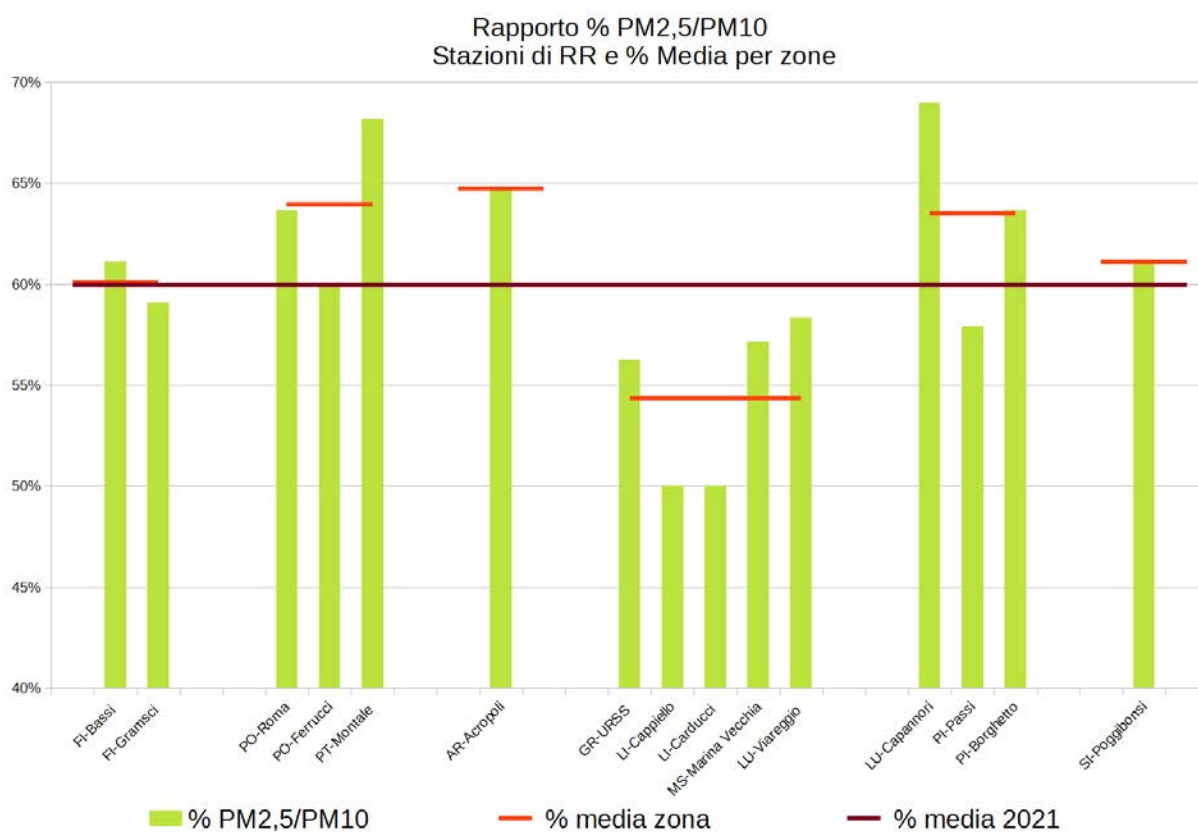
**Tabella 4.2.2. Rapporto % tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> nella stazioni di Rete Regionale 2021.**

Zona	Tipo	Stazione	PM <sub>2,5</sub> medie annuali (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> medie annuali (µg/m <sup>3</sup> )	% PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub> anno2021	media zona %
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Bassi	11	18	61%	60%
	UT	FI-Gramsci	13	22	59%	
Zona PO PT	UF	PO-Roma	14	22	64%	64%
	UT	PO-Ferrucci	12	20	60%	
	SF	PT-Montale	15	22	68%	
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	11	17	65%	65%
Zona costiera	UF	GR-URSS	9	16	56%	54%
	UF	LI-Cappiello	8	16	50%	
	UT	LI-Carducci	10	20	50%	
	UT	MS-Marina Vecchia	12	21	57%	
	UF	LU-Viareggio	14	24	58%	
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Capannori	20	29	69%	63%
	UF	PI-Passi	11	19	58%	
	UT	PI-Borghetto	14	22	64%	
Zona collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	11	18	61%	61%
Media % complessiva					60%	
Media % traffico					58%	
Media % fondo					61%	

Le percentuali medie della frazione di PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> sono state complessivamente pari al 60% con una piccola prevalenza nel particolato delle stazioni di fondo (61%) rispetto al traffico (58%).

La massima percentuale di PM<sub>2,5</sub> è nelle due stazioni di fondo di LU-Capannori (69%), caratterizzata da media annuale più alta sia di particolato PM<sub>10</sub> che di PM<sub>2,5</sub>, e PT-Montale (68%), mentre per la stazioni di traffico la % massima è nella stazione di PI-Borghetto (64%). Confrontando i valori medi per zona si conferma la percentuale maggiore di particolato PM<sub>2,5</sub> nel PM<sub>10</sub> nelle zone dei due Valdarno e di PO e PT, mentre la percentuale minore è nella zone costiere.

Grafico 4.2.3. Rapporto % tra PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> nella stazioni di Rete Regionale 2021.



**Tabella 4.2.3. Confronto della percentuale di PM2,5 nel PM10 dal 2015 al 2021**

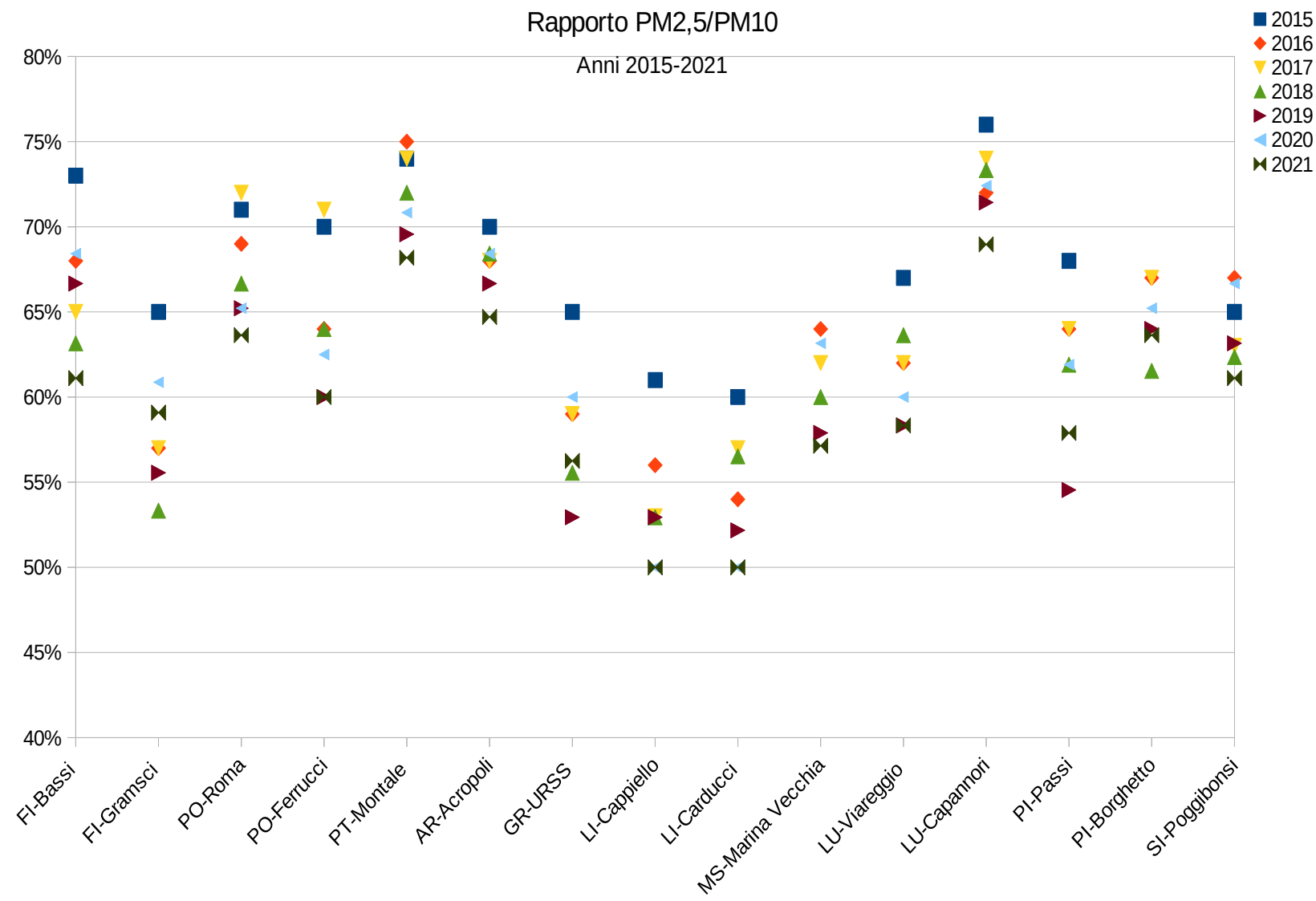
Zona	Tipo	Stazione	% PM2,5/PM10						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agglomerato di Firenze	UF	FI-Bassi	73%	68%	65%	63%	67%	68%	61%
	UT	FI-Gramsci	65%	57%	57%	53%	56%	61%	59%
Zona PO PT	UF	PO-Roma	71%	69%	72%	67%	65%	65%	64%
	UT	PO-Ferrucci	70%	64%	71%	64%	60%	63%	60%
	SF	PT-Montale	74%	75%	74%	72%	70%	71%	68%
Valdarno Aretino e Val di Chiana	UF	AR-Acropoli	70%	68%	68%	68%	67%	68%	65%
Zona costiera	UF	GR-URSS	65%	59%	59%	56%	53%	60%	56%
	UF	LI-Cappiello	61%	56%	53%	53%	53%	50%	50%
	UT	LI-Carducci	60%	54%	57%	57%	52%	50%	50%
	UT	MS-Marina Vecchia	-	64%	62%	60%	58%	63%	57%
	UF	LU-Viareggio	67%	62%	62%	64%	58%	60%	58%
Valdarno pisano e piana lucchese	UF	LU-Capannori	76%	72%	74%	73%	71%	72%	69%
	UF	PI-Passi	68%	64%	64%	62%	55%	62%	58%
	UT	PI-Borghetto	-	67%	67%	62%	64%	65%	64%
Zona collinare e montana	UF	SI-Poggibonsi	65%	67%	63%	62%	63%	67%	61%

**Tabella 4.2.4. Trend della percentuale di PM2,5 nel PM10 nelle stazioni di RR dal 2015 al 2021**

	% PM2,5/PM10						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Media % complessiva	68%	64%	65%	62%	61%	63%	60%
Media % fondo	69%	66%	65%	64%	62%	64%	61%
Media % traffico	65%	61%	63%	59%	58%	60%	58%

Come mostrano i dati in tabella dal 2015 al 2021 le % di PM2,5 nel PM10 sono tendenzialmente diminuite, suggerendo la diminuzione del contributo della componente secondaria delle polveri PM10.

Grafico 4.2.4. PM2,5 - Confronto della percentuale di PM2,5 nel PM10 dal 2015 al 2021

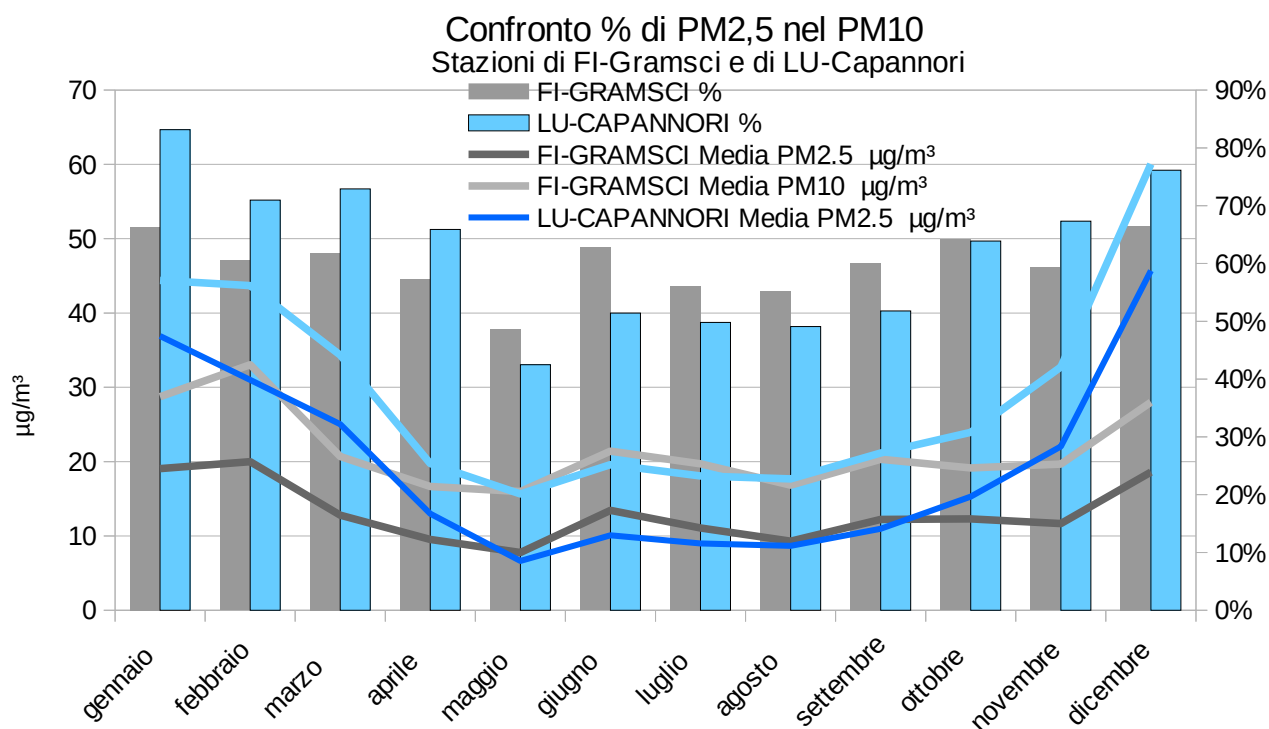


Esaminando gli andamenti delle medie mensili di PM10, PM2,5 e del loro rapporto per le stazioni di RR, si nota che la variazione della percentuale di PM2,5 nel PM10 è più marcata nell'arco dell'anno nelle stazioni di fondo rispetto alle stazioni di traffico. Le percentuali più elevate si osservano nei mesi in cui i due inquinanti sono più abbondanti. Si riporta come esempio il grafico di due stazioni ritenute le più rappresentative delle tipologie di siti.

**Tabella 4.2.5. Confronto della variazione della percentuale nell'arco dei mesi di frazione PM2,5 nel PM10 in due stazioni stazioni di traffico e di fondo**

Anno 2021	FI-GRAMSCI			LU-CAPANNORI		
mese	Media PM2.5 µg/m³	Media PM10 µg/m³	% media mese	Media PM2.5 µg/m³	Media PM10 µg/m³	% media mese
gennaio	19	29	66%	37	44	83%
febbraio	20	33	61%	31	44	71%
marzo	13	21	62%	25	34	73%
aprile	10	17	57%	13	20	66%
maggio	8	16	49%	7	16	42%
giugno	13	21	63%	10	20	51%
luglio	11	20	56%	9	18	50%
agosto	9	17	55%	9	18	49%
settembre	12	20	60%	11	21	52%
ottobre	12	19	64%	15	24	64%
novembre	12	20	59%	22	33	67%
dicembre	19	28	66%	46	60	76%

**Grafico 4.2.5. Confronto della variazione della percentuale di frazione PM2,5 nel PM10 in due stazioni stazioni di traffico e di fondo**





### Andamenti degli indicatori (2011-2021)

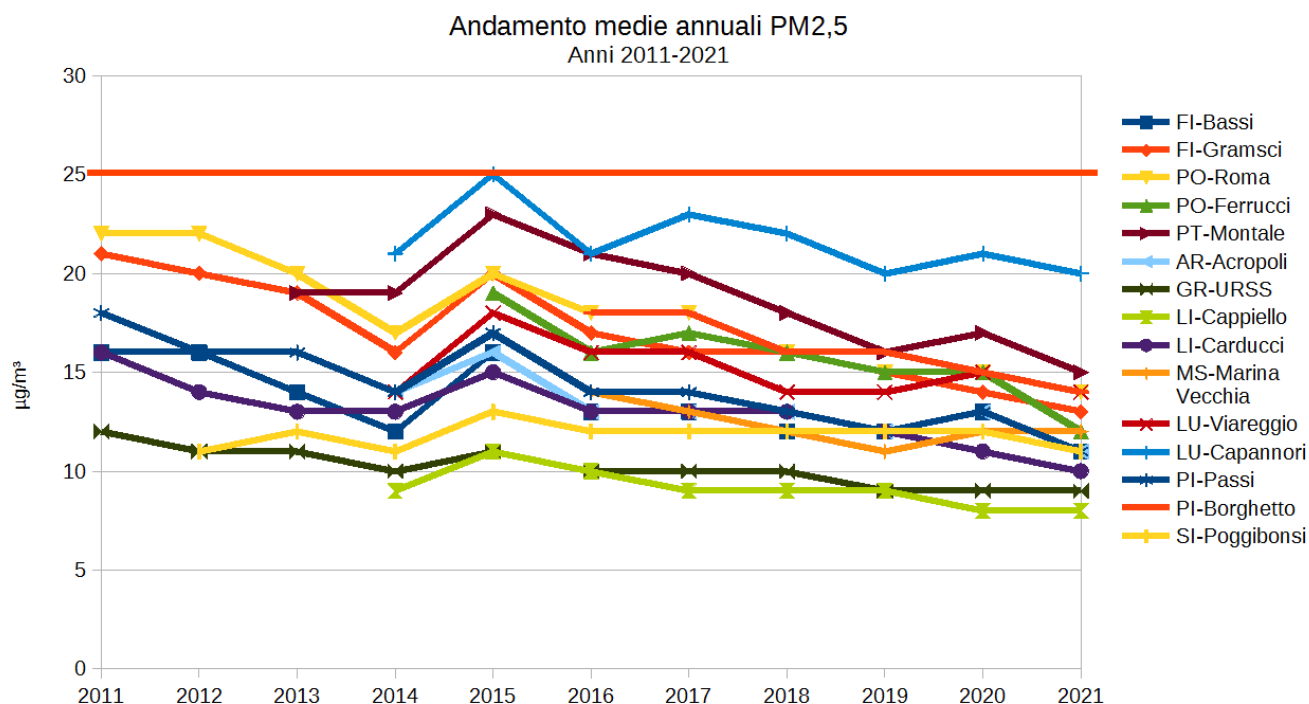
Si riportano di seguito le tabelle e i grafici relativi agli andamenti delle medie annuali di PM<sub>2,5</sub> degli ultimi 10 anni per ogni stazione di Rete Regionale.

*Tabella 4.2.6. PM<sub>2,5</sub> - Medie annuali. Andamenti 2010-2021 per le stazioni di Rete Regionale*

Stazione	Medie annuali in $\mu\text{g}/\text{m}^3$										
	V.L. = $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
FI-Bassi	16	16	14	12	16	13	13	12	12	13	11
FI-Gramsci	21	20	19	16	20	17	16	16	15	14	13
PO-Roma	22	22	20	17	20	18	18	16	15	15	14
PO-Ferrucci	-	-	-	*	19	16	17	16	15	15	12
PT-Montale	-	-	19	19	23	21	20	18	16	17	15
AR-Acropoli	-	-	*	14	16	13	13	13	12	13	11
GR-URSS	12	11	11	10	11	10	10	10	9	9	9
LI-Cappiello	-	-	-	9	11	10	9	9	9	8	8
LI-Carducci	16	14	13	13	15	13	13	13	12	11	10
MS-Marina Vecchia	-	-	-	-	*	14	13	12	11	12	12
LU-Viareggio	-	-	-	14	18	16	16	14	14	15	14
LU-Capannori	-	-	-	21	25	21	23	22	20	21	20
PI-Passi	18	16	16	14	17	14	14	13	12	13	11
PI-Borghetto	-	-	-	-	*	18	18	16	16	15	14
SI-Poggibonsi	-	11	12	11	13	12	12	12	12	12	11
media regionale	17,5	15,7	15,5	14,2	17,2	15,1	15,0	14,1	13,3	13,5	12,3
media fondo	17,0	15,2	15,3	14,1	17,0	14,8	14,8	13,9	13,1	13,6	12,4
media traffico	18,5	17	16	14,5	18	15,6	15,4	14,6	13,8	13,4	12,2

La tabella e il relativo grafico indicano come le medie annuali di PM<sub>2,5</sub> 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<sub>2,5</sub> - Medie annuali. Andamenti 2011-2021 per le stazioni di Rete Regionale**



Nei grafici seguenti sono riportati gli andamenti delle medie annuali di PM<sub>2,5</sub> per tipologia di stazione.

Nel grafico seguente, in rosso, è riportato l'andamento della media regionale complessiva, in grigio l'andamento della media delle stazioni da traffico, in verde l'andamento della media calcolata sulle stazioni di fondo. Le barre arancio evidenziano invece la differenza tra la media del fondo e del traffico che dopo 9 anni, come già del 2020 è positiva.

Il grafico 4.2.7. è analogo al grafico 4.1.8. del PM<sub>10</sub>. Le barre verticali mostrano lo scarto tra la media massima e minima per tipologia di stazione, in grigio per il traffico e in blu per il fondo; inoltre sono riportati l'andamento delle medie complessive del PM<sub>2,5</sub>, in verde, l'andamento della media del traffico in grigio e del fondo in blu.

Grafico 4.2.7. PM2.5 - Andamenti delle medie di PM2,5 calcolate per tipologia di stazione

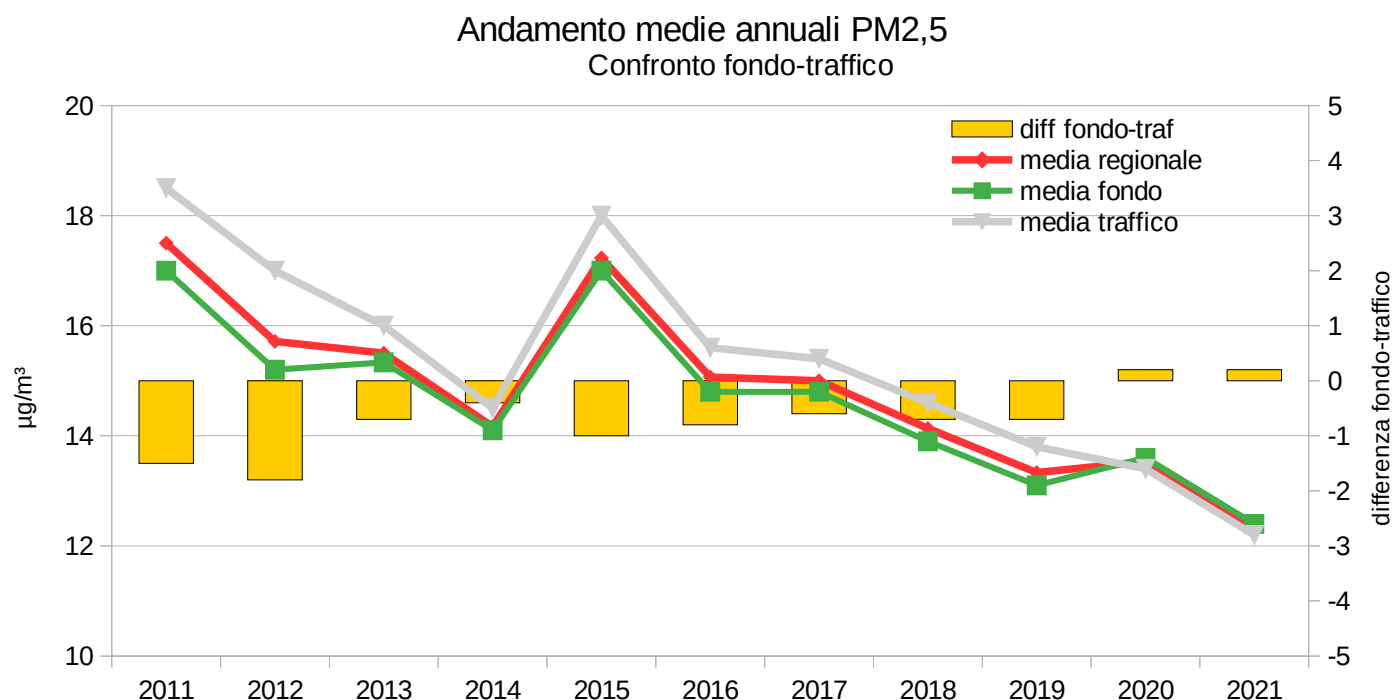
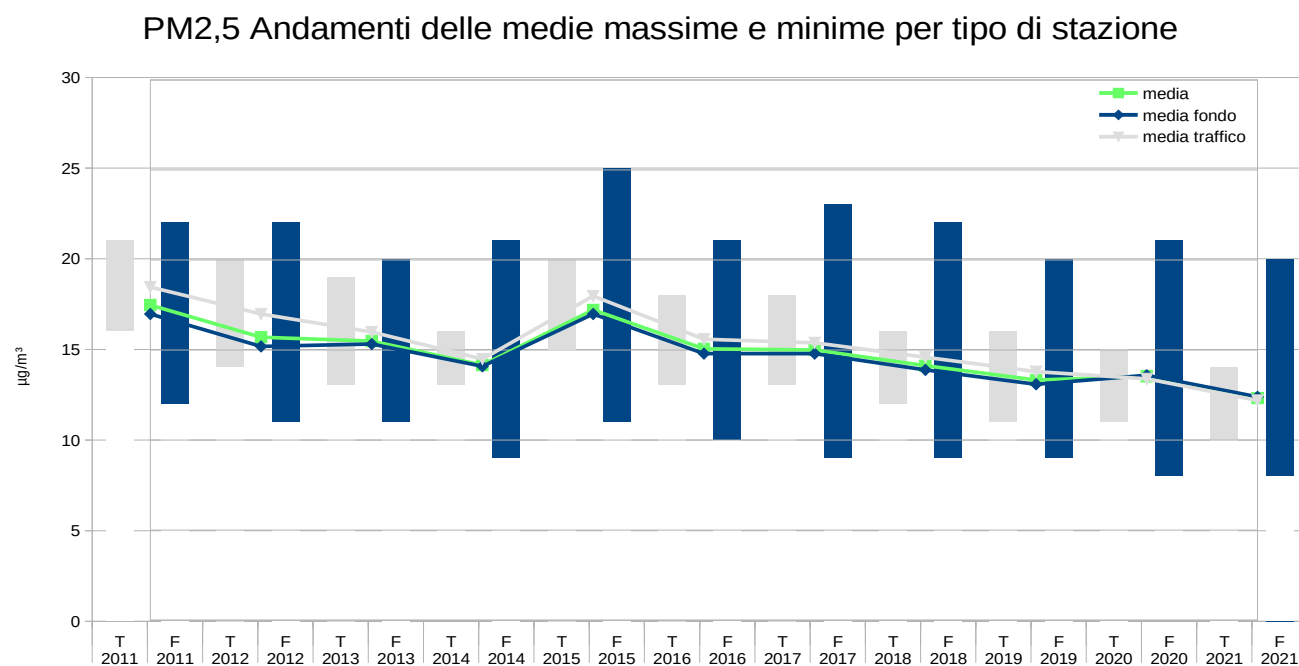


Grafico 4.2.8. PM2.5 – Andamenti del massimo e del minimo delle medie annuali dal 2011 al 2021 per tipologia di stazione



### 4.3. NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>

I valori limite di legge per il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) sono stati confrontati con gli indicatori calcolati sui dati registrati nel 2021.

**Tabella 4.3.1. NO<sub>2</sub> - Elaborazioni relative alle stazioni di Rete Regionale anno 2021**

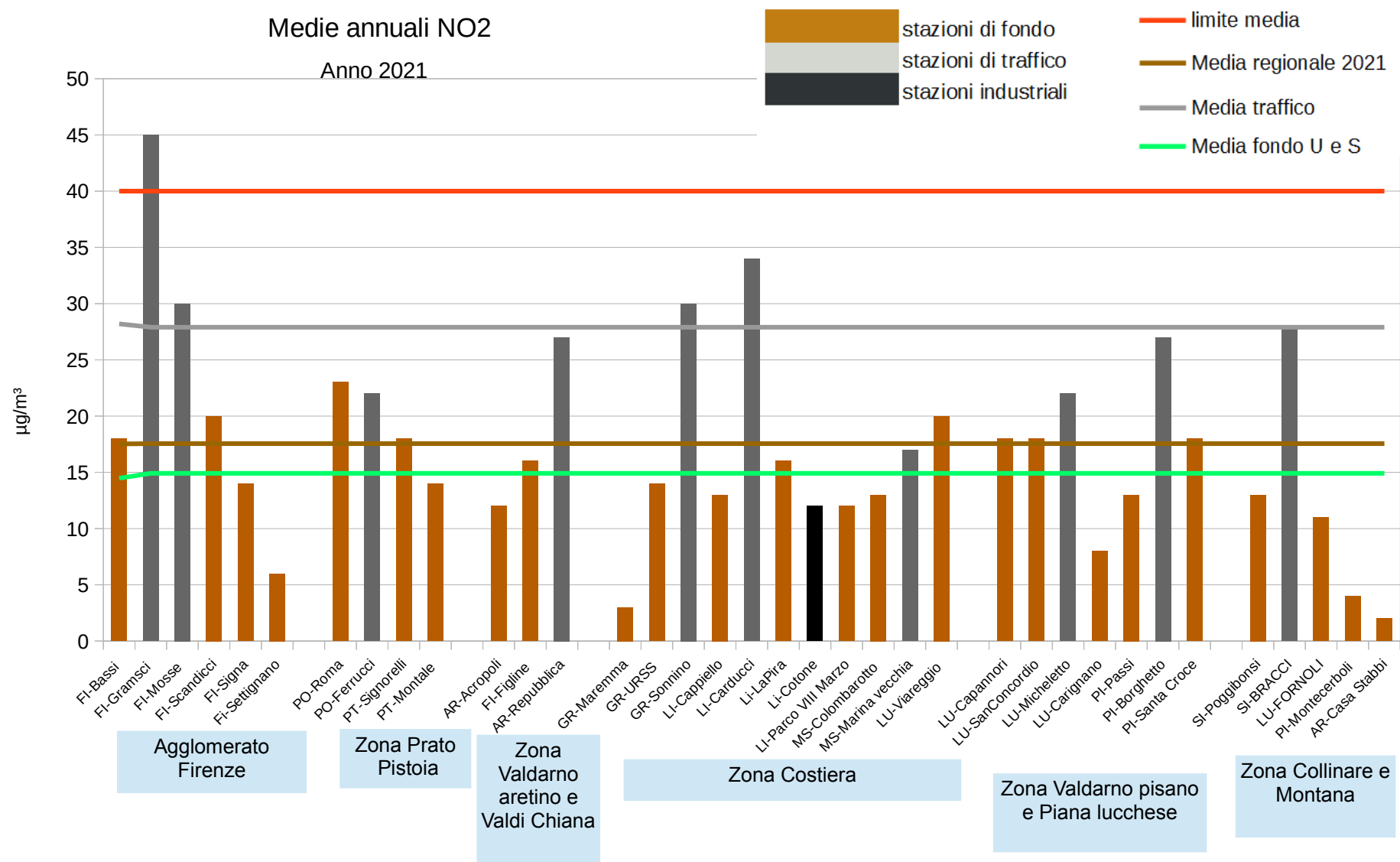
Zona	Class Zona e stazione	Prov	Comune	Nome stazione	N° medie orarie > 200 µg/m³	V.L.	Media annuale (µg/m³)	V.L.	
Agglomerat o di Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	0	18	18	40	
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	0		45		
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	0		30		
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	0		20		
	UF	FI	Signa	FI-Signa	0		14		
	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	0		6		
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0		23		
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	0		22		
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	0		18		
	SF	PT	Montale	PT-Montale	0		14		
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0		12		
	UF	FI	FiglineValdarno	FI-Figline	0		16		
	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	0		27		
Zona Costiera	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	0		3		
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	0		14		
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	0		30		
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	0		13		
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	0		34		
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	0		16		
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	0		12		
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII Marzo	0		12		
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	0		13		
	UT	MS	Massa	MS-Marinavecchia	0		17		
	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	0		20		
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	0		18		
	UF	LU	Lucca	LU-San Concordio	0		18		
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	0		22		
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	0		8		
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	0		13		
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	0		27		
	SF	PI	S.Croce sull'Arno	PI-Santa Croce	0		18		
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	0		13		
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	0		28		
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	0		11		
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0		4		
	R regF	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	0		2		
Media annuale complessiva Rete Regionale (µg/m³)							18		
Media annuale stazioni di tipo fondo urbano e suburbano (µg/m³)							15		
Media annuale stazioni di tipo traffico urbano (µg/m³)							28		

I limiti indicati dall'allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i. sono: il numero massimo di 18 per le medie orarie con concentrazione superiore a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e la media annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Durante il 2021 non si è verificato alcun episodio di superamento della media oraria di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , rispettando pienamente il primo parametro in tutto il territorio, come avviene già da diversi anni. Le medie annuali sono state tutte inferiori a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con pieno rispetto del limite, con l'eccezione della stazione di traffico di FI-Gramsci presso la quale la media è stata pari a  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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 risultata quasi il doppio della media calcolata sulle stazioni di fondo urbano e suburbano.

Sono state calcolate le medie delle stazioni di fondo zona per zona, esclusi i siti rurali, ottenendo la seguente panoramica:

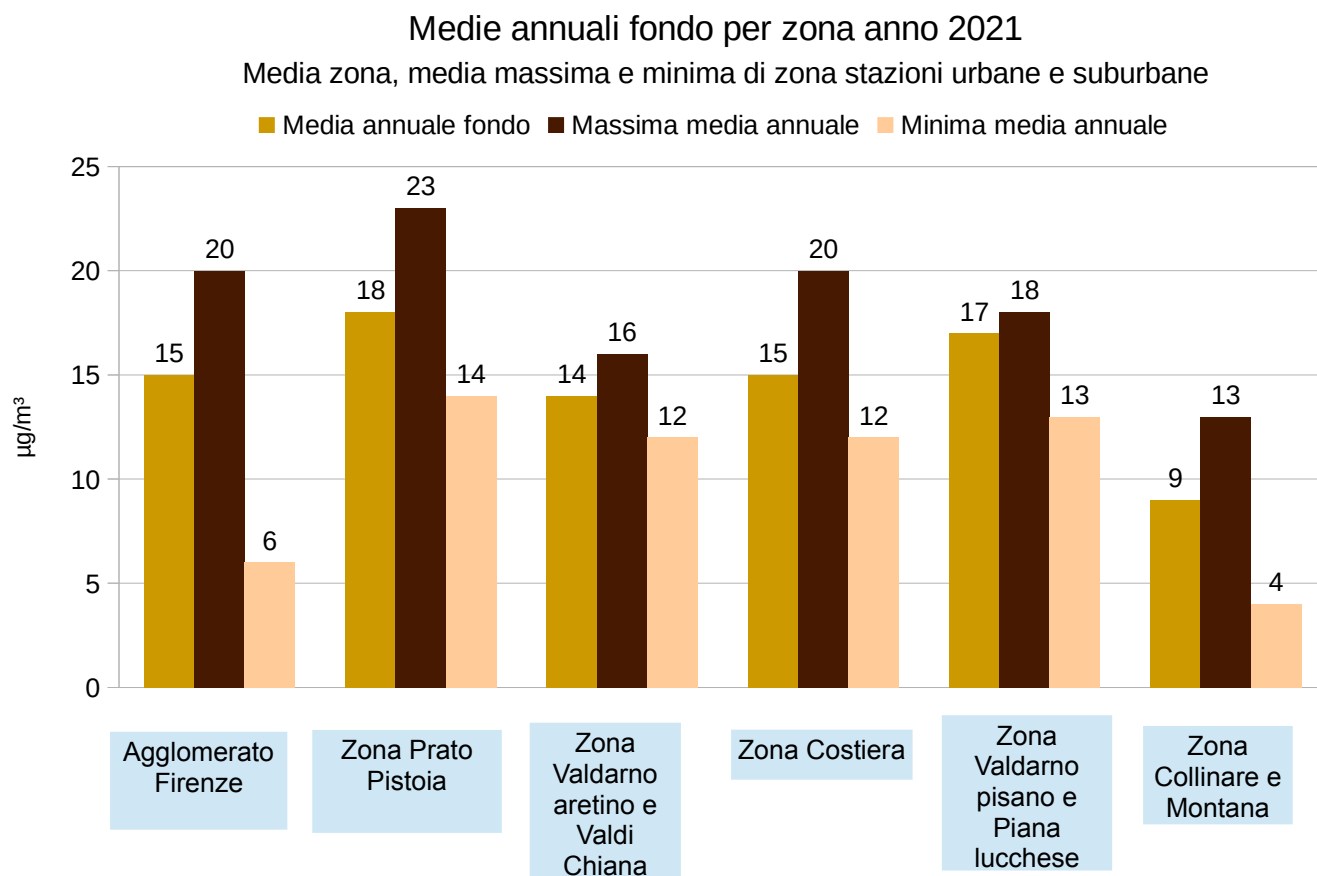
- il fondo medio di  $\text{NO}_2$  più elevato è stato registrato nella zona di PO e PT, con media pari a  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e nella zona del Valdarno pisano e Piana lucchese, con media  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; queste sono le due zone caratterizzate da concentrazioni medie annuali più elevate;
- nell'Agglomerato di Firenze, nella zona del Valdarno aretino e nella zona Costiera le medie del fondo sono state pari a  $14\text{-}15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- la zona che ha registrato le concentrazioni medie di fondo minori è la zona collinare e montana con media della zona pari a  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Grafico 4.3.1. NO<sub>2</sub> - medie annuali 2021



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

*Grafico 4.3.2. NO<sub>2</sub> - Medie annuali (µg/m<sup>3</sup>) delle stazioni di fondo anno 2021, per zona*



È stato elaborato il grafico box plot ottenuto calcolando alcune statistiche di base (media, mediana, percentili) sulle concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> per le stazioni di Rete Regionale con l'obiettivo di dare una rappresentazione sintetica della distribuzione statistica dei dati.

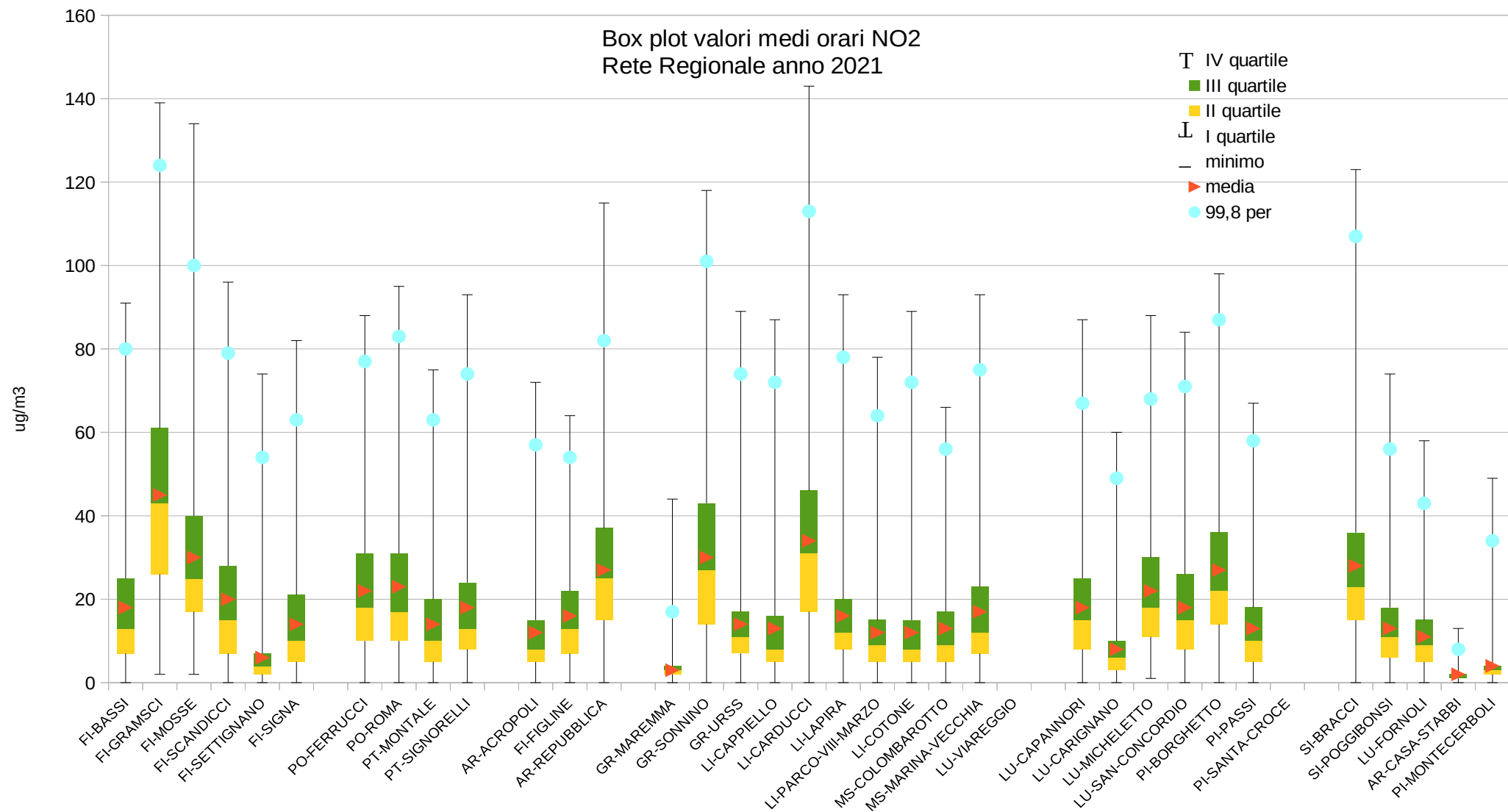
La barra rettangolare che rappresenta il range dal 25° al 75° percentile e che quindi racchiude il 50% dei valori orari dell'anno varia significativamente per quasi tutte le stazioni con ampiezza generalmente maggiore nelle stazioni di traffico, con eccezione delle stazioni rurali e suburbane più remote per le quali il 75% dei valori ha misurato pochi ppb.

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.

Per quanto riguarda i valori di riferimento suggeriti dall'OMS, anche per il biossido di azoto sono stati indicati nuovi parametri di riferimento, ovvero una media annua di 10µg/m<sup>3</sup>, e una media giornaliera di 25µg/m<sup>3</sup>, che sono molto più restrittivi dei limiti precedenti. Il confronto con i riferimento OMS è discusso in Allegato 3.



Grafico 4.3.3. Box plot dei valori medi orari di NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]



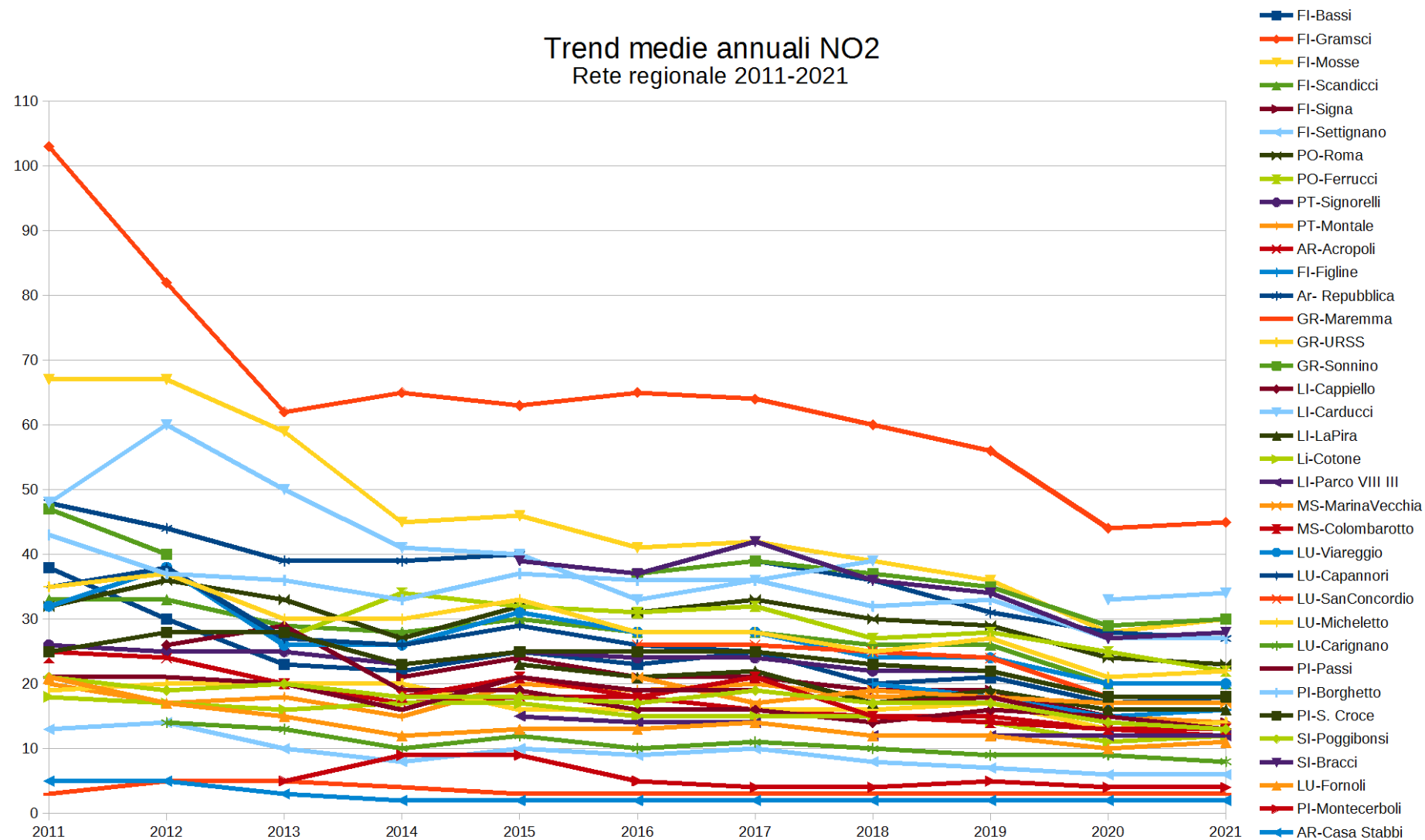
## Andamenti degli indicatori (2011-2021)

Tabella 4.3.2. NO<sub>2</sub> – Medie annuali. Andamenti 2011-2021 per le stazioni di Rete Regionale

Zona	Class	Prov	Comune	Nome stazione	Medie annuali in µg/m³											Nome stazione
					V.L. = 40 µg/m³											
					2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Agglom. Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	38	30	23	22	25	23	25	20	21	17	18	FI-Bassi
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	103	82	62	65	63	65	64	60	56	44	45	FI-Gramsci
	UT	FI	Firenze	FI-Mosse	67	67	59	45	46	41	42	39	36	28	30	FI-Mosse
	UF	FI	Scandicci	FI-Scandicci	33	33	29	28	30	28	28	26	26	20	20	FI-Scandicci
	UF	FI	Signa	FI-Signa	-	-	-	21	24	21	21	19	19	15	14	FI-Signa
	SF	FI	Firenze	FI-Settignano	13	14	10	8	10	9	10	8	7	6	6	FI-Settignano
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	32	36	33	27	32	31	33	30	29	24	23	PO-Roma
	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	*	*	27	34	32	31	32	27	28	25	22	PO-Ferrucci
	UF	PT	Pistoia	PT-Signorelli	26	25	25	23	25	24	24	22	22	18	18	PT-Signorelli
	SF	PT	Montale	PT-Montale	20	17	18	15	20	19	20	18	18	15	14	PT-Montale
Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	25	24	20	17	18	18	16	15	15	13	12	AR-Acropoli
	UF	FI	Figline Valdarno	FI-Figline	-	-	-	-	-	-	*	20	18	15	16	FI-Figline
	UT	AR	Arezzo	Ar- Repubblica	48	44	39	39	40	35*	39	36	31	28	27	Ar- Repubblica
Zona costiera	RF	GR	Grosseto	GR-Maremma	3	5	5	4	3	3	3	3	3	3	3	GR-Maremma
	UF	GR	Grosseto	GR-URSS	19	20	20	20	16	16	16	16	17	13	14	GR-URSS
	UT	GR	Grosseto	GR-Sonnino	47	40	-	-	-	37	39	37	35	29	30	GR-Sonnino
	UF	LI	Livorno	LI-Cappiello	*	26	29	19	19	16	16	14	16	15	13	LI-Cappiello
	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	48	60	50	41	40	33	36	39	*	33	34	LI-Carducci
	UF	LI	Livorno	LI-LaPira	-	-	-	*	23	21	22	17	19	16	16	LI-LaPira
	SI	LI	Piombino	LI-Cotone	18	17	16	17	17	15	15	15	14	11	12	LI-Cotone
	UF	LI	Piombino	LI-Parco VIII III	-	-	-	*	15	14	14	12	12	12	12	LI-Parco VIII III
	UT	MS	Massa	MS-MarinaVecchia	-	-	-	-	*	21	17	19	18	17	17	MS-MarinaVecchia
	UF	MS	Carrara	MS-Colombarotto	24	*	20	18	21	18	21	15	14	13	13	MS-Colombarotto
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Viareggio	LU-Viareggio	32	38	26	26	31	28	28	24	24	20	20	LU-Viareggio
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	35	38	27	26	29	26	25	23	22	18	18	LU-Capannori
	UF	LU	Lucca	LU-SanConcordio	-	-	-	-	*	26	26	25	24	18	18	LU-SanConcordio
	UT	LU	Lucca	LU-Micheletto	35	37	30	30	33	28	28	25	27	21	22	LU-Micheletto
	RF	LU	Lucca	LU-Carignano	*	14	13	10	12	10	11	10	9	9	8	LU-Carignano
	UF	PI	Pisa	PI-Passi	21	21	20	16	21	19	19	17	18	14	13	PI-Passi
	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	43	37	36	33	37	36	36	32	33	27	27	PI-Borghetto
	SF	PI	S.Croce sull'Arno	PI-S. Croce	25	28	28	23	25	25	25	23	22	18	18	PI-S. Croce
Zona Collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	21	19	20	18	18	17	19	17	17	14	13	SI-Poggibonsi
	UT	SI	Siena	SI-Bracci	-	-	-	*	39	37	42	36	34	27	28	SI-Bracci
	UF	LU	Bagni di Lucca	LU-Fornoli	21	17	15	12	13	13	14	12	12	10	11	LU-Fornoli
	SF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	-	*	5	9	9	5	4	4	5	4	4	PI-Montecerboli
	R req	FAR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	5	5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	AR-Casa Stabbi

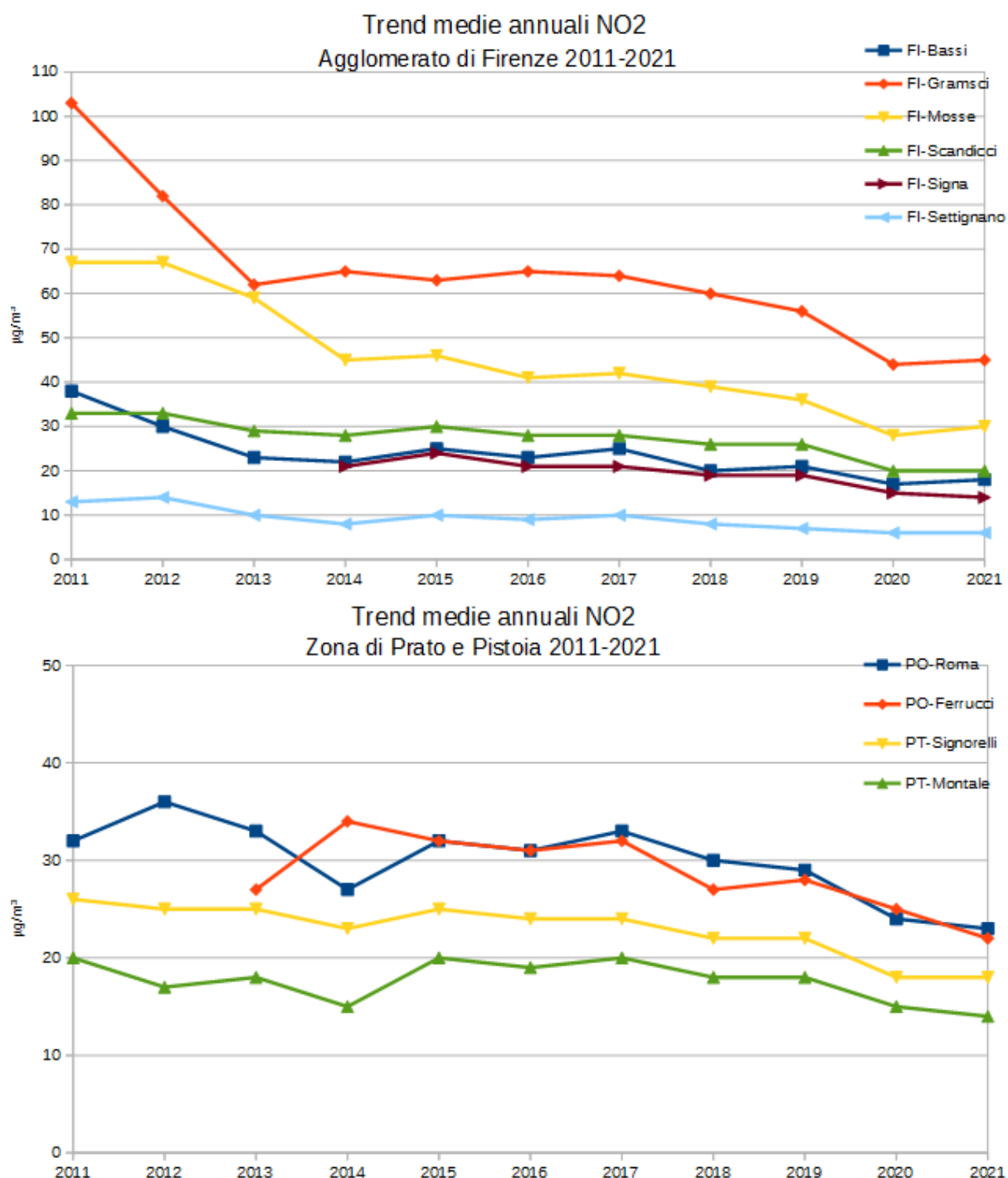
\* efficienza minore del 90% , -parametro non attivo

Grafico 4.3.4. NO<sub>2</sub> – Medie annuali. Andamenti 2011 -2021

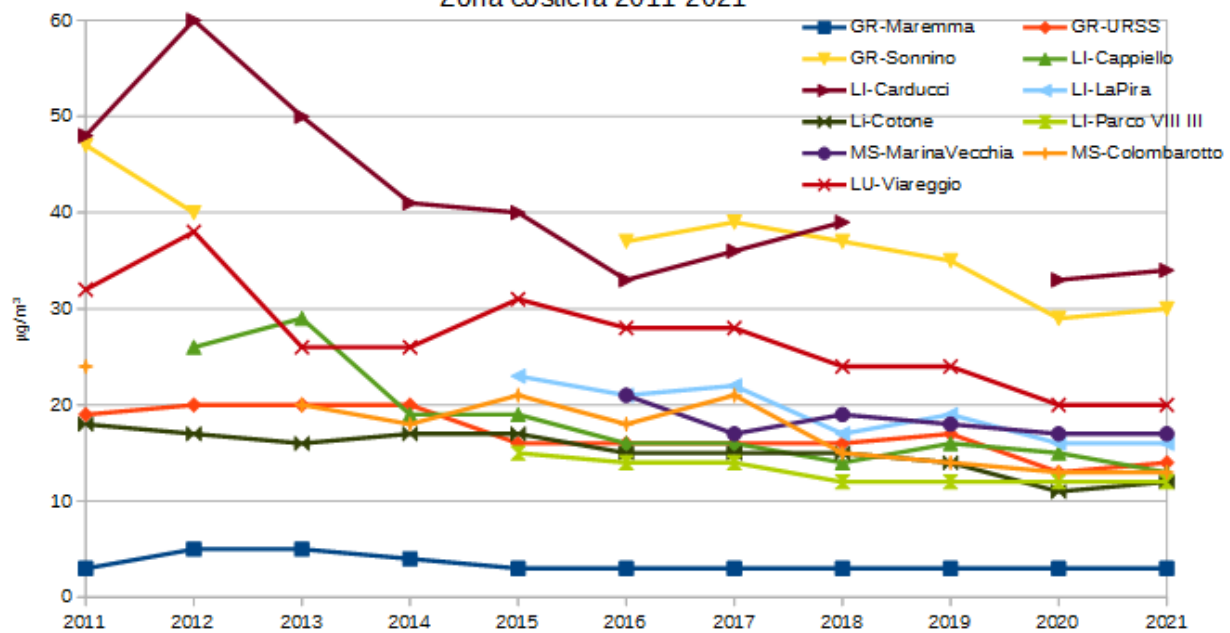


Come mostrano chiaramente i dati in tabella 4.3.2 e il grafico 4.3.4 e i grafici per zona 4.3.4 bis, il trend delle medie annuali di biossido di azoto degli ultimi anni tende alla diminuzione; il numero di stazioni che ha superato il valore limite per la media annuale è diminuito nel corso degli anni, e negli ultimi due anni ha superato soltanto in una stazione di traffico.

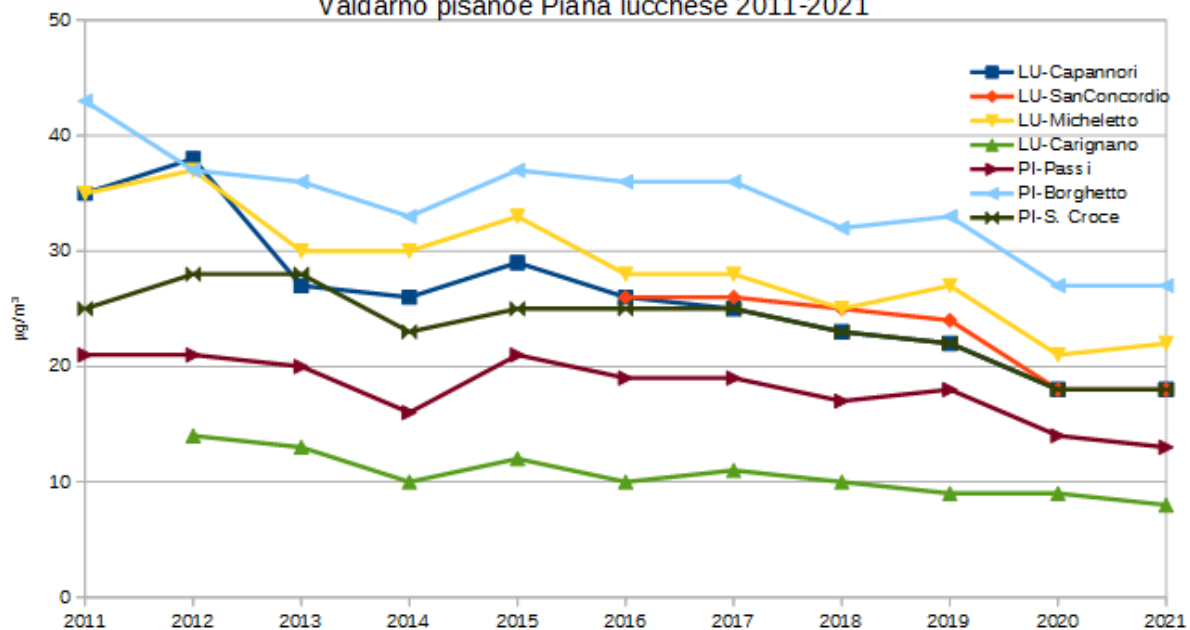
Grafico 4.3.4 bis. NO<sub>2</sub> – Medie annuali. Andamenti 2011 - 2021 per zona



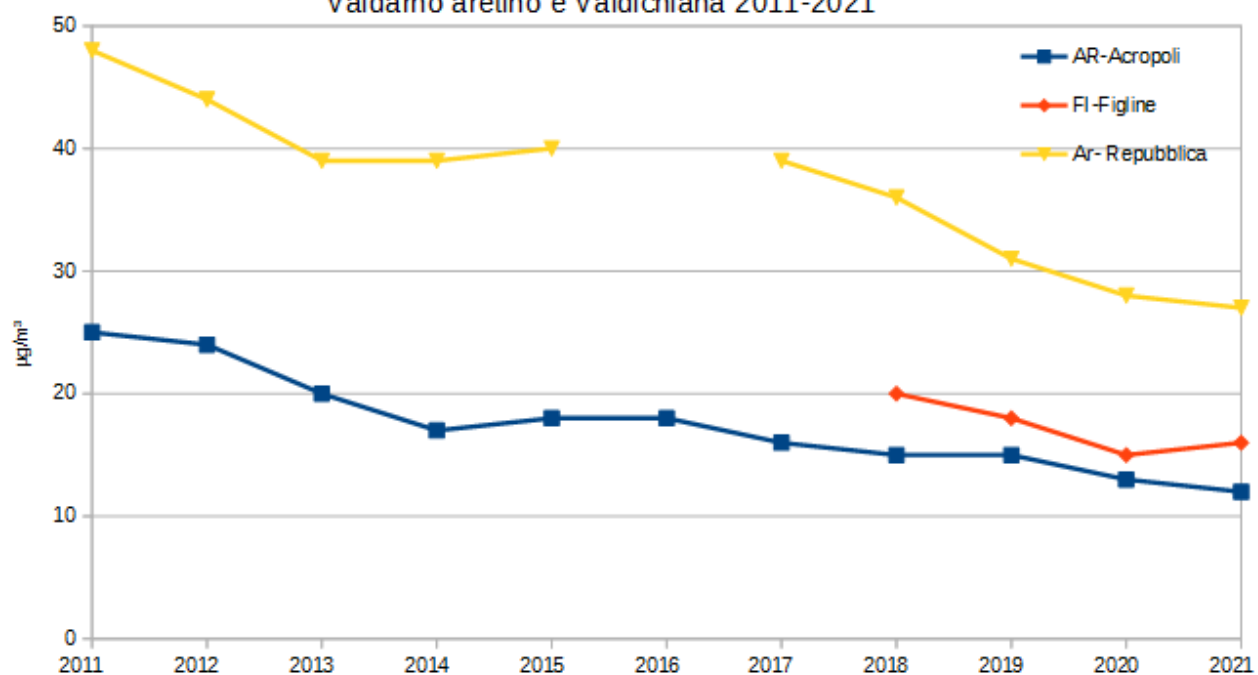
Trend medie annuali NO<sub>2</sub>  
Zona costiera 2011-2021



Trend medie annuali NO<sub>2</sub>  
Valdarno pisane e Piana lucchese 2011-2021



Trend medie annuali NO2  
Valdamo aretino e Valdichiana 2011-2021



Trend medie annuali NO2  
Zona Collinare e Montana 2011-2021

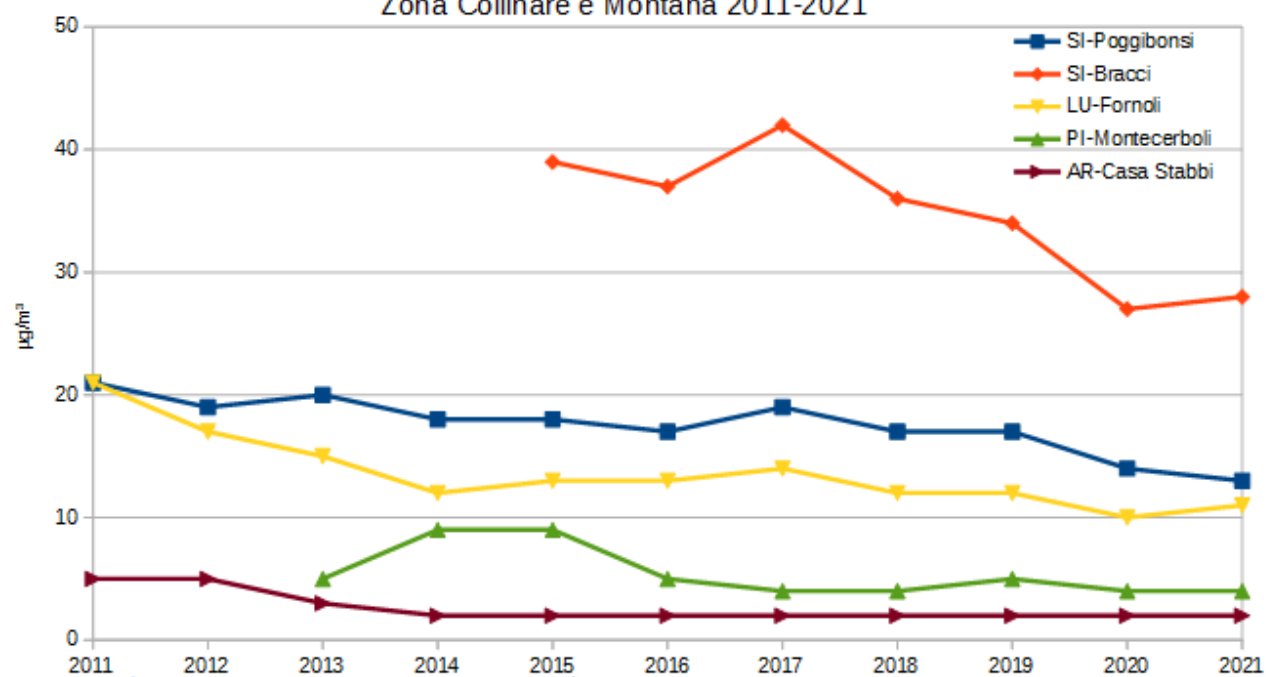
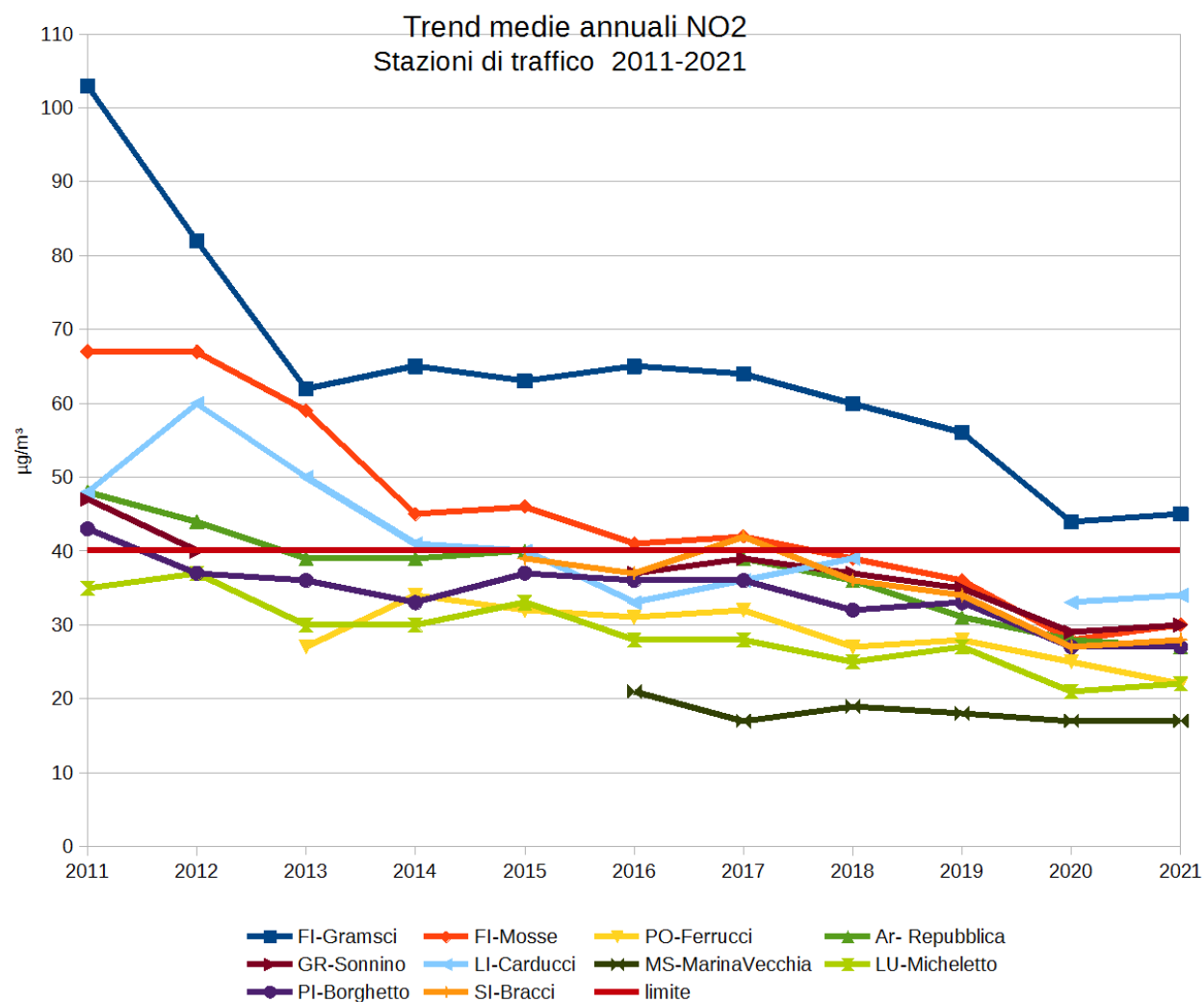
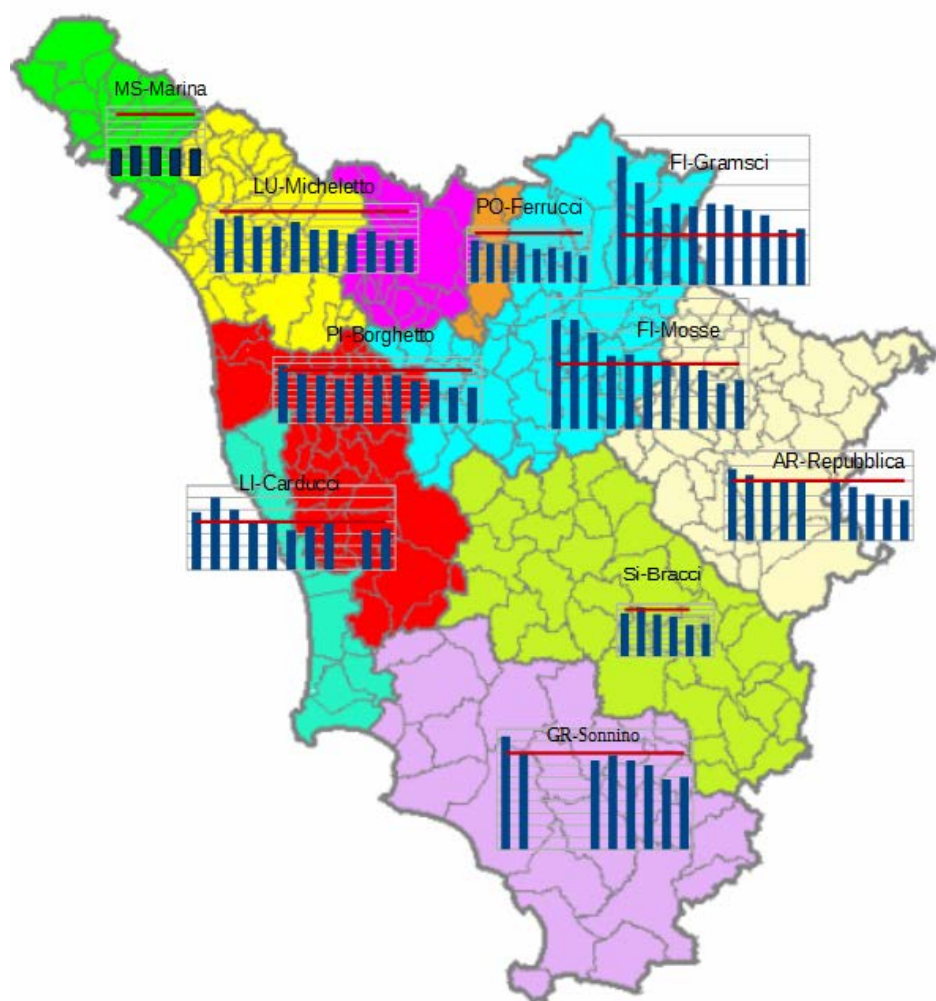


Grafico 4.3.4 tris. NO<sub>2</sub> – Medie annuali. Andamenti 2011 - 2021 stazioni di traffico

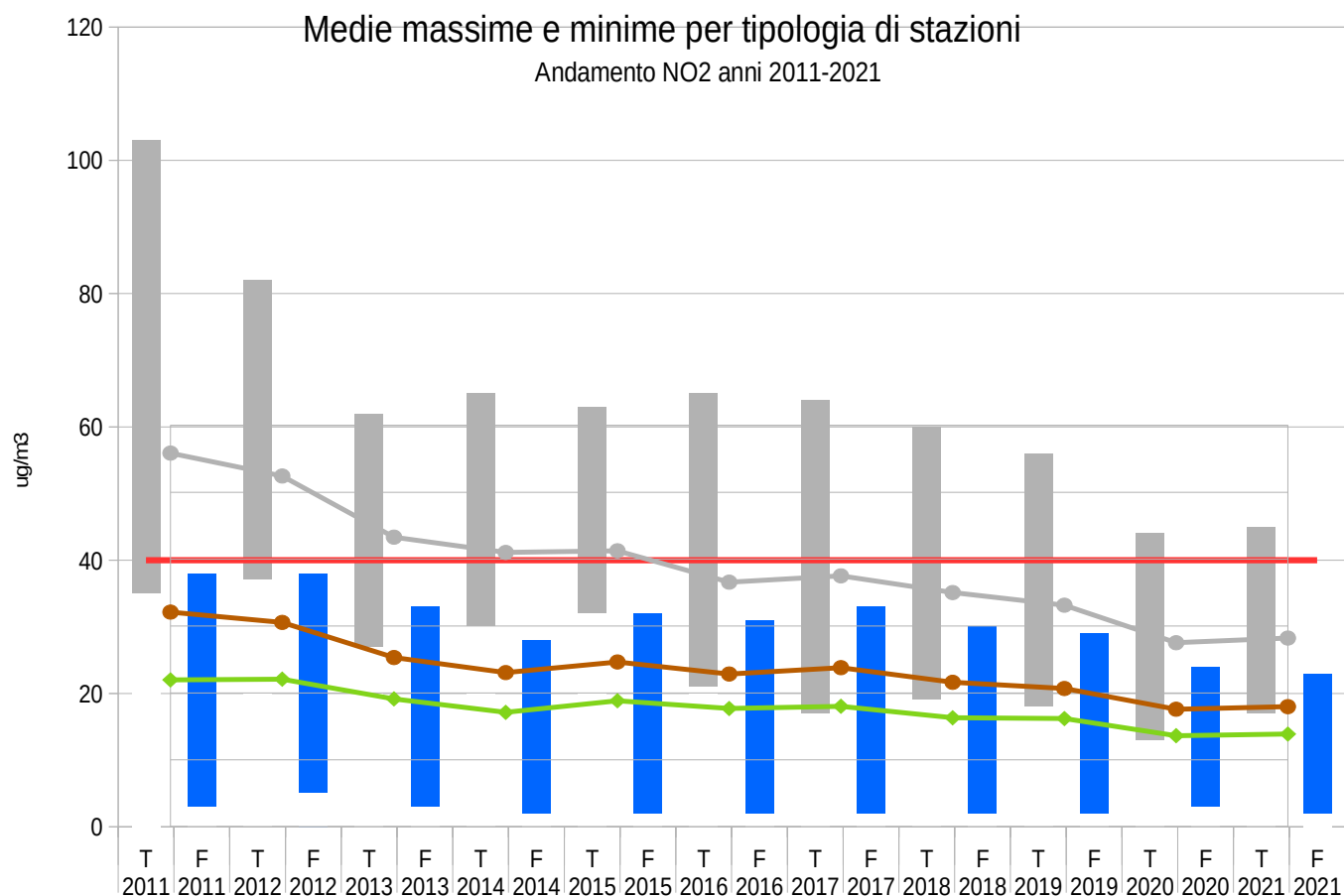


*Mappa 4.3.1. NO<sub>2</sub> – Mappa andamento valori medi annuali (  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ) e confronto con il limite normativo per le stazioni di traffico.*





**Grafico 4.3.5. NO<sub>2</sub> – Andamenti della concentrazione media annuale dal 2011 al 2021 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 tutte ampiamente inferiori al limite di legge, mentre presso i siti di traffico (barre grigie) le medie sono caratterizzate da valori più elevati, con il valore massimo ben lontano dal rispetto del valore limite.

*Tabella 4.3.3. NO<sub>x</sub> - Elaborazioni relative alle stazioni di Rete Regionale anno 2021*

<b>Zona</b>	<b>Class. Zona</b>	<b>Class. Stazione</b>	<b>Prov.</b>	<b>Comune</b>	<b>Nome stazione</b>	<b>Media annuale (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Valore limite (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Zona collinare e montana	R reg	F	AR	Chitignano	AR-Casa Stabbi	3	30

L'indicatore NO<sub>x</sub> 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 di fondo di Chitignano, presso la quale i valori di NO<sub>x</sub> sono costantemente molto bassi e a livelli nettamente inferiori al valore limite.

## 4.4. Ozono

Gli indicatori elaborati sui dati del 2021 sono stati confrontati con i parametri di normativa e i risultati sono riportati nelle tabelle seguenti.

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  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

*Tabella 4.4.1. O<sub>3</sub> - Elaborazioni relative alle stazioni di Rete Regionale anno 2021*

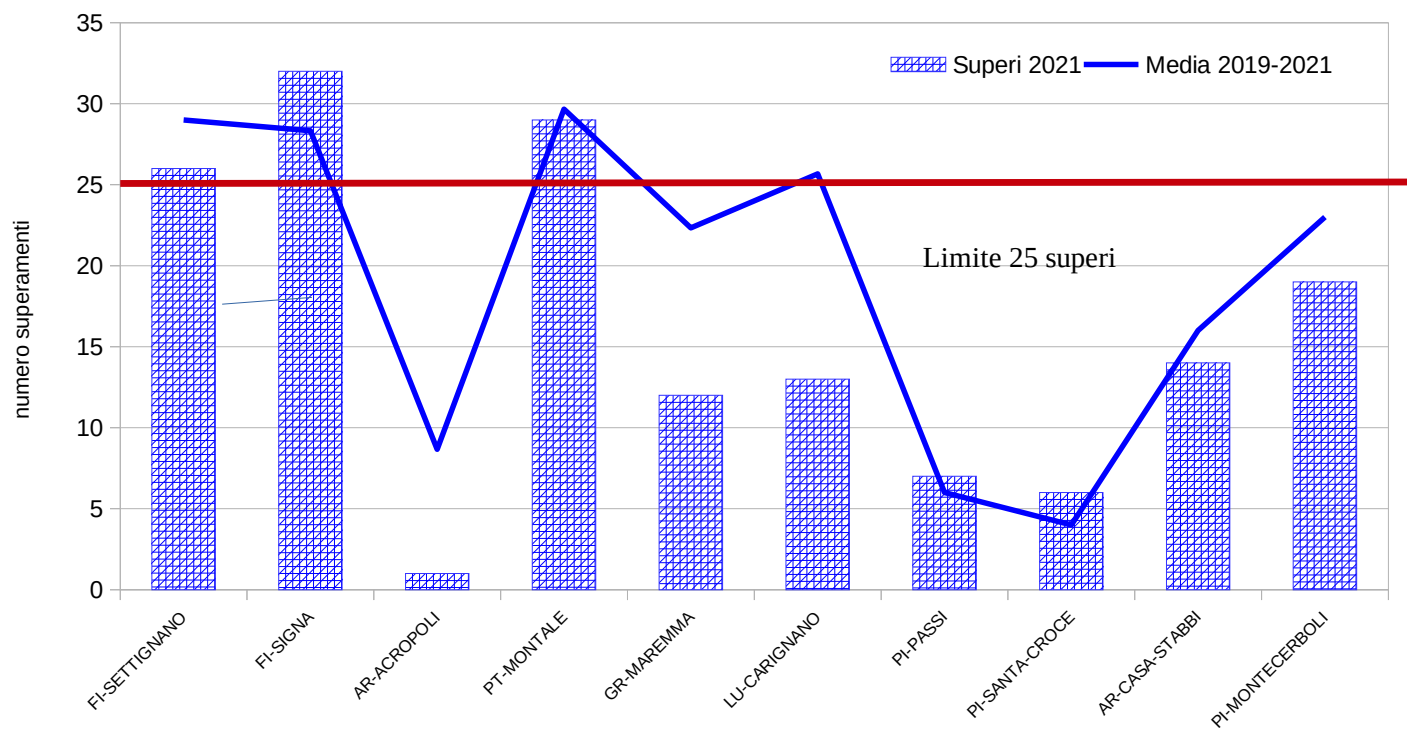
					N° medie su 8 ore massime giornaliere $>120\mu\text{g}/\text{m}^3$		AOT40 Maggio/Luglio	
Indicatori per Ozono Anno 2021					Valore obiettivo protezione salute umana: max 25 superamenti media 3 anni		Valore obiettivo protezione vegetazione ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ ): 18000 media 5 anni	
Zona	Class.	Prov.	Comune	Stazione	Superi 2021	Media 2019-2021	AOT40 2021	Media 2017-2021
Agglomerato Firenze	S	FI	Firenze	FI-SETTIGNANO	26	29	18819	23804
	U	FI	Signa	FI-SIGNA	32	28	20023	23435
Zona pianure interne	S	AR	Arezzo	AR-ACROPOLI	1	9	9007	15383
	S	PT	Montale	PT-MONTALE	29	30	18873	22948
Zona pianure costiere	R	GR	Grosseto	GR-MAREMMA	12	22	13466	21791
	S	LU	Lucca	LU-CARIGNANO	13	26	4501	20302
	S	PI	Pisa	PI-PASSI	7	6	9244	11681
	S	PI	S. Croce sull'Arno	PI-SANTA-CROCE	6	4	6922	8323
Zona Collinare Montana	RF	AR	Chitignano	AR-CASA-STABBI	14	16	14913	17915
	S	PI	Pomarance	PI-MONTECERBOLI	19	23	18584	21320

Nonostante in Toscana l'ozono sia ancora il parametro più critico nei confronti degli indicatori indicati dalla normativa vigente, le concentrazioni di ozono misurate negli ultimi anni sono state tali da far registrare un certo miglioramento. Il valore massimo di 25 superamenti nel 2021 è stato rispettato in 8 stazioni su 10, mentre il valore obiettivo per la protezione della salute pari alla media su tre anni è ancora superato in 4 stazioni su 10. L'indicatore per la protezione della vegetazione di 18000 come AOT40 nel 2021 è stato superato in 4 stazioni su 10, mentre il valore obiettivo pari alla media su 5 anni è ancora superato in 6 stazioni. Nel 2021 non sono mai state raggiunte né la soglia di informazione né la soglia di allarme.

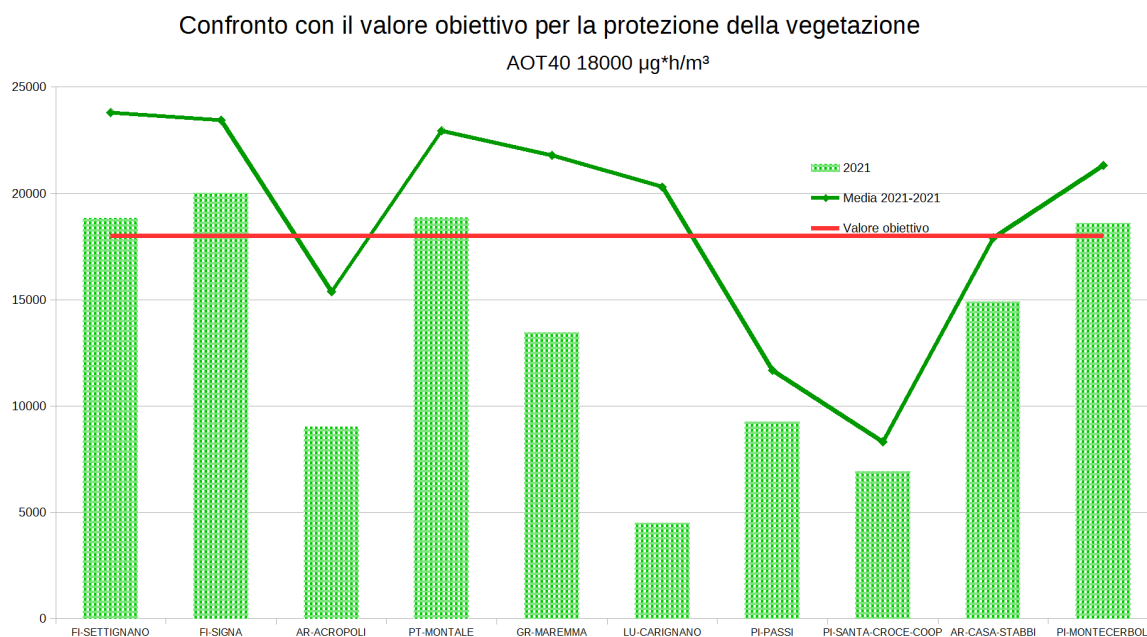
Grafico 4.4.1. O<sub>3</sub> - Indicatori di ozono 2021: obiettivo per la protezione della salute umana

Confronto con valore obiettivo per la protezione della salute

Superamenti della media su 8 ore di 120 µg/m<sup>3</sup>



**Grafico 4.4.2. O<sub>3</sub> - Indicatori di ozono 2021: obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40**

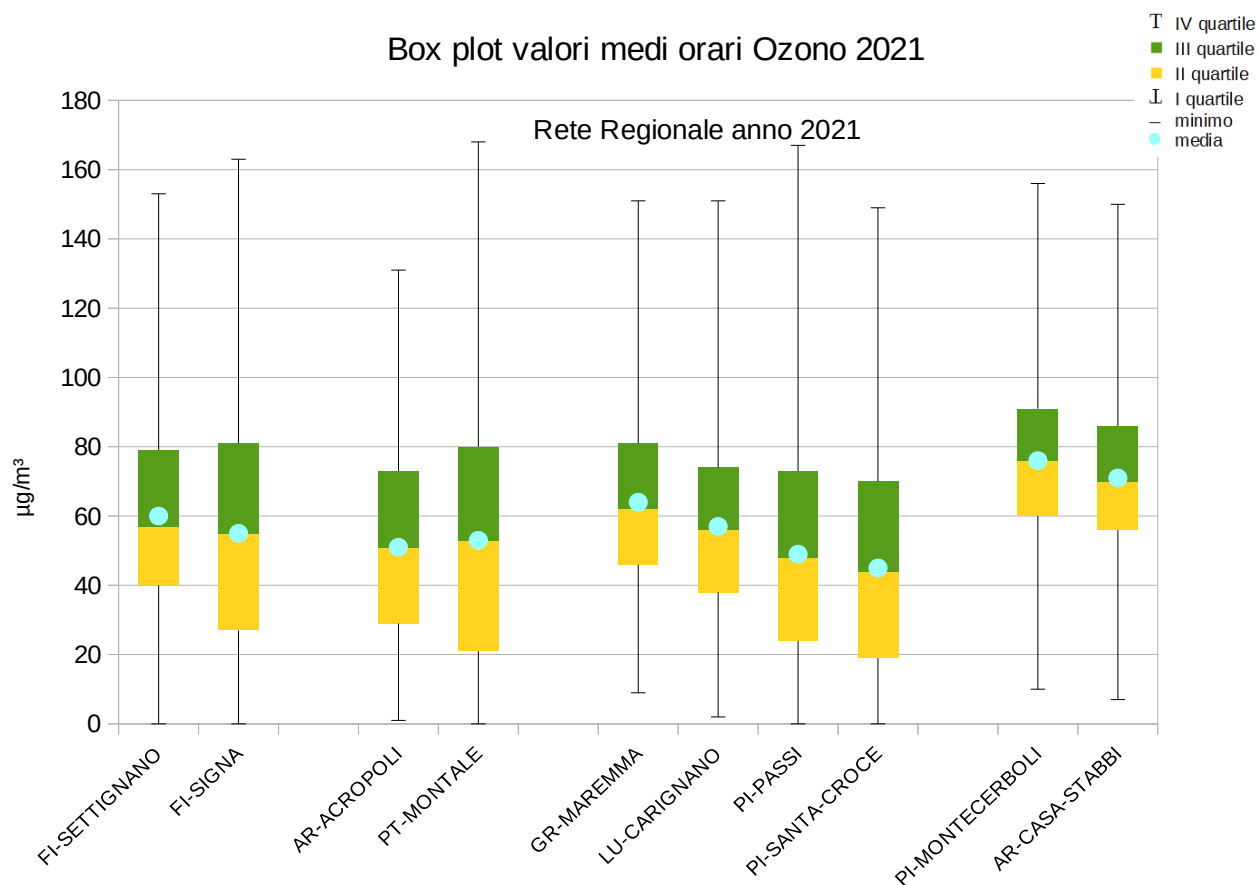


Per quanto riguarda il valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40, il superamento dell'indicatore come media su 5 anni riguarda ancora il 60% delle stazioni, nonostante che per il secondo anno consecutivo il valore dell'AOT40 sia stato mediamente inferiore agli anni precedenti.

Nei nuovi indicatori dell'OMS, oltre alla massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore pari a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  viene indicato anche il "Peak season", ovvero la media delle medie massime giornaliere di 8 ore calcolate sui 6 mesi consecutivi nei quali sono state registrate le medie di ozono più elevate, pari a  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il confronto con tali indicatori è discusso in Allegato 3.

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 alle stazioni di RR.

Grafico 4.4.3. Box plot dei valori medi orari di ozono registrati nel 2021



Il grafico mostra che i valori medi orari di ozono registrati si distribuiscono, rispetto a quanto osservato per PM e per NO<sub>2</sub>, 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 piuttosto 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, nonostante i massimi orari non abbiamo mai raggiunto il valore soglia di 180 µg/m<sup>3</sup>.

## Andamenti degli indicatori (2011-2021)

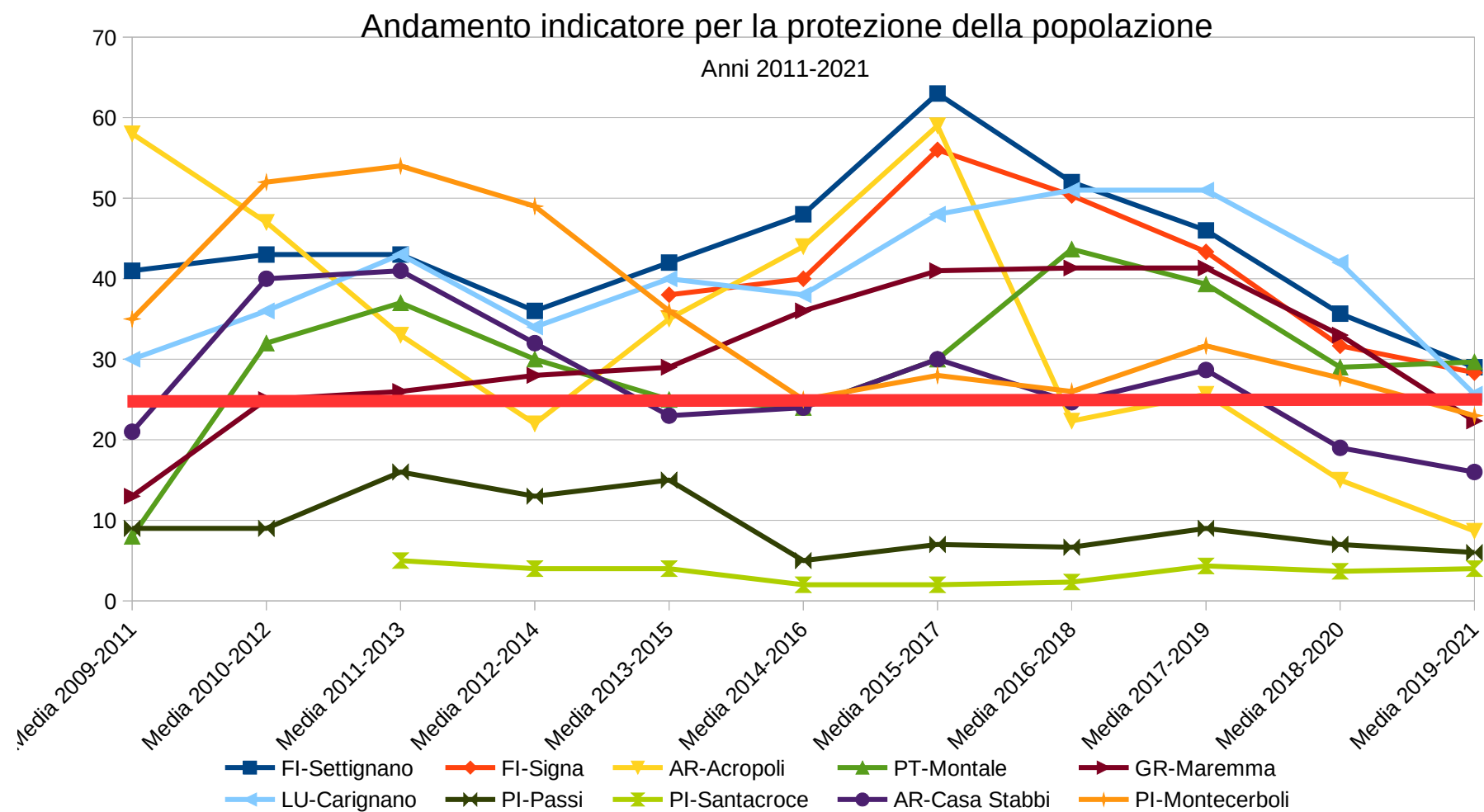
Si riportano in tabella i trend degli indicatori di ozono calcolati nell'arco temporale 2011-2021

*Tabella 4.4.2. O<sub>3</sub> - Valore obiettivo per la protezione della salute umana. Andamenti 2011-2021 n° superamenti medi in tre anni per le stazioni di Rete Regionale*

		N° medie su 8 ore massime giornaliere >120 µg/m <sup>3</sup>										
		Valore obiettivo per la protezione della salute umana limite 25 superamenti come media di tre anni										
Zona	Stazione	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	Media 2018-2020	Media 2019-2021
Agglomerato di Firenze	FI-Settignano	41	43	43	36	42	48	63	52	46	36	29
	FI-Signa	-	-	-	-	38	40	56	50	43	32	28
Zona pianure interne	AR-Acropoli	58	47	33	22	35	44	59	22	26	15	9
	PT-Montale	8	32	37	30	25	24	30	44	39	29	30
Zona pianure costiere	GR-Maremma	13	25	26	28	29	36	41	41	41	33	22
	LU-Carignano	30	36	43	34	40	38	48	51	51	42	26
	PI-Passi	9	9	16	13	15	5	7	7	9	7	6
	PI-Santacroce	-	-	5	4	4	2	2	2	4	4	4
Zona Collinare Montana	AR-Casa Stabbi	21	40	41	32	23	24	30	25	29	19	16
	PI-Montecerboli	35	52	54	49	36	25	28	26	32	28	23

Nell'ultimo decennio in Toscana si è verificato il superamento del valore obiettivo per la salute della popolazione in gran parte del territorio. Nonostante negli ultimi due anni sia stata registrata una diminuzione del numero degli episodi di media massima giornaliera di 8 ore superiore a 120 µg/m<sup>3</sup>, probabilmente dovuta anche a condizioni meteo meno sfavorevoli alla formazione di ozono rispetto agli anni precedenti, il valore obiettivo pari alla media degli ultimi tre anni ha continuato a essere superato in almeno una stazione per tre zone su 4.

Grafico 4.4.4. O<sub>3</sub> - Andamenti 2011 – 2021. N° superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana



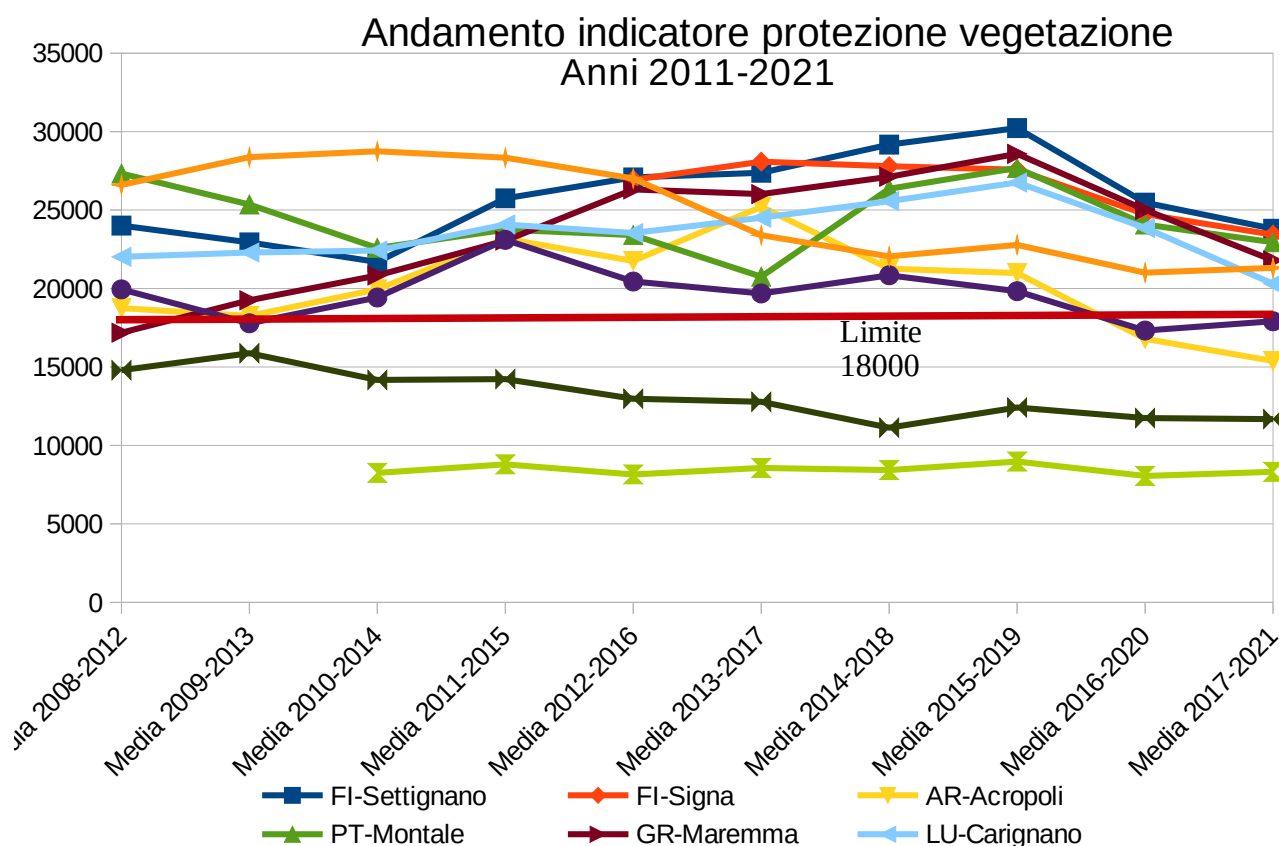


**Tabella 4.4.3. O<sub>3</sub> - Valore obiettivo per la protezione della vegetazione. Andamenti 2011-2021 per le stazioni di Rete Regionale**

		AOT40 Maggio/Luglio									
		Valore obiettivo per la protezione della vegetazione 18000 come media su 5 anni									
Zona	Stazione	Media 2008-2012	Media 2009-2013	Media 2010-2014	Media 2011-2015	Media 2012-2016	Media 2013-2017	Media 2014-2018	Media 2015-2019	Media 2016-2020	Media 2021-2021
Agglomerato Firenze	FI-Settignano	24011	22938	21693	25748	27078	27379	29172	30226	25476	23804
	FI-Signa	-	-	-	-	26930	28082	27796	27570	24731	23435
Zona pianure interne	AR-Acropoli	18749	18252	19952	23179	21757	25215	21266	20987	16793	15383
	PT-Montale	27325	25352	22585	23746	23410	20757	26358	27688	24081	22948
Zona pianure costiere	GR-Maremma	17186	19254	20830	23053	26314	26020	27123	28582	25011	21791
	LU-Carignano	22020	22300	22420	24075	23532	24509	25569	26758	23864	20302
	PI-Passi	14792	15871	14177	14229	12978	12783	11129	12418	11742	11681
	PI-Santacroce	-	-	8249	8793	8153	8565	8429	8974	8056	8323
Zona Collinare Montana	AR-Casa Stabbi	19945	17784	19429	23101	20446	19687	20844	19831	17323	17915
	PI-Montecerboli	26603	28371	28747	28344	27010	23404	22045	22780	21010	21320

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

Grafico 4.4.5. O<sub>3</sub> - Andamenti ultimi 10 anni 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 giornalmente con il Consorzio LaMMA una 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](http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/mappa_ozono_lamma)

## 4.5. CO

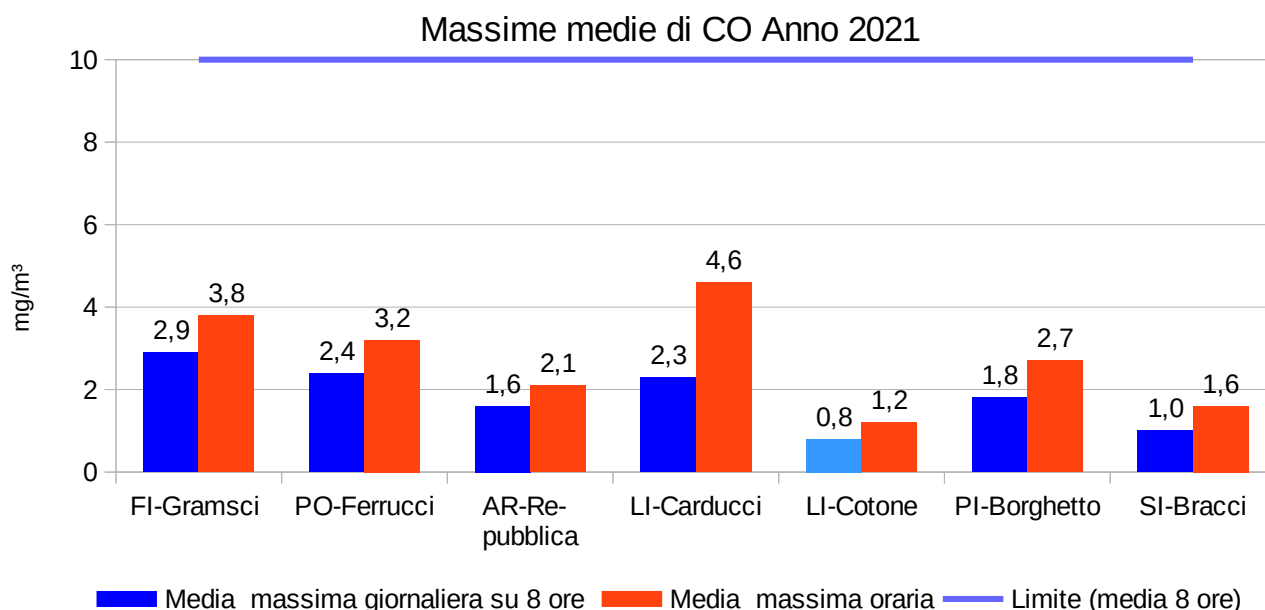
Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2021 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per l'ossido di carbonio (CO) corrispondono alla media massima giornaliera calcolata su 8 ore pari a 10 mg/m<sup>3</sup>.

*Tabella 4.5.1. CO - Elaborazioni relative alle stazioni di Rete Regionale anno 2021*

Classificazione Zona e Stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Anno 2021			Valore limite (mg/m³)
					Media massima su 8 ore (mg/m³)	Data e ora		
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	2,9	15/12/2021	21	10
Zona Prato Pistoia	UT	PO	Prato	PO-Ferrucci	2,4	15/12/2021	15	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT	AR	Arezzo	AR-Repubblica	1,6	20/02/2021	2	
Zona costiera	UT	LI	Livorno	LI-Carducci	2,3	13/12/2021	21	
	UI	LI	Piombino	LI-Cotone	0,8	02/02/2021	1	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	PI	Pisa	PI-Borghetto	1,8	20/12/2021	3	
Zona Collinare e Montana	UT	SI	Siena	SI-Bracci	1,0	14/12/2021	22	

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, con media massima giornaliera di 8 ore che è stata raggiunta presso la stazione di FI-Gramsci ed è meno del 30% del limite. Si riportano in grafico i valori dell'indicatore e le massime medie orarie registrate nel corso dell'anno da tutte le stazioni di RRQA.

*Grafico 4.5.1. CO - Massime orarie e medie massime giornaliere su 8 ore, 2021*



Nei nuovi indicatori dell'OMS, per il monossido di carbonio sono previsti 4 diversi valori di riferimento su 4 diversi intervalli di tempo:

- 4 mg/m<sup>3</sup> come valore guida per la massima media giornaliera di 24 ore;
- 10 mg/m<sup>3</sup> come valore guida per la massima media giornaliera di 8 ore;
- 35 mg/m<sup>3</sup> come valore guida per la massima media oraria ;
- 100 mg/m<sup>3</sup> come valore guida su un intervallo di tempo di 15 minuti.

In base ai valori storici registrati nella nostra regione il rispetto dei nuovi valori guida dell'OMS per il monossido di carbonio non dovrebbe essere un problema in futuro.

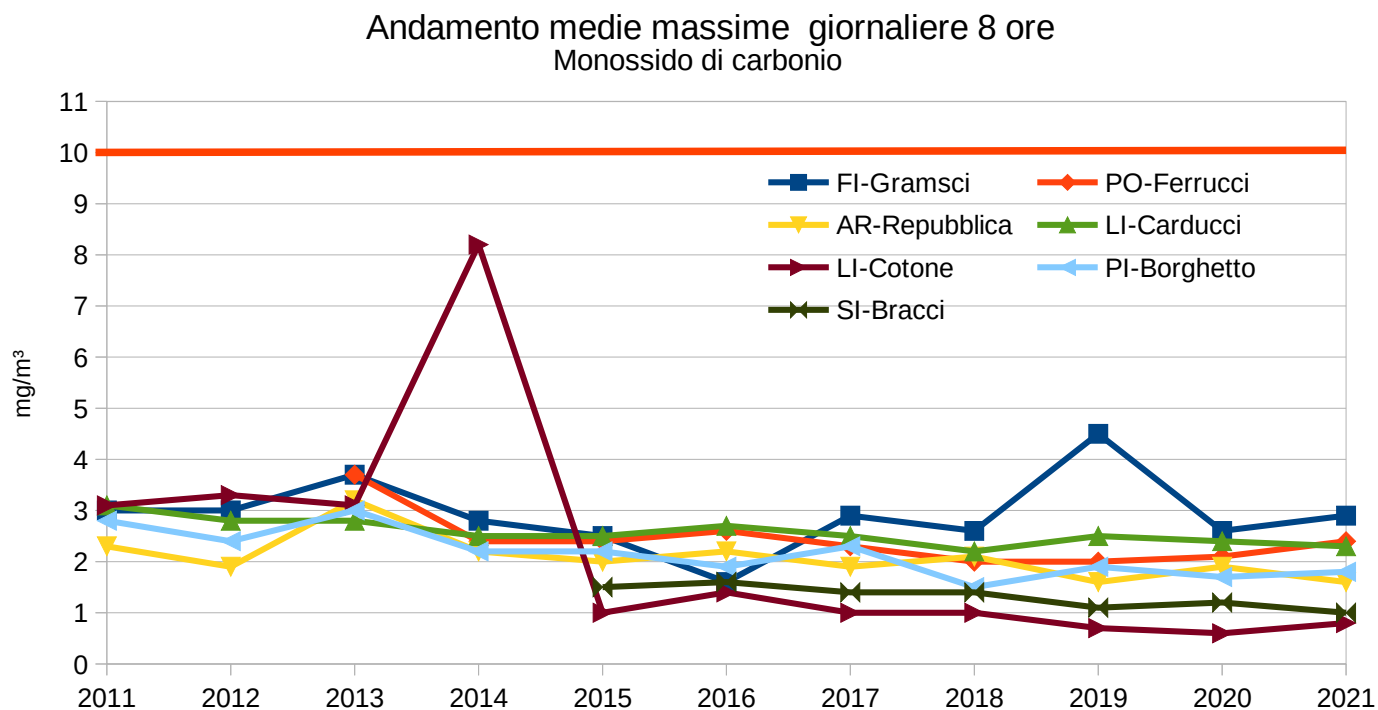
Il confronto è discusso in allegato.

### Andamenti degli indicatori (2011-2021)

*Tabella 4.5.2. CO – Massima media giornaliera su 8 ore. Andamenti 2011-2021*

Classificazione Zona e Stazione			Media massima giornaliera di 8 ore										V.L. (10 mg/m <sup>3</sup> )
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agglomerato Firenze	UT	FI-Gramsci	3,0	3,0	3,7	2,8	2,5	1,6	2,9	2,6	4,5	2,6	2,9
Zona Prato Pistoia	UT	PO-Ferrucci	*	*	3,7	2,4	2,4	2,6	2,3	2,0	2,0	2,1	2,4
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UT	AR-Repubblica	2,3	1,9	3,2	2,2	2,0	2,2	1,9	2,1	1,6	1,9	1,6
Zona costiera	UT	LI-Carducci	3,1	2,8	2,8	2,5	2,5	2,7	2,5	2,2	2,5	2,4	2,3
	SI	LI-Cotone	3,1	3,3	3,1	8,2	1,0	1,4	1,0	1,0	0,7	0,6	0,8
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UT	PI-Borghetto	2,8	2,4	3,0	2,2	2,2	1,9	2,3	1,5	1,9	1,7	1,8
Zona Collinare e Montana	UT	SI-Bracci	-	-	-	*	1,5	1,6	1,4	1,4	1,1	1,2	1,0

Grafico 4.5.2. CO – Massima media giornaliera su 8 ore. Andamenti 2011-2021 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. SO<sub>2</sub>

Gli indicatori elaborati sui dati misurati nel 2021 sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) che per l' SO<sub>2</sub> sono:

- massimo 3 superamenti della media giornaliera di 125 µg/m<sup>3</sup> ;
- massimo 24 superamenti della media oraria di 350 µg/m<sup>3</sup>;
- soglia di allarme come 3 medie orarie consecutive superiori a 500µg/m<sup>3</sup>,  
tutti abbondantemente rispettati.

*Tabella 4.6.1. SO<sub>2</sub> - Elaborazioni relative alle stazioni di Rete Regionale anno 2021*

Classificazione Zona e stazione	Provincia Comune	Nome stazione	Indicatori Anno 2021			
			N° medie orarie > 350 µg/m <sup>3</sup>	V.L.	N° medie giornaliere > 125 µg/m <sup>3</sup>	V.L.
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	0	24	0
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Capannori (LU)	LU-Capannori	0		0
Zona Costiera	UF	Livorno (LI)	LI-La Pira	0		0

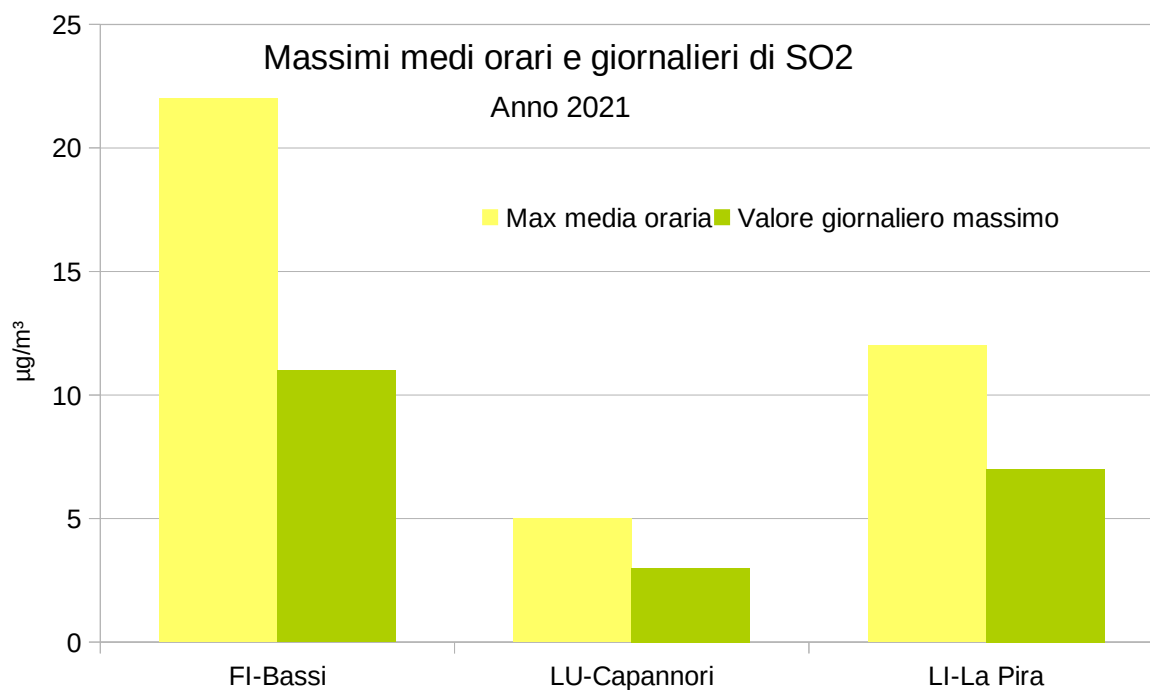
*Tabella 4.6.2. SO<sub>2</sub> – Massimi registrati dalle stazioni di Rete Regionale anno 2021*

Nome stazione	Valori massimi registrati nel 2021			
	Valore orario massimo µg/m <sup>3</sup>	Data e ora massimo orario	Valore giornaliero massimo µg/m <sup>3</sup>	Data massimo giornaliero
FI-Bassi	22	15/07/2021 h3	11	13/12/2021
LU-Capannori	5	15/15/2021 h17	3	28/06/2021
LI-La Pira	12	11/08/2021 h9	7	02/12/2021

I valori di SO<sub>2</sub> registrati durante il 2021 sono stati nettamente inferiori ai parametri di normativa e non è stato registrato alcun superamento, nè della soglia prevista per la media giornaliera, nè della soglia prevista per la media oraria, né della soglia di allarme.

Come per gli altri parametri, l'OMS ha indicato nuovi valori guida per il biossido di zolfo, pari a una massima media giornaliera di 40 µg/m<sup>3</sup> e una massima media calcolata su intervalli di 10 minuti pari a 500 µg/m<sup>3</sup>. Il rispetto di tali valori guida non sembra essere un problema in base alle nostre serie storiche, in ogni modo il confronto è discusso in allegato.

**Grafico 4.6.1. SO<sub>2</sub> – Massime giornaliere e massime orarie annuali 2021**



#### **Andamenti degli indicatori (2011-2021)**

**Tabella 4.6.3. SO<sub>2</sub> – Andamenti dei valori medi annuali 2011-2021 per le stazioni di Rete Regionale**

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Media annuale µg/m³										
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	1	2	*	3	2	2	2	2	1	1	2
Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-Capannori	-	*	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Zona Costiera	UF	LI-La Pira	-	-	-	*	4	5	3	3	1	0	2

I valori di SO<sub>2</sub> si sono mantenuti costantemente molto contenuti per tutto l'ultimo decennio, e non si sono 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. H<sub>2</sub>S

Nelle stazioni di tipo fondo industriale situate nei comuni di Santa Croce e Pomarance viene monitorato l'acido solfidrico (H<sub>2</sub>S), parametro per il quale la normativa europea e quella nazionale non hanno stabilito valori limite, soglie di allarme e/o valori obiettivo di qualità dell'aria.

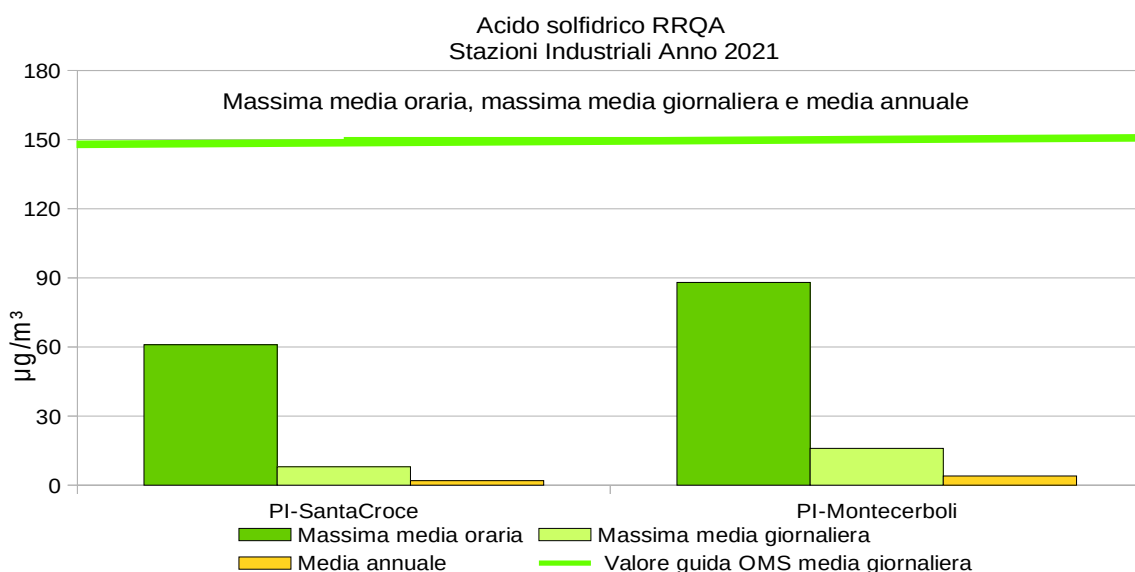
In mancanza di riferimenti normativi, per l'acido solfidrico ci si riferisce unicamente al valore guida indicato dall'OMS per la protezione della salute, che è pari ad una media giornaliera di 150 µg/m<sup>3</sup>.

*Tabella 4.7.1. H<sub>2</sub>S - Elaborazioni relative alle stazioni di Rete Regionale anno 2021*

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	H <sub>2</sub> S Anno 2021			
			Massima media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	Massima media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )	Media annuale (µg/m <sup>3</sup> )	Valore guida OMS media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-SantaCroce	61	8	2	150
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	88	16	4	150

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. H<sub>2</sub>S - Medie annuali, medie massime giornaliere e massime orarie annuali 2021*





## Andamenti degli indicatori (2011-2021)

**Tabella 4.7.2. H<sub>2</sub>S - Medie annuali. Trend 2011-2021**

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Media annuale (µg/m <sup>3</sup> )										
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-SantaCroce	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	5	6	6	7	6	4	5	5	4	4	4

**Tabella 4.7.3. H<sub>2</sub>S - Medie massime giornaliere registrate. Trend 2011-2021**

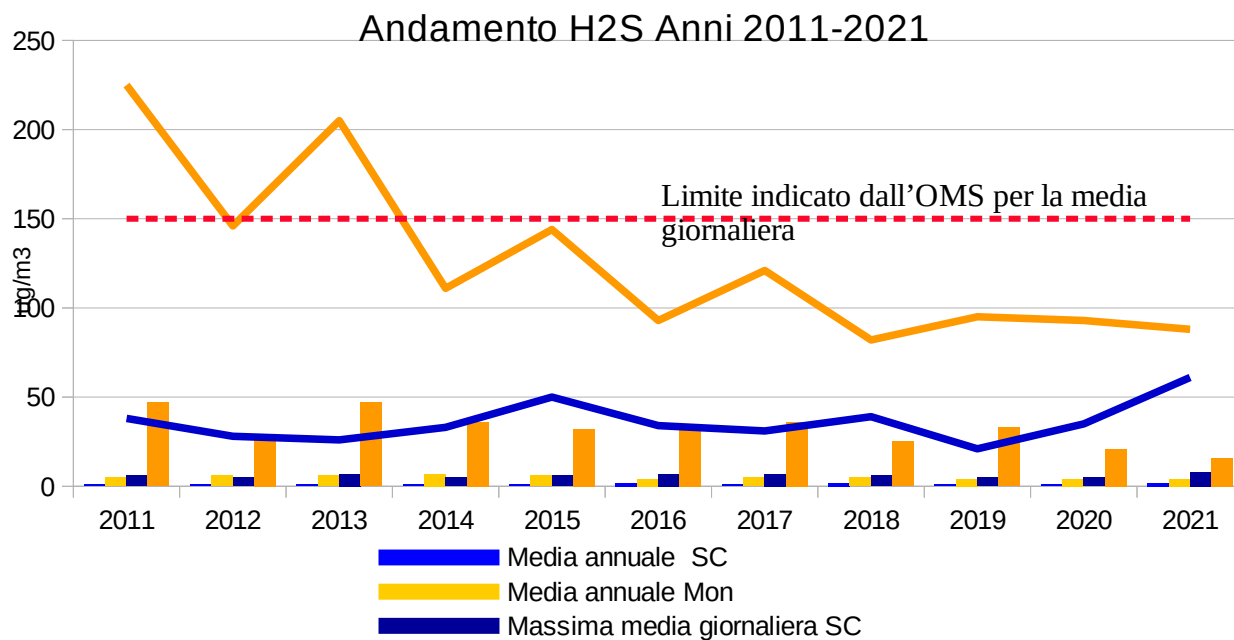
Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Massime medie giornaliere registrate (µg/m <sup>3</sup> )										
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-SantaCroce	6	5	7	5	6	7	7	6	5	5	8
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	47	26	47	36	32	35	36	25	33	21	16

**Tabella 4.7.4. H<sub>2</sub>S - Massime medie orarie. Trend 2011-2021**

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Massime medie orarie registrate (µg/m <sup>3</sup> )										
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Zona del Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-SantaCroce	38	28	26	33	50	34	31	39	21	35	61
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	225	146	205	111	144	93	121	82	95	93	88

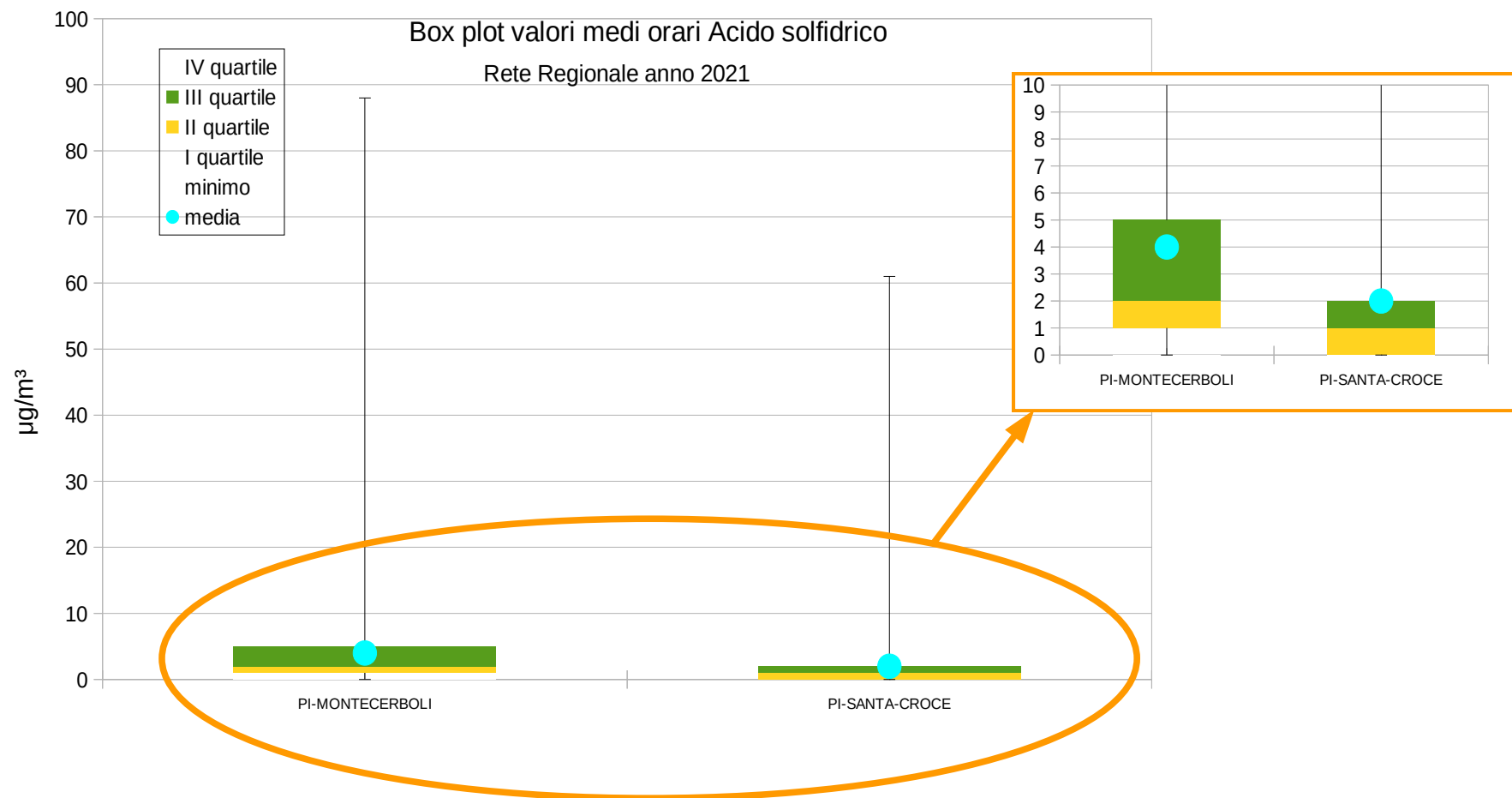
I trend mostrano che presso entrambe le stazioni i valori registrati si sono mantenuti su livelli nettamente inferiori a quelli indicati dall'OMS per la media giornaliera, per tutti gli anni in cui il monitoraggio è stato attivo. Si osserva una tendenza alla diminuzione della massima media oraria negli anni, in particolare per la stazione PI-Montecerboli, presso la quale si registrano ancora i valori più alti.

Grafico 4.7.2. Medie massime giornaliera ed oraria, medie annuali. Trend 2011-2021 per H<sub>2</sub>S



Sono stati calcolati alcuni valori statistici di base sui valori orari di acido solforico registrati durante l'anno e sono stati elaborati i grafici box plot relativi alle 2 stazioni di RR.

Grafico 4.7.3. Box plot dei valori medi orari di  $H_2S$  registrati nel 2021

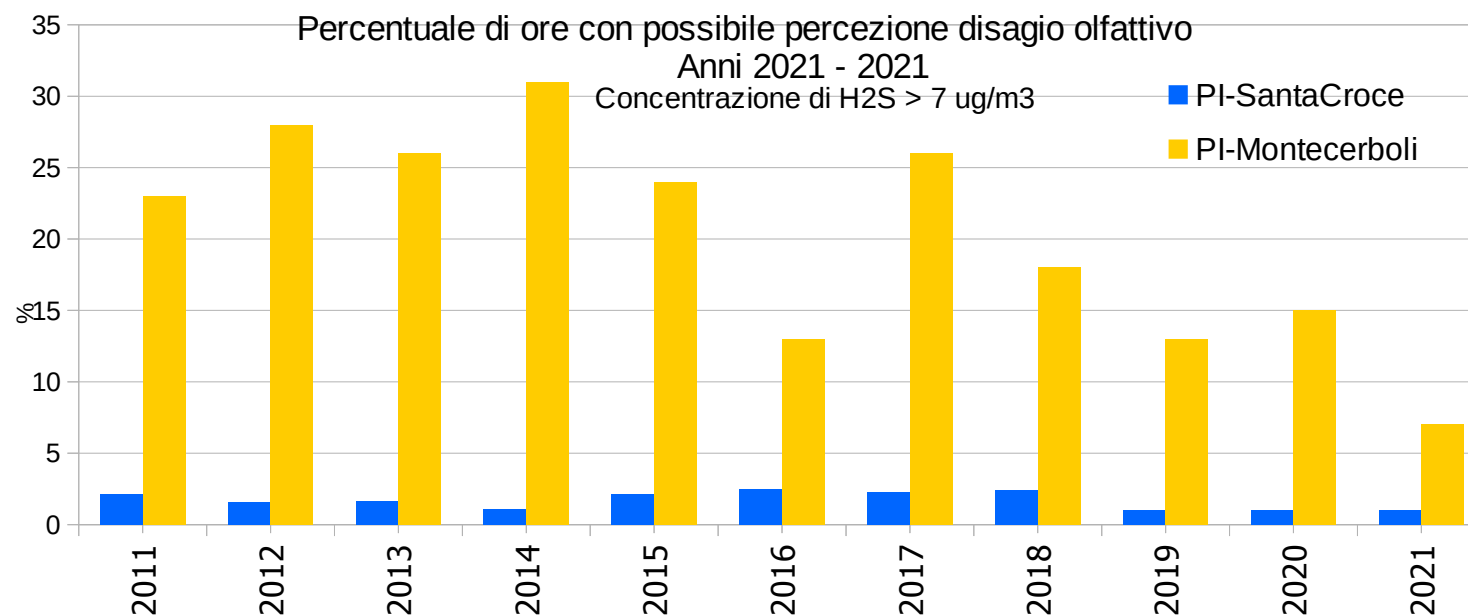


L'altro riferimento per i valori di  $H_2S$  è costituito dalla soglia di disturbo olfattivo stimata mediamente pari a  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media semi oraria. Tale soglia mette in relazione i valori di acido solfidrico ad un disturbo da fonte odorigena avvertito dalla popolazione.

Tabella 4.7.5. H<sub>2</sub>S - Percentuali orarie nell'anno con valori superiori alla soglia olfattiva. Trend 2011-2021

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	% dei valori superiori alla soglia olfattiva di 7										
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Zona Valdarno pisano e piana lucchese	SFI	PI-SantaCroce	2	2	2	1	2	3	2	2	1	1	1
Zona collinare e montana	SFI	PI-Montecerboli	23	28	26	31	24	13	26	18	13	15	7

Grafico 4.7.4. H<sub>2</sub>S - Percentuali orarie nell'anno con valori superiori alla soglia olfattiva. Trend 2011-2021



Il grafico relativo all'ultimo decennio mostra che:

- la zona rappresentata dalla stazione di PI-Santa Croce è caratterizzata da valori di concentrazioni tali da non provocare disagio alla popolazione locale, infatti il periodo di tempo in cui in la popolazione può avere mediamente percepito un disagio olfattivo nell'anno 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 disagio olfattivo mediamente percepibile in percentuali significative, che nel 2021 ha coperto un periodo totale del 7% del tempo

## 4.8. Benzene

Il monitoraggio del benzene è effettuato da diversi anni in modo continuo nelle 7 stazioni di Rete Regionale previste dalla delibera DGRT n. 964/2015.

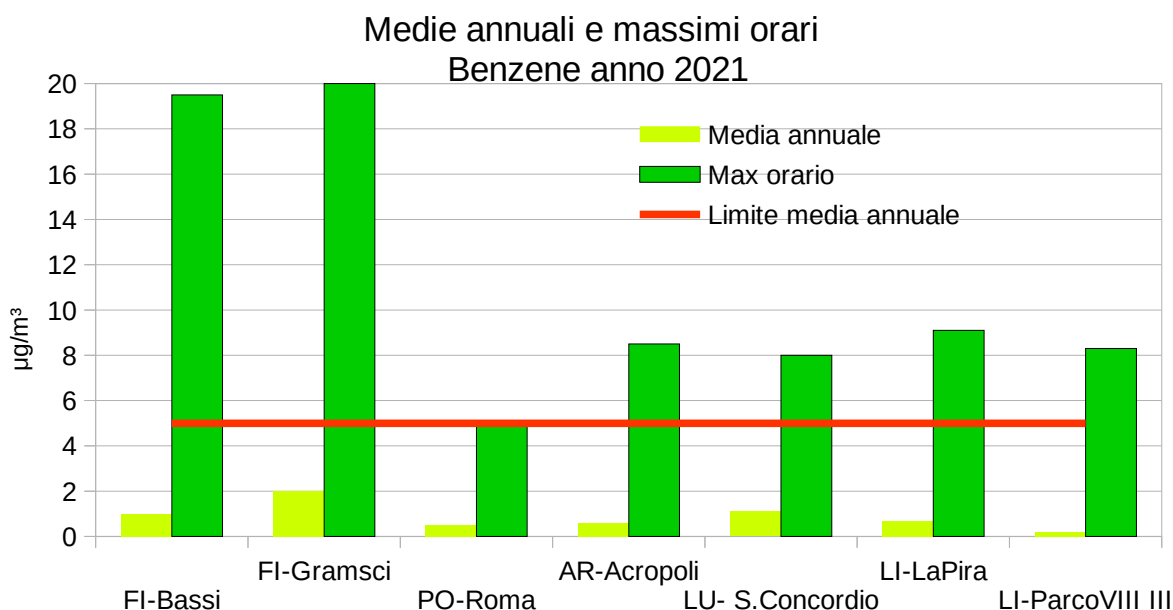
Gli indicatori sono stati confrontati con i valori limite di legge (allegato XI D.Lgs.155/2010 e s.m.i.) pari ad una media annuale di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Tabella 4.8.1. Benzene - Elaborazioni relative alle stazioni di rete regionale anno 2021**

Classificazione Zona e Stazione	Provincia e Comune	Nome stazione	Media annuale 2021 Benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	V.L.	Max orario 2021 Benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Agglomerato Firenze	UF Firenze (FI)	FI-Bassi	1,0	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19,5
	UT Firenze (FI)	FI-Gramsci	2,0		21,0
Zona Prato Pistoia	UF Prato (PO)	PO-Roma	0,5		5,0
Zona Valdarno aretino e Val di Chiana	UF Arezzo (AR)	AR-Acropoli	0,6		8,5
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF Lucca (LU)	LU-S. Concordio	1,1		8,0
Zona costiera	UF Livorno (LI)	LI-LaPira	0,7		9,1
	UF Piombino (LI)	LI-Parco VIII III	0,2		8,3

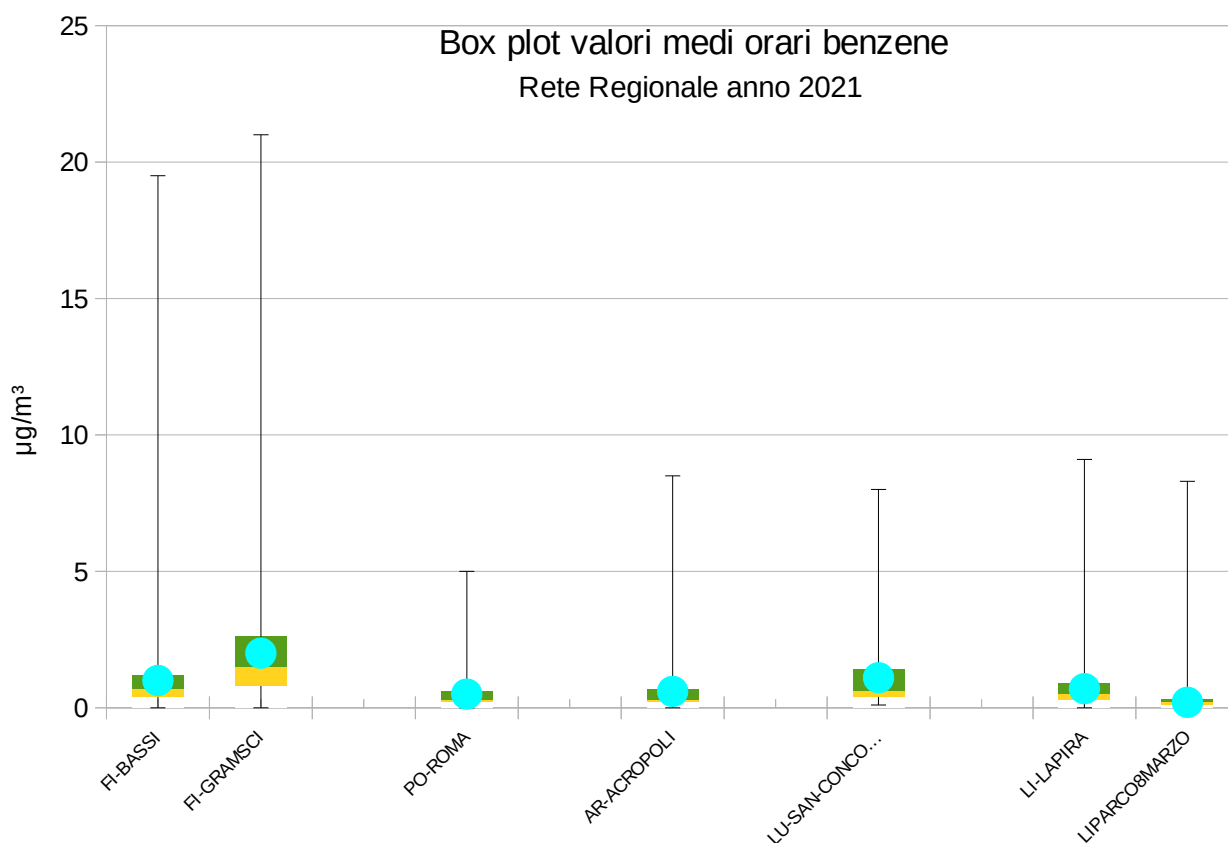
I dati riportati in tabella e illustrati nel grafico seguente rappresentano una situazione molto positiva per quanto riguarda i valori di benzene della regione, che sono tutti nettamente inferiori al limite di normativa. La media annuale più elevata è stata registrata presso il sito di monitoraggio di traffico ed è pari al 40% del limite, mentre i valori registrati dalle stazioni di fondo urbano arrivano al massimo a poco più del 20%. Per quanto riguarda i valori massimi orari, nel 2021 essi sono stati registrati dalle due stazioni urbane di Firenze e sono stati pari a  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la stazione traffico e  $19,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la stazione di fondo.

**Grafico 4.8.1. Valori medi e massime orarie di benzene 2021**



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 4.8.2. Box plot dei valori medi orari di benzene registrati nel 2021*



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 è inferiore a 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con massimo 75° percentile pari a 2,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per le stazioni di traffico.

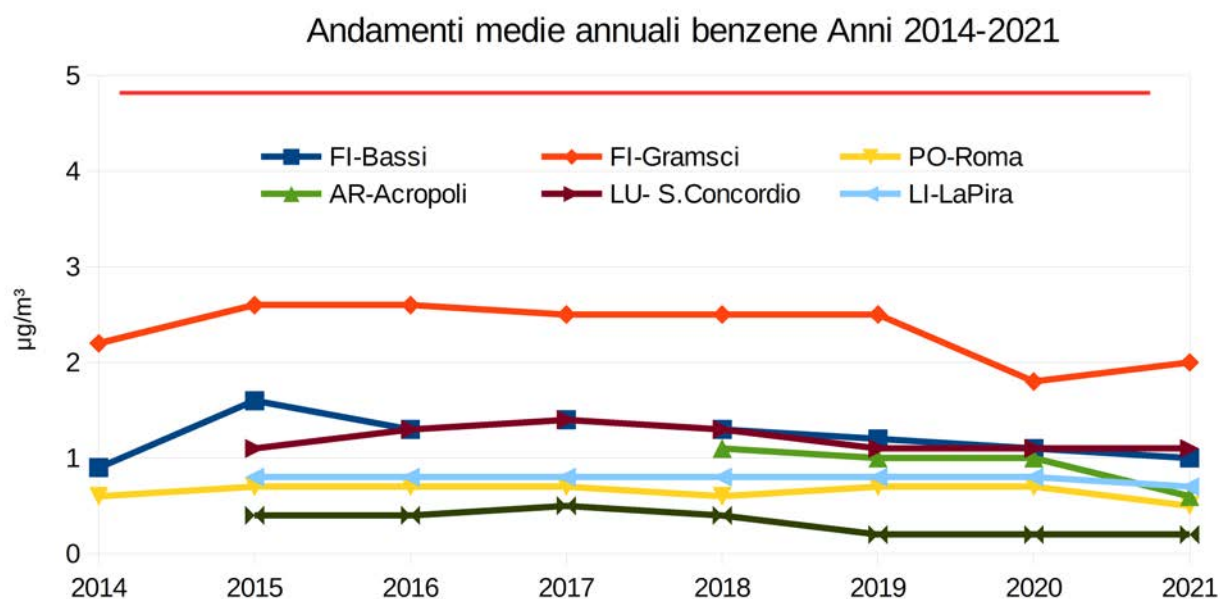
I valori più elevati di concentrazione sono stati poco numerosi e hanno rappresentato eventi rari e isolati.

**Tabella 4.8.2. Benzene - trend medie annuali registrate dal 2014 al 2021**

Classificazione Zona e Stazione		Provincia e Comune	Nome stazione	Media annuale benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )							
				2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	0,9*	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1	1
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	2,2*	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	1,8	2
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5
Zona Valdarno aretino e Val di Chiana	UF	Arezzo (AR)	AR-Acropoli	-	-	-	-	1,1	1	1	0,6
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Lucca (LU)	LU-S. Concordio	-	1,1*	1,3	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1
Zona costiera	UF	Livorno (LI)	LI-LaPira	*	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
	UF	Piombino (LI)	LI-Parco VIII III	-	0,4*	0,4	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2

\* serie non valida, riportata a scopo indicativo

**Grafico 4.8.3. Benzene - trend medie annuali registrate dal 2014 al 2021**



I dati medi annuali di benzene registrati negli ultimi anni sono stati piuttosto costanti in tutti i siti di monitoraggio, con un leggero calo per il sito di traffico negli ultimi due anni, confermando una situazione molto positiva nei confronti del limite del D.Lgs.155/2010.

Il valore di riferimento indicato dall'OMS per il benzene è pari ad una media annuale di  $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tale valore viene costantemente rispettato per le stazioni di fondo ma non presso quella di traffico. Il confronto con il valore guida è discusso in allegato.

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

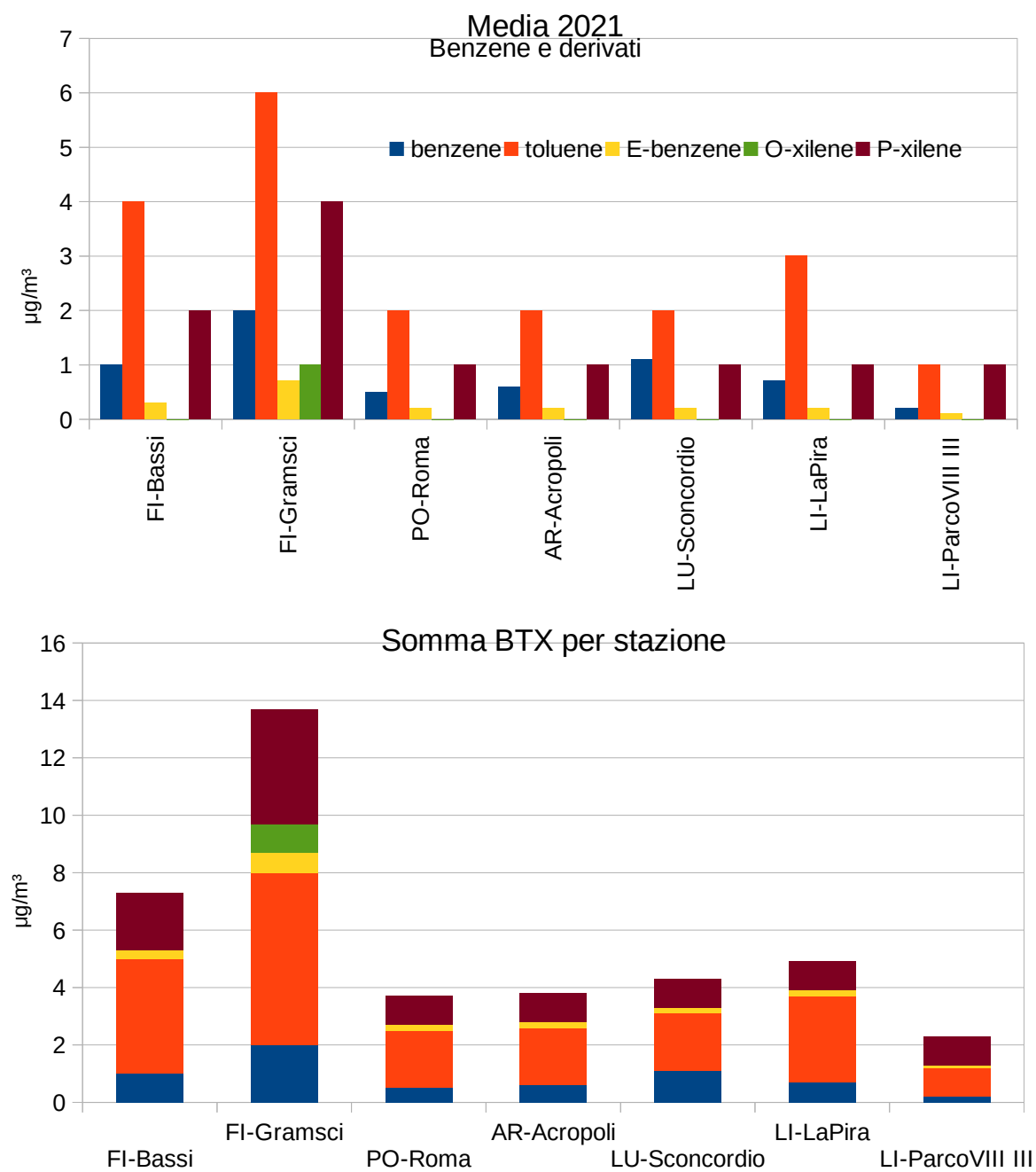


**Tabella 4.8.3. Valori medi benzene e derivati, anno 2021**

Classificazione Zona e Stazione		Nome stazione	Medie annuali BTX Anno 2021 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
			benzene	toluene	E-benzene	O-xilene	P-xilene
Agglomerato Firenze	UF	FI-Bassi	1	4	0,3	0	2
	UT	FI-Gramsci	2	6	0,7	1	4
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	0,5	2	0,2	0	1
Zona Valdarno aretino e ValdiChiana	UF	AR-Acropoli	0,6	2	0,2	0	1
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU-Sconcordio	1,1	2	0,2	0	1
Zona costiera	UF	LI-LaPira	0,7	3	0,2	0	1
	UF	LI-ParcoVIII III	0,2	1	0,1	0	1

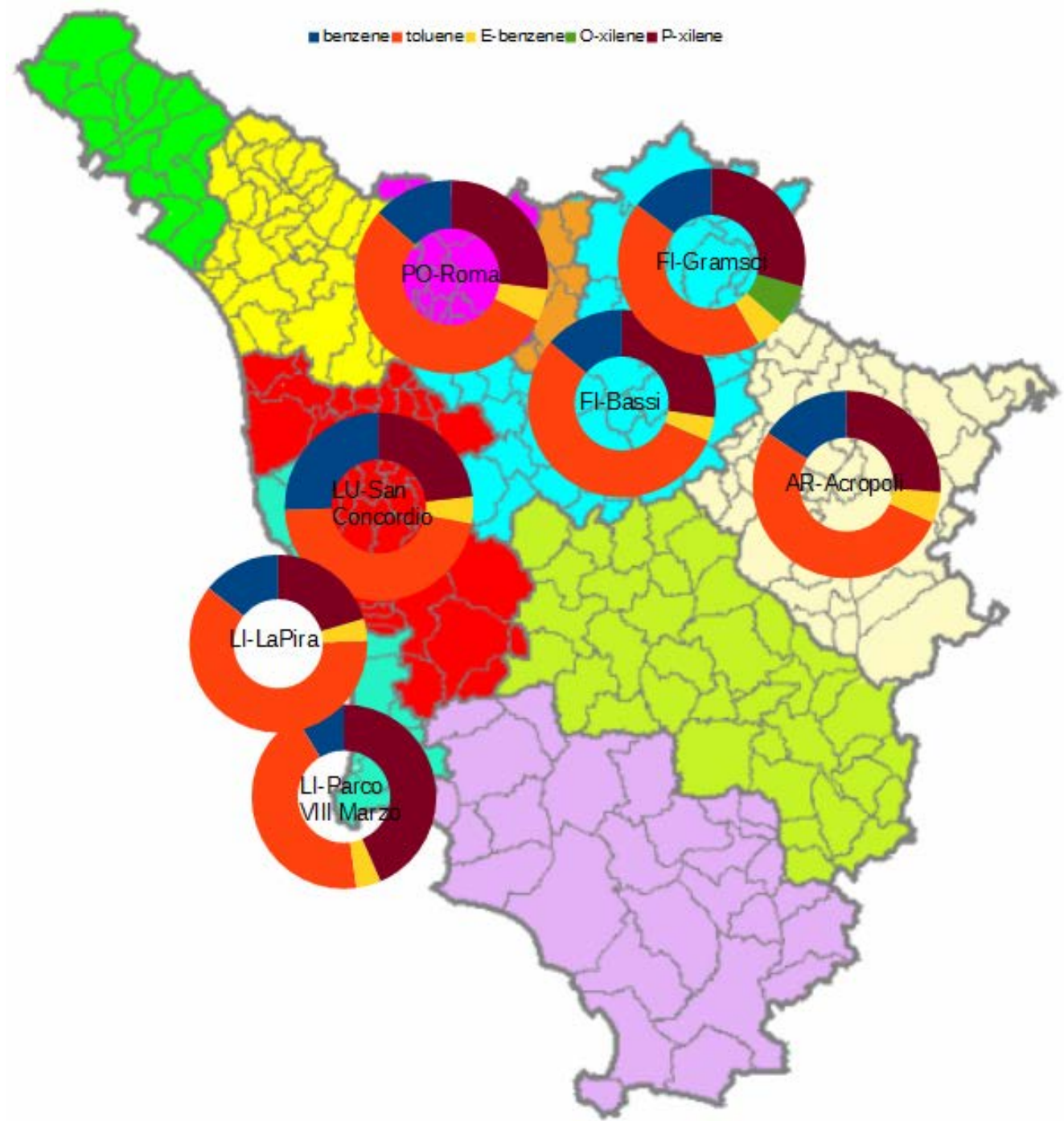
La normativa italiana impone il limite soltanto sul benzene; per questa sostanza e per i derivati che sono stati monitorati si sono registrate, in ogni caso, concentrazioni sostanzialmente contenute.

Grafico 4.8.4. Valori medi benzene e derivati, anno 2021



La figura di seguito mostra graficamente la distribuzione dei congeneri per ciascuna stazione, indicando che non ci sono sostanziali differenze nella composizione dei BTX totali né per zona né per tipologia di sito.

*Figura 4.8.1. Benzene e derivati, anno 2021*

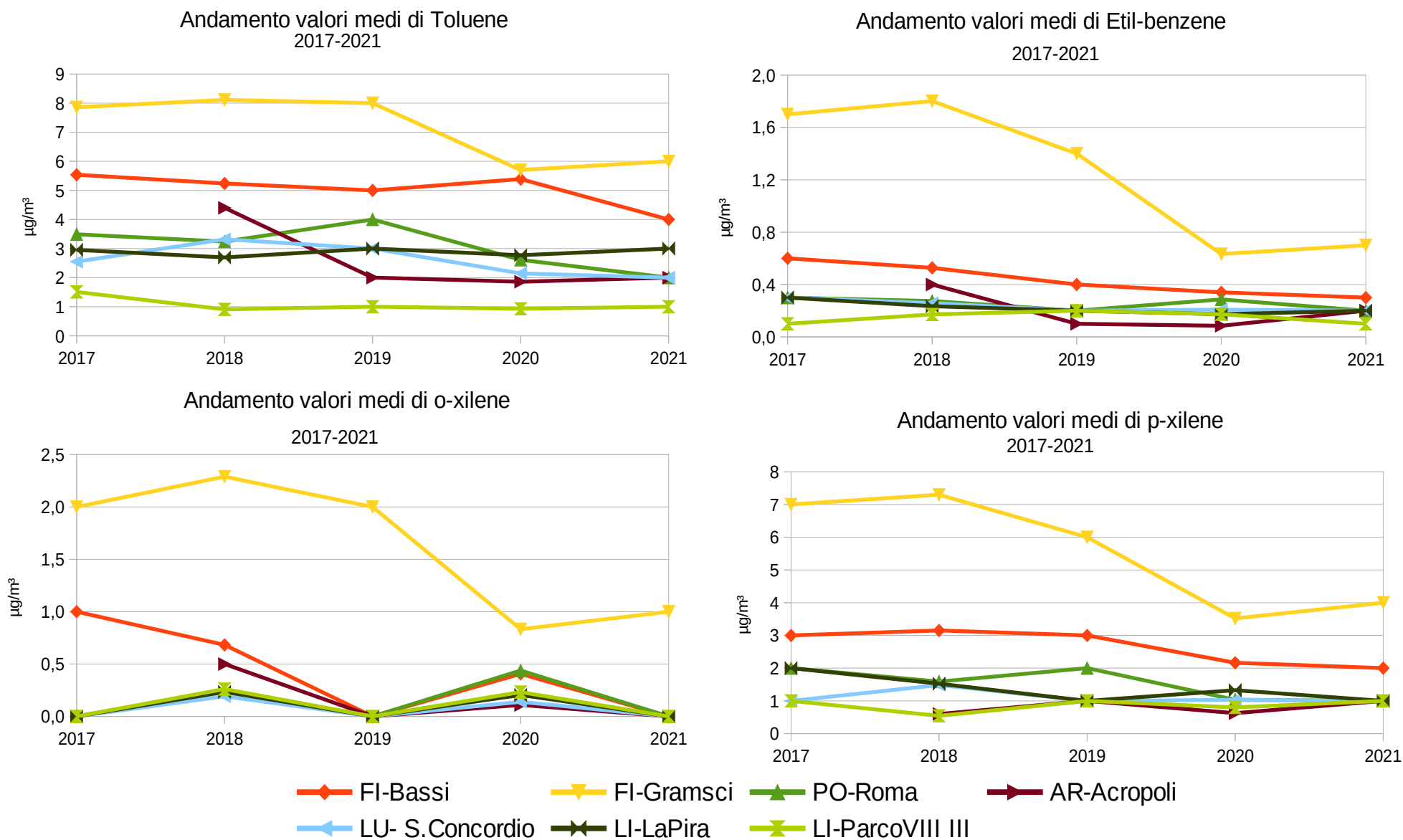


Sono stati elaborati i trend dei valori medi di BTEX registrati nella Rete Regionale negli ultimi 5 anni.

*Tabella 4.8.4. Valori medi annuali dei derivati del benzene, anni 2017- 2021*

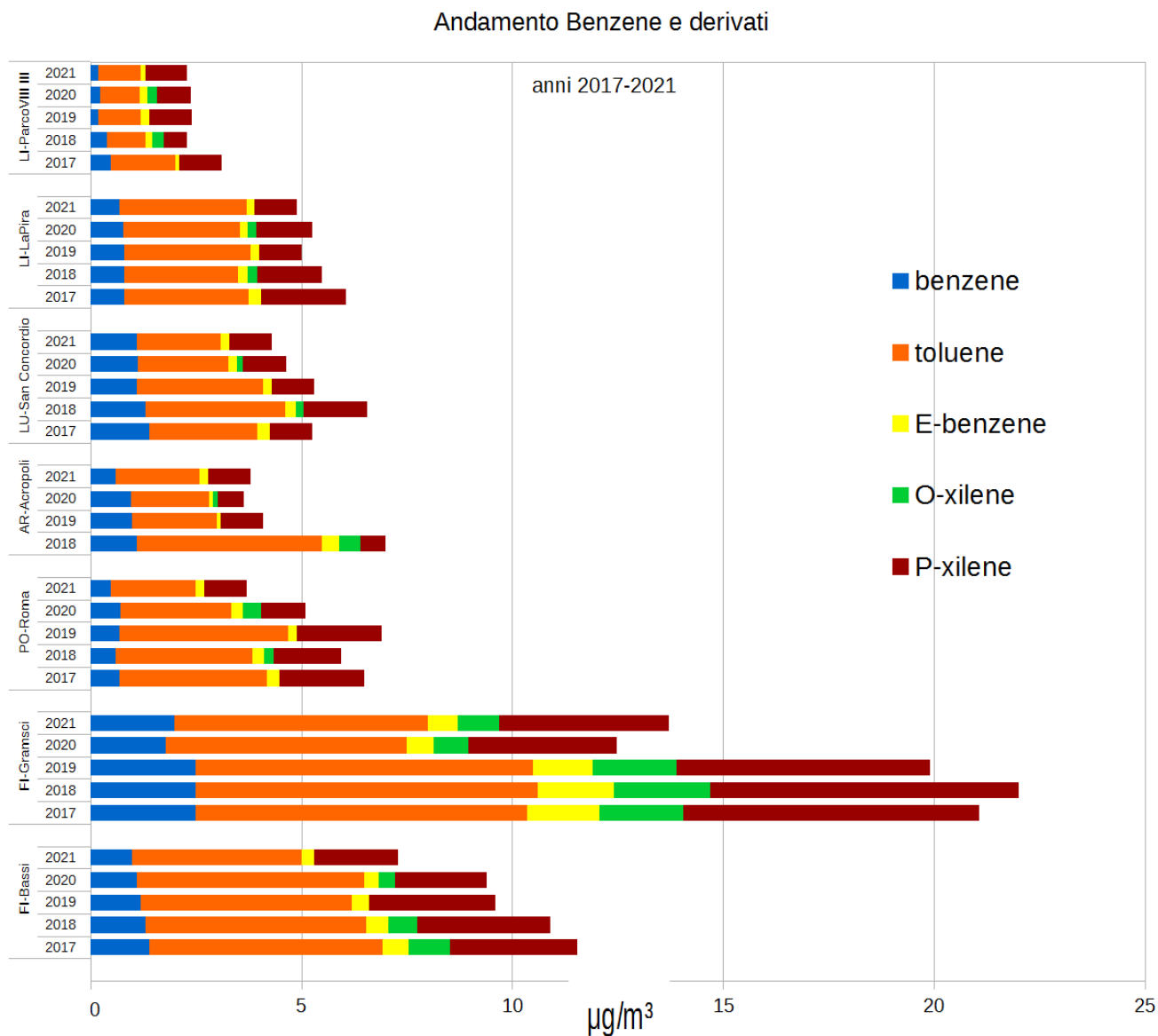
Nome stazione	Medie annuali Toluene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
	2017	2018	2019	2020	2021
FI-Bassi	5,5	5,2	5	5,4	4
FI-Gramsci	7,9	8,1	8	5,7	6
PO-Roma	3,5	3,2	4	2,6	2
AR-Acropoli	-	4,4	2	1,9	2
LU- S.Concordio	2,6	3,3	3	2,1	2
LI-LaPira	3,0	2,7	3	2,8	3
LI-ParcoVIII III	1,5	0,9	1	0,9	1
Nome stazione	Medie annuali Etilbenzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
	2017	2018	2019	2020	2021
FI-Bassi	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3
FI-Gramsci	1,7	1,8	1,4	0,6	0,7
PO-Roma	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
AR-Acropoli	-	0,4	0,1	0,1	0,2
LU- S.Concordio	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
LI-LaPira	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
LI-ParcoVIII III	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Nome stazione	Medie annuali o-xilene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
	2017	2018	2019	2020	2021
FI-Bassi	1,0	0,7	0	0,4	0
FI-Gramsci	2,0	2,3	2	0,8	1
PO-Roma	0,0	0,2	0	0,4	0
AR-Acropoli	-	0,5	0	0,1	0
LU- S.Concordio	0,0	0,2	0	0,1	0
LI-LaPira	0,0	0,2	0	0,2	0
LI-ParcoVIII III	0,0	0,3	0	0,2	0
Nome stazione	Medie annuali p-xilene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
	2017	2018	2019	2020	2021
FI-Bassi	3,0	3,2	3	2,2	2
FI-Gramsci	7,0	7,3	6	3,5	4
PO-Roma	2,0	1,6	2	1,0	1
AR-Acropoli	-	0,6	1	0,6	1
LU- S.Concordio	1,0	1,5	1	1,0	1
LI-LaPira	2,0	1,5	1	1,3	1
LI-ParcoVIII III	1,0	0,5	1	0,8	1

Grafico 4.8.5. Valori medi annuali dei derivati del benzene, anni 2017- 2021



Dagli andamenti si nota un calo nelle concentrazioni medie dei BTX osservati, negli ultimi due anni, per il sito di traffico, come già constatato per il benzene.

**Grafico 4.8.6. Distribuzione dei valori medi benzene e derivati per stazione. Confronto anni 2017 - 2021**

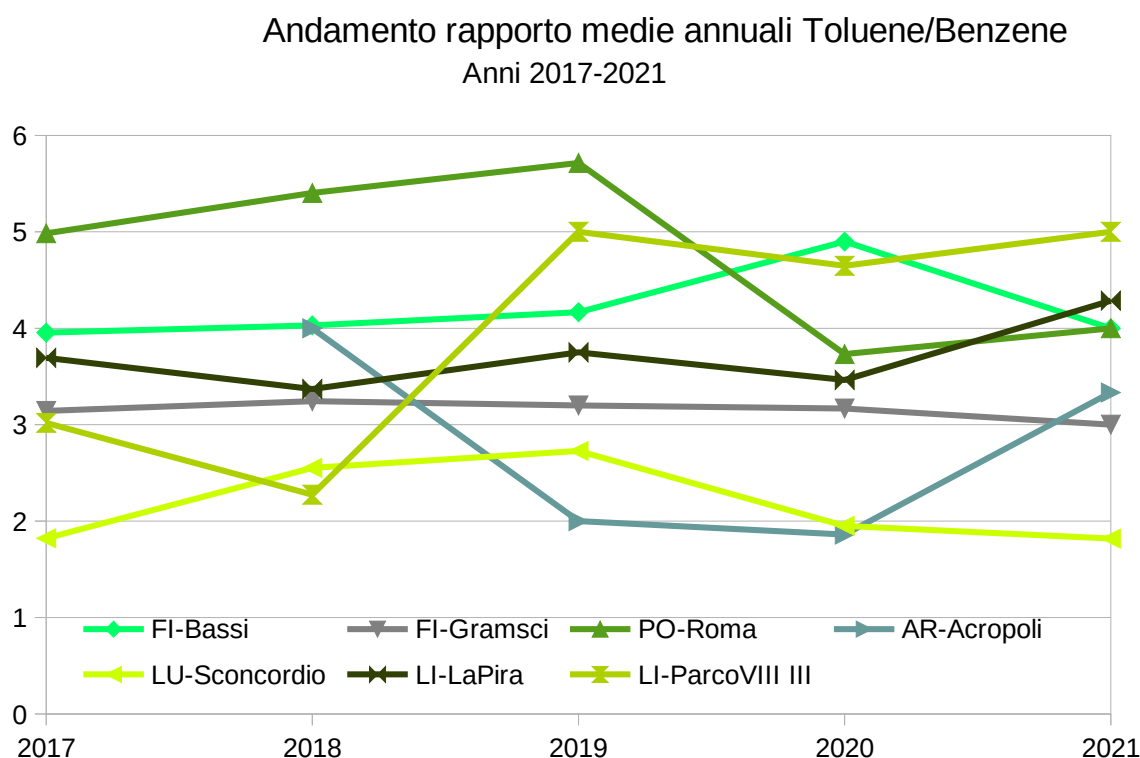


Sono stati riportati in tabella i valori dei rapporti tra i valori medi di toluene e di benzene negli anni, per ciascuna stazione. Dall'andamento dei trend si nota che, come atteso, il rapporto tra i valori medi di toluene e di benzene sia più costante nel sito di traffico di FI-Gramsci (presso il quale la principale fonte di benzene e toluene è la medesima) rispetto alle stazioni di fondo presso le quali, invece, c'è stata maggiore variabilità.

*Tabella 4.8.5. Rapporto tra valori medi annuali di benzene e toluene*

Rapporto Medie annuali Toluene/Benzene					
Stazione	2017	2018	2019	2020	2021
FI-Bassi	4,0	4,0	4,2	4,9	4,0
FI-Gramsci	3,1	3,2	3,2	3,2	3,0
PO-Roma	5,0	5,4	5,7	3,7	4,0
AR-Acropoli	-	4,0	2,0	1,9	3,3
LU-Sconcordio	1,8	2,6	2,7	2,0	1,8
LI-LaPira	3,7	3,4	3,8	3,5	4,3
LI-ParcoVIII III	3,0	2,3	5,0	4,6	5,0

*Grafico 4.8.7. Rapporto tra valori medi annuali di benzene e toluene*



Sono state calcolate le medie mensili dei derivati del benzene per le stazioni del comune di Firenze (Bassi e Gramsci), come esempio delle due tipologie di stazione di fondo e di traffico. Sono quindi stati analizzati i loro andamenti nell'arco dell'anno 2021, insieme agli andamenti dei rapporti tra benzene e toluene.

*Tabella 4.8.6. Valori medi mensili di benzene e derivati anno 2021 per le stazioni di FI-Gramsci e di FI- Bassi.*

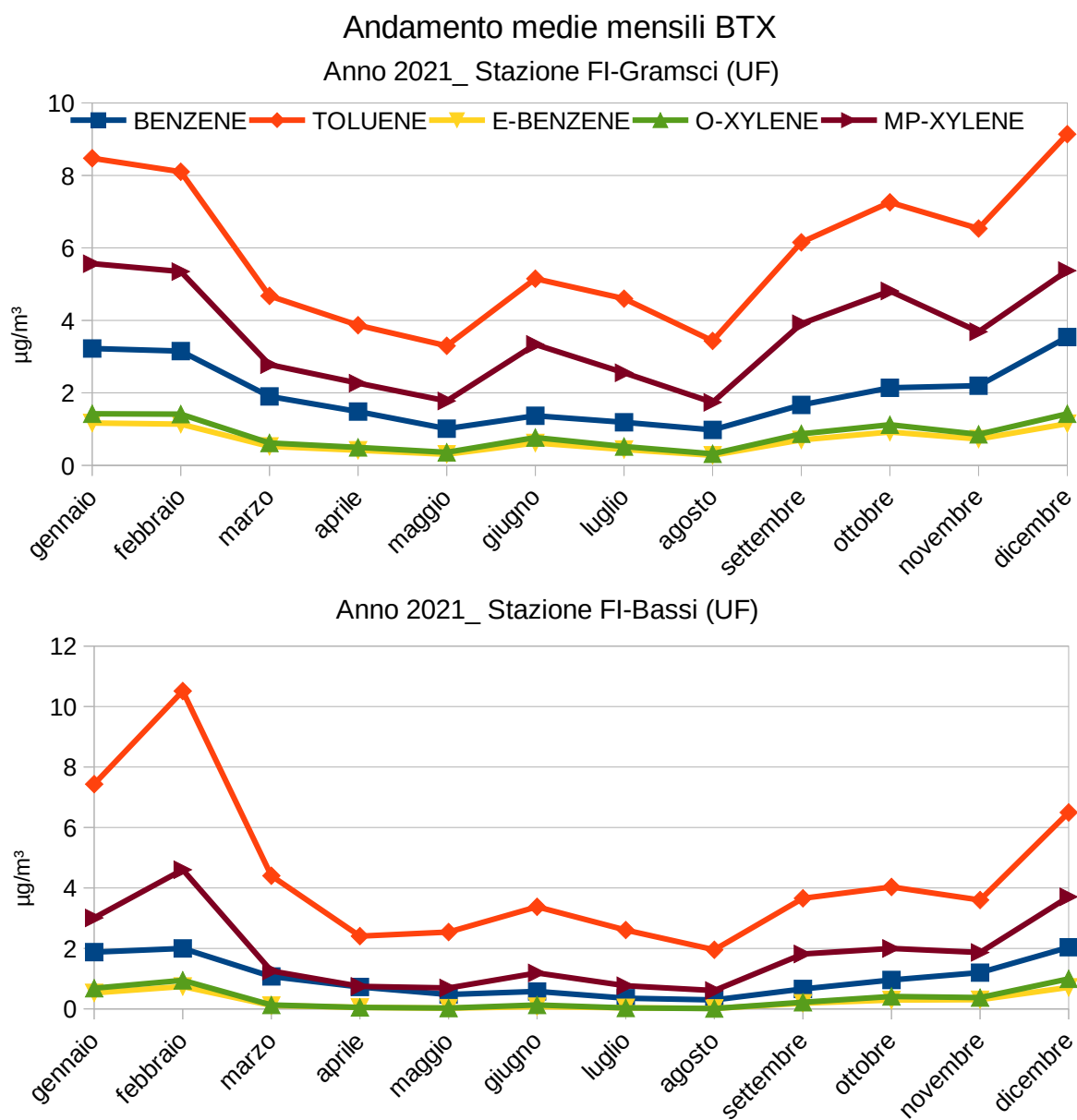
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2021 Medie mensili FI-Gramsci				
	BENZENE	TOLUENE	E-BENZENE	O-XYLENE	MP-XYLENE
gennaio	3,2	8,5	1,2	1,4	5,6
febbraio	3,2	8,1	1,1	1,4	5,3
marzo	1,9	4,7	0,5	0,6	2,8
aprile	1,5	3,9	0,4	0,5	2,3
maggio	1,0	3,3	0,3	0,4	1,8
giugno	1,4	5,2	0,6	0,8	3,3
luglio	1,2	4,6	0,4	0,5	2,6
agosto	1,0	3,4	0,3	0,3	1,7
settembre	1,7	6,2	0,7	0,9	3,9
ottobre	2,1	7,3	0,9	1,1	4,8
novembre	2,2	6,5	0,7	0,9	3,7
dicembre	3,5	9,1	1,2	1,4	5,4

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2021 Medie mensili FI-Bassi				
	BENZENE	TOLUENE	E-BENZENE	O-XYLENE	MP-XYLENE
gennaio	1,9	7,4	0,5	0,7	3,0
febbraio	2,0	10,5	0,7	0,9	4,6
marzo	1,1	4,4	0,1	0,1	1,3
aprile	0,7	2,4	0,0	0,0	0,7
maggio	0,5	2,5	0,0	0,0	0,7
giugno	0,6	3,4	0,1	0,1	1,2
luglio	0,4	2,6	0,0	0,0	0,8
agosto	0,3	2,0	0,0	0,0	0,6
settembre	0,7	3,7	0,2	0,2	1,8
ottobre	1,0	4,0	0,3	0,4	2,0
novembre	1,2	3,6	0,3	0,4	1,9
dicembre	2,0	6,5	0,7	1,0	3,7



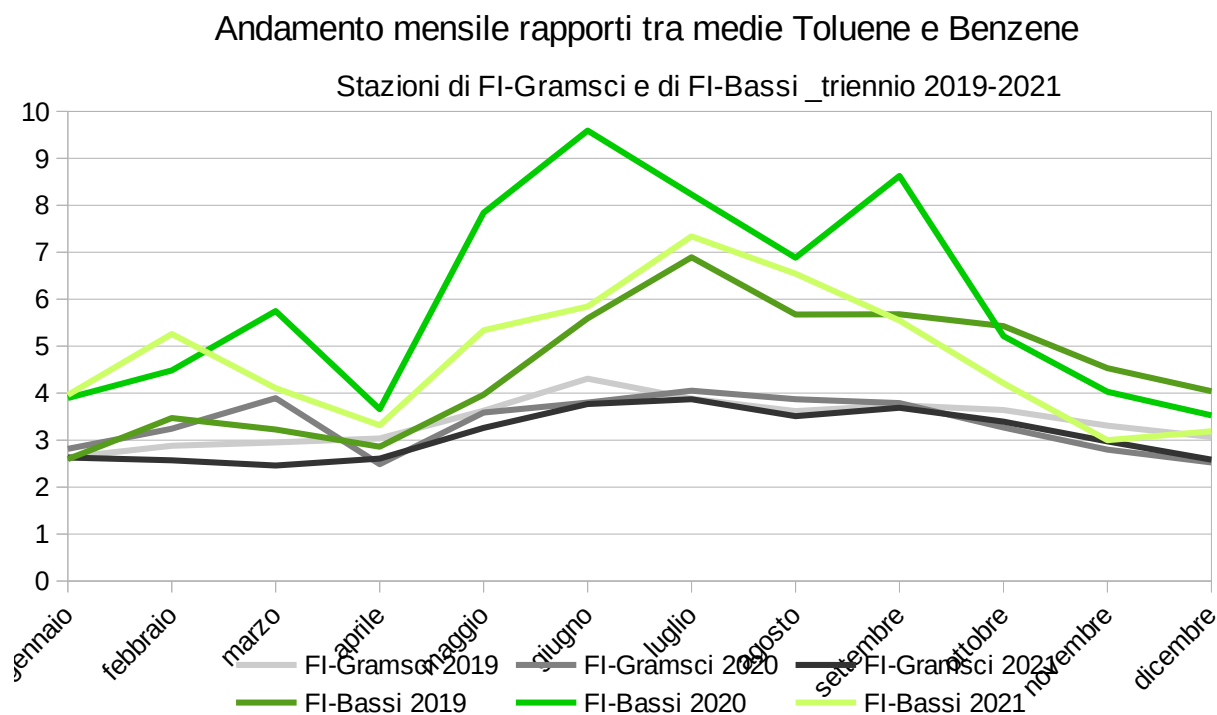
Grafico 4.8.8. Valori medi mensili di benzene e derivati per le stazioni di FI-Bassi e di FI-Gramsci. Anno 2021



**Tabella 4.8.7. Andamento dei rapporti tra toluene e benzene nelle stazioni di FI-Bassi e di FI-Gramsci. Confronto anni 2019-2020-2021.**

Rapporti tra medie Toluene e Benzene						
R=T/B	FI-Gramsci 2019	FI-Gramsci 2020	FI-Gramsci 2021	FI-Bassi 2019	FI-Bassi 2020	FI-Bassi 2021
gennaio	2,6	2,8	2,6	2,6	3,9	4,0
febbraio	2,9	3,2	2,6	3,5	4,5	5,3
marzo	3,0	3,9	2,5	3,2	5,7	4,1
aprile	3,0	2,5	2,6	2,9	3,7	3,3
maggio	3,6	3,6	3,3	4,0	7,8	5,3
giugno	4,3	3,8	3,8	5,6	9,6	5,8
luglio	3,9	4,1	3,9	6,9	8,2	7,3
agosto	3,6	3,9	3,5	5,7	6,9	6,5
settembre	3,7	3,8	3,7	5,7	8,6	5,5
ottobre	3,6	3,3	3,4	5,4	5,2	4,2
novembre	3,3	2,8	3,0	4,5	4,0	3,0
dicembre	3,1	2,5	2,6	4,0	3,5	3,2

**Grafico 4.8.9. Andamento dei rapporti tra toluene e benzene nelle stazioni di FI-Bassi e di FI-Gramsci. Confronto anni 2019-2020-2021.**



## 5. Inquinanti rilevati con campagne discontinue: indicatori e confronto con il valore limite o obiettivo, anno 2021

Nel 2021 il monitoraggio degli IPA e dei metalli pesanti ha tenuto conto delle modifiche già previste alla Rete Regionale, che sono state approvate nel 2022.

*Tabella 5.1. Stazioni di Rete Regionale in cui è stato effettuato il monitoraggio di B(a)P, degli altri 6 congeneri IPA e dei metalli pesanti.*

Zona e classificazione stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Parametri monitorati					
					B(a)P	6 congeneri	As	Ni	Cd	Pb <sup>(1)</sup>
Agglomerato Firenze	UF	FI	Firenze	FI-Bassi	X	X				
	UT	FI	Firenze	FI-Gramsci	X	X	X	X	X	X
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	X	X	X	X	X	X
Zona del Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	X	X	X	X	X	X
Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU-SConcordio	X	X	X	X	X	X
	UF	LU	Capannori	LU-Capannori	X	X	X	X	X	X
Zona costiera	UF	PI	Livorno	LI-La Pira	X	X	X	X	X	X
	UF	LI	Piombino	LI-Parco8marzo	X	X	X	X	X	X
Zona collinare e montana	UF	SI	Poggibonsi	SI-Poggibonsi	X	X				
	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli			X	X	X	X

*(1) Il piombo è stato campionato con un'efficienza >90% come da normativa soltanto presso il sito ufficiale di FI-Gramsci, mentre negli altri siti l'efficienza raggiunta è stata quella richiesta per gli altri metalli, ovvero >50%.*

Per il resto, tutti i monitoraggi riportati in tabella sono avvenuti in base a quanto previsto dalle norme tecniche in vigore. Presso le due stazioni della provincia di Livorno sono state effettuate anche le analisi del Vanadio.

Le campagne di monitoraggio di idrocarburi policiclici aromatici e metalli pesanti sono state gestite dal Settore CRTQA - Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria di ARPAT, mentre le analisi dei campioni prelevati sono state effettuate dal Laboratorio ARPAT di Area Vasta Centro.

A scopo indicativo, presso le due stazioni della zona costiera sono state effettuate anche le analisi relative alla concentrazione di Vanadio.

## 5.1. Benzo(a)pyrene nel PM10

La concentrazione atmosferica degli idrocarburi policiclici aromatici viene determinata su campioni di polvere, frazione PM10, prelevati con cicli di campionamento di 24 ore, con le stesse modalità con cui avviene il campionamento per la determinazione della concentrazione atmosferica del PM10 (UNI 12341).

I siti di monitoraggio sono attrezzati per il prelievo di campioni di polveri PM<sub>10</sub>, che in seguito al campionamento vengono trasferiti in laboratorio per la determinazione del benzo(a)pyrene e degli altri 6 congeneri, che avviene su campioni compositi di 7 filtri ciascuno. Il metodo utilizzato è indicato nell'UNI EN 15549:2008 e la tecnica associata è la gascromatografia con spettrometro di massa.

Tutte le campagne di monitoraggio di B(a)P effettuate nel 2021, comprese quelle in siti non ancora ufficiali, soddisfano i criteri previsti dall'allegato 1 del D.Lgs 155/2010 sia per il periodo minimo di copertura delle campagne di indagine nell'arco dell'anno (minimo 33%), sia per la distribuzione dei dati nell'anno. Gli indicatori sono quindi da ritenersi rappresentativi.

I risultati ottenuti dai dati delle campagne di indagine sono stati confrontati con il valore obiettivo per il benzo(a)pyrene che corrisponde a 1,0 ng/m<sup>3</sup> come media annua, (Allegato XIII D.Lgs.155/2010 e s.m.i.).

**Tabella 5.1.1. Benzo(a)pyrene - Elaborazione degli indicatori. Anno 2021**

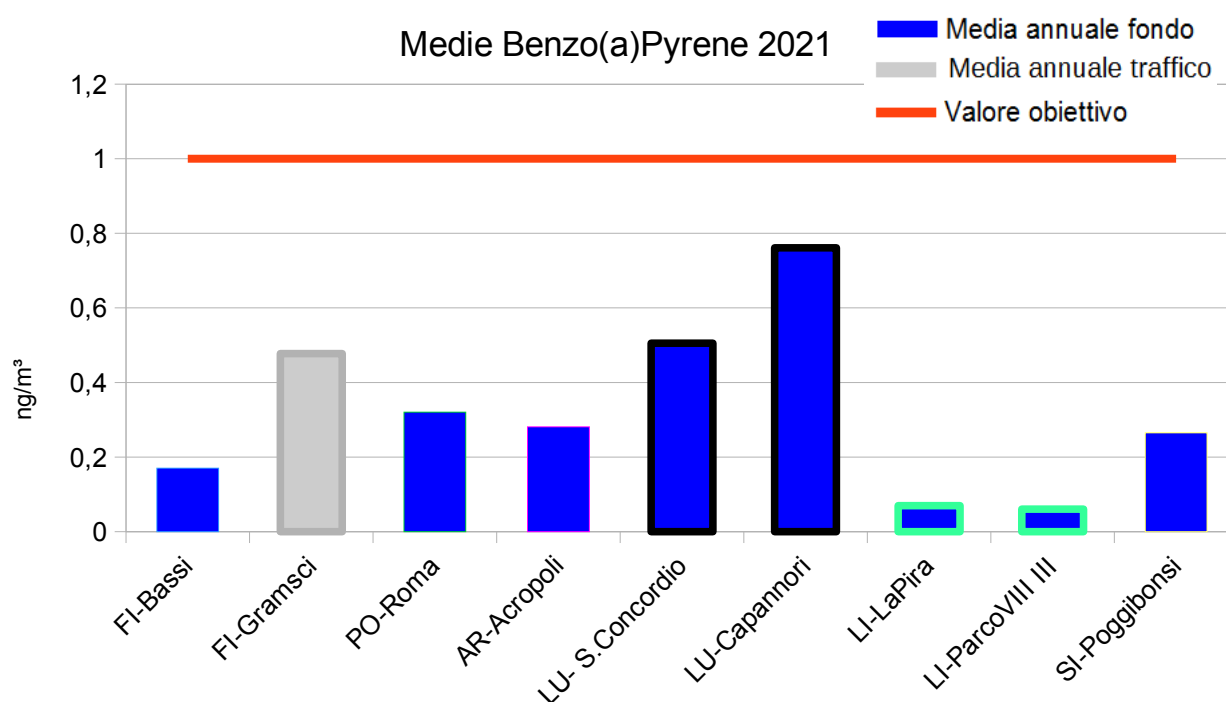
Classificazione Zona e Stazione		Provincia e Comune	Nome stazione	% campionamento	Media annuale B(a)p 2021 (ng/m <sup>3</sup> )	Valore obiettivo (ng/m <sup>3</sup> )
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	FI-Bassi	44%	0,2	1,0
	UT	Firenze (FI)	FI-Gramsci	47%	0,5	
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	46%	0,3	
Zona Valdarno aretino e Val di Chiana	UF	Arezzo (AR)	AR-Acropolì	50%	0,3	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Lucca (LU)	LU- S.Concordio	45%	0,5	
	UF	Capannori (LU)	LU-Capannori	98%	0,8	
Zona costiera	UF	Livorno (LI)	LI-LaPira	55%	0,1	
	UF	Piombino (LI)	LI-ParcoVIII III	54%	0,1	
Zona Collinare e Montana	UF	Poggibonsi (SI)	SI-Poggibonsi	48%	0,3	

I dati mostrano che nel 2021 il valore obiettivo di 1,0 ng/m<sup>3</sup> come media annuale di B(a)P è stato rispettato tutte le stazioni di Rete Regionale. Per quanto riguarda i valori medi di benzo(a)pyrene registrati dalle stazioni di RR, si conferma la situazione degli anni passati per le diverse zone della Toscana, con differenze sostanziali nelle concentrazioni medie di benzo(a)pyrene tra le zone.

In particolare nel 2021 :

- le medie annuali riscontrate dalle stazioni di fondo della Zona Costiera sono state pressoché irrilevanti in entrambi i siti, con media annuale pari a  $0,1 \text{ ng/m}^3$ , nettamente inferiore rispetto a tutte le altre zone;
- le medie annuali delle stazioni di fondo dell'Agglomerato, della Zona del Valdarno aretino, della Zona di Prato e Pistoia e della Zona collinare e Montana sono contenute e comprese tra  $0,2$  e  $0,3 \text{ ng/m}^3$  ;
- le medie di B(a)P del fondo della Zona del Valdarno pisano e Piana lucchese sono più elevate rispetto al resto della regione e pari a  $0,5$  e  $0,8 \text{ ng/m}^3$  ;
- presso la stazione di traffico urbano dell'Agglomerato la media di B(a)P è pari al 50% del valore obiettivo.

Grafico 5.1.1. Benzo(a)pyrene - Medie annuali. Anno 2021



L'OMS ha indicato come valore di riferimento per il benzo(a)pyrene una media annuale di  $0,12 \text{ ng/m}^3$ ; questo riferimento se confrontato con le medie ottenute dal monitoraggio in Toscana, è stato nuovamente superato in tutte le stazioni eccetto che per le due della zona costiera. Il confronto è discusso nel dettaglio in allegato.

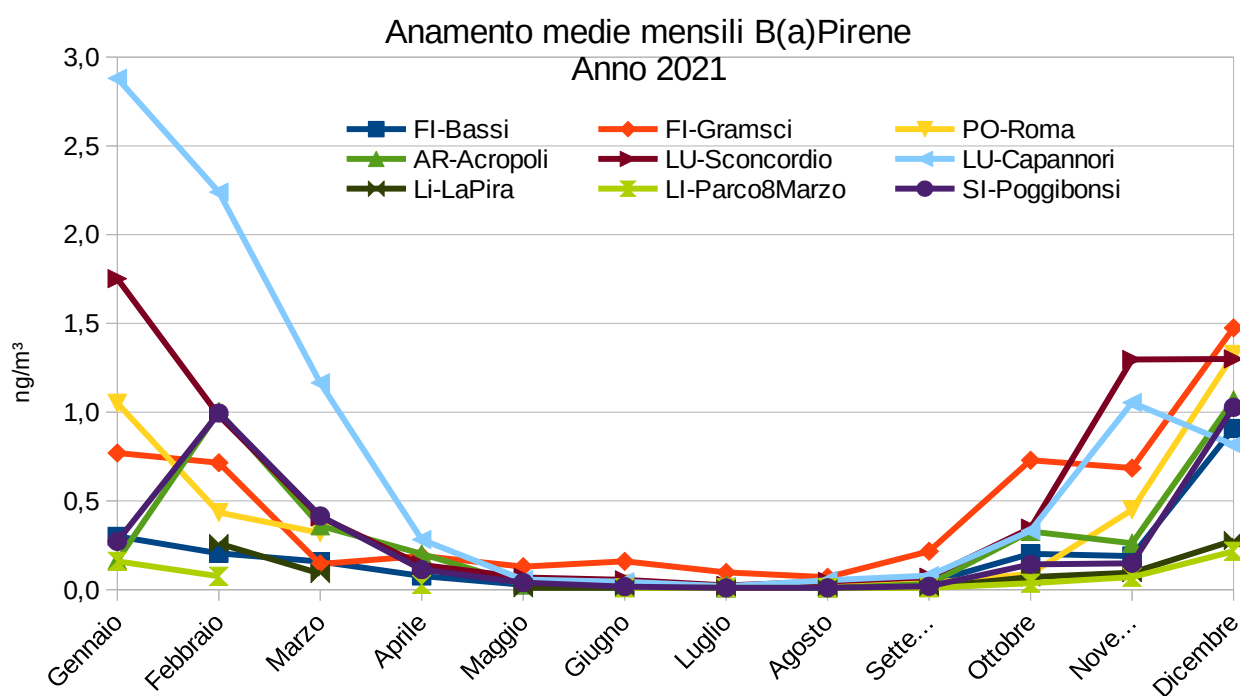
Di seguito, in tabella e in grafico sono riportati gli andamenti delle medie mensili per il benzo(a)pyrene, da cui si evince che i campioni del periodo "caldo" hanno valori di B(a)P nettamente inferiori alla media che è invece influenzata dai valori invernali.

**Tabella 5.1.2. Benzo(a)pyrene - Andamenti mensili. Anno 2021**

	Medie mensili Anno 2021 (ng/m <sup>3</sup> )								
BENZO[A]PIRENE	FI-Bassi	FI-Gramsci	PO-Roma	AR-Acropolis	LU-Sconcordio	LU-Capannori	LI-LaPira	LI-Parco8Marzo	SI-Poggibonsi
Gennaio	0,30	0,77	1,05	0,16	1,75	2,88	-	0,16	0,27
Febbraio	0,21	0,72	0,44	1,00	0,98	2,24	0,26	0,08	1,00
Marzo	0,16	0,15	0,32	0,36	0,41	1,17	0,09	-	0,42
Aprile	0,08	0,19	-	0,20	0,14	0,28	-	0,03	0,11
Maggio	0,03	0,13	0,04	0,03	0,07	0,06	0,01	-	0,04
Giugno	0,03	0,16	0,03	0,02	0,06	0,04	0,01	0,01	0,02
Luglio	0,01	0,10	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Agosto	0,01	0,07	0,02	0,01	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01
Settembre	0,04	0,22	0,04	0,03	0,07	0,08	0,01	0,01	0,02
Ottobre	0,20	0,73	0,09	0,33	0,35	0,33	0,07	0,04	0,14
Novembre	0,19	0,69	0,45	0,26	1,30	1,05	0,10	0,07	0,15
Dicembre	0,91	1,47	1,33	1,07	1,30	0,82	0,28	0,22	1,03

Il profilo del grafico sotto riportato evidenzia che le concentrazioni di benzo(a)pyrene nei campioni di PM10 sono più elevate nei mesi autunnali e invernali, per diminuire in modo rilevante con la primavera e l'estate. Questo andamento è più marcato nei siti dove i valori medi sono più elevati (zone interne), mentre per le stazioni della zona costiera l'andamento è meno accentuato, in quanto anche nei mesi autunnali e invernali le concentrazioni medie sono molto contenute. Come atteso, le concentrazioni più elevate di B(a)P corrispondono a concentrazioni più elevate di PM10.

**Grafico 5.1.2. Benzo(a)pyrene - Andamenti mensili. Anno 2021**

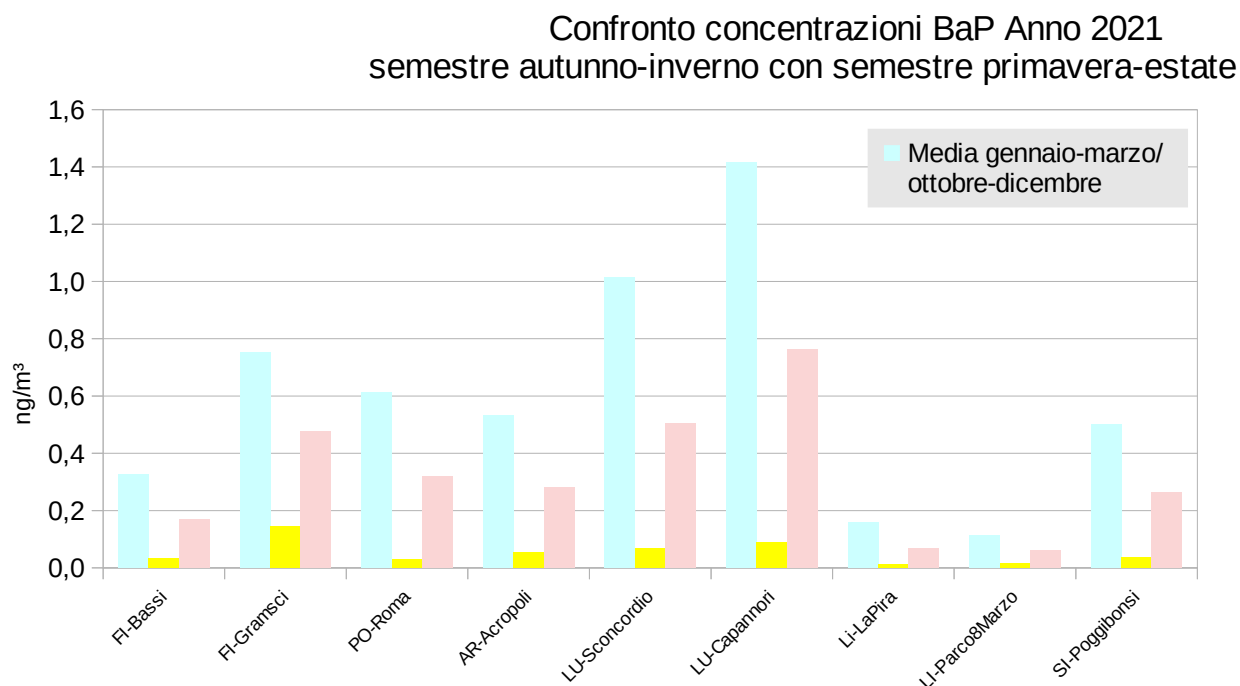


I dati riportati nella tabella seguente e nel relativo grafico mostrano come la concentrazione nel semestre più freddo incida maggiormente nella media annuale. Si precisa che nella Tabella 5.1.3. le medie stagionali tengono conto dei giorni di campionamento effettivi per stagione, così come anche la media annuale.

**Tabella 5.1.3. Benzo(a)pyrene - Medie semestrali. Anno 2021.**

	Concentrazioni stagionali anno 2021 ng/m <sup>3</sup>								
	FI-Bassi	FI-Gramsci	PO-Roma	AR-Acropoli	LU-Sconcordio	LU-Capannori	LI-LaPira	LI-Parco8Marzo	SI-Poggibonsi
Media gennaio-marzo/ottobre-dicembre	0,33	0,75	0,61	0,53	1,01	1,41	0,16	0,11	0,50
Media aprile-settembre	0,03	0,14	0,03	0,05	0,07	0,09	0,01	0,01	0,03
Media annuale	0,17	0,48	0,32	0,28	0,51	0,76	0,07	0,06	0,27

**Grafico 5.1.3. Benzo(a)pyrene - Confronto medie stagionali. Anno 2021.**



Di seguito sono riportati gli andamenti temporali delle medie annuali di benzo(a)pyrene dell'ultimo decennio, laddove disponibili.

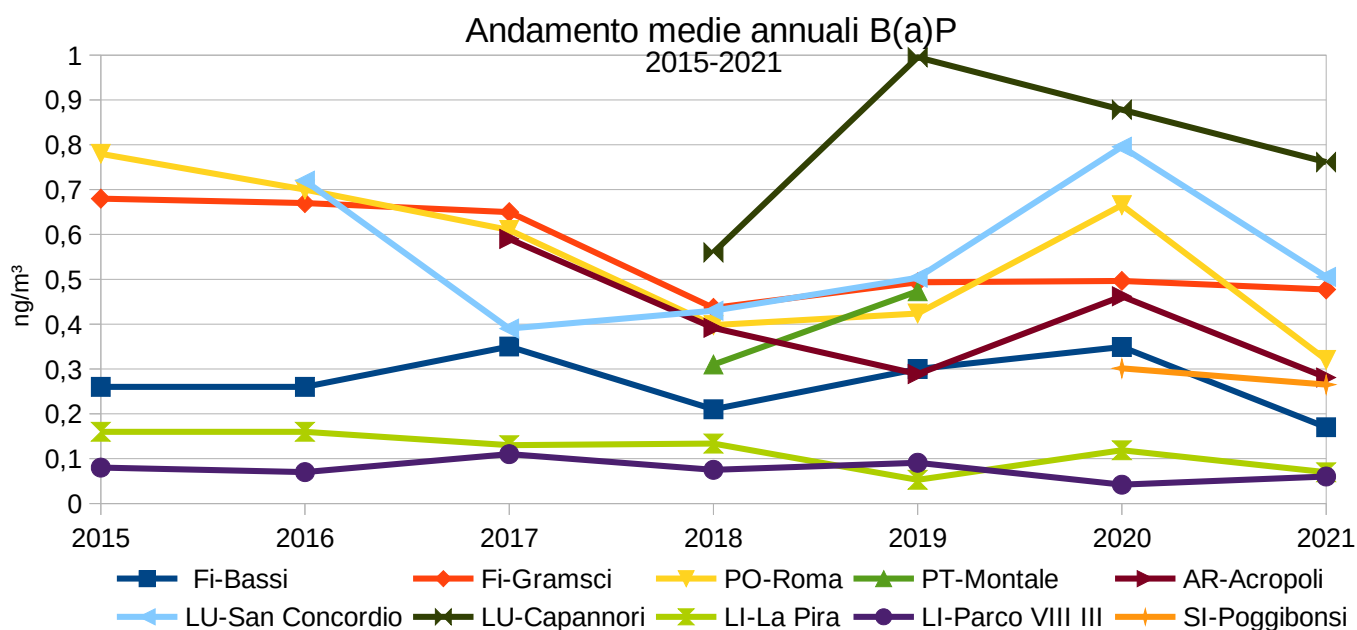
**Tabella 5.1.4. Benzo(a)pyrene - Andamenti della media annuale 2011-2021**

				Concentrazioni medie annuali B(a)P (ng/m <sup>3</sup> )										
				Valore Obiettivo 1.0 ng/m <sup>3</sup>										
Classificazione Zona e Stazione		Provincia e Comune	Nome stazione	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agglomerato Firenze	UF	Firenze (FI)	Fi-Bassi	0,26	0,3	0,3	0,26	0,26	0,26	0,35**	0,21**	0,30**	0,35	0,17
	UT	Firenze (FI)	Fi-Gramsci	0,51	-	0,44	0,58	0,68	0,67	0,65	0,44	0,49	0,50	0,48
Zona Prato Pistoia	UF	Prato (PO)	PO-Roma	-	-	-	-	0,78	0,7	0,61	0,40	0,42	0,67	0,32
	PF	Montale (PT)	PT-Montale	-	-	-	-	-	-	-	0,31	0,47	-	-
Zona Valdarno aretino e Val di Chiana	UF	Arezzo (AR)	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	0,59	0,39	0,29	0,46	0,28
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Lucca (LU)	LU-San Concordio	-	-	-	-	0,79*	0,72	0,39	0,43	0,50	0,80	0,51
	UF	Capannori (LU)	LU-Capannori	-	-	-	-	-	-	-	0,56	1,00	-	0,76
Zona costiera	UF	Livorno (LI)	LI-La Pira	-	-	-	-	0,16	0,16	0,13	0,13	0,05	0,12	0,07
	UF	Piombino (LI)	LI-Parco VIII Marzo	-	-	-	-	0,08	0,07	0,11	0,08	0,09	0,04	0,06
Zona Collinare e Montana	UF	Poggibonsi (SI)	SI-Poggibonsi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	0,27

\*serie non rappresentativa per mancanza di copertura dati idonea

\*\*serie non rappresentativa, campioni di PM<sub>2,5</sub>

**Grafico 5.1.4. Benzo(a)pyrene. Medie annuali - Andamenti 2015-2021**





## 5.2. Altri 6 congeneri IPA nel PM10

L'articolo 6 del D.Lgs 155/2010 prevede che venga definita una rete nazionale dove monitorare, oltre al benzo(a)pirene, anche altri 6 IPA di rilevanza tossicologica: (benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e dibenzo(a,h)antracene), al fine di verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il benzo(a)pirene e gli altri idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica.

Con Decreto Ministeriale del 29/11/12 è stata istituita tale rete nazionale, di cui fa parte anche il sito di FI-Bassi, e dal 2013 sono stati quindi determinati per la relativa stazione i sette IPA richiesti dal D.Lgs. 155/10.

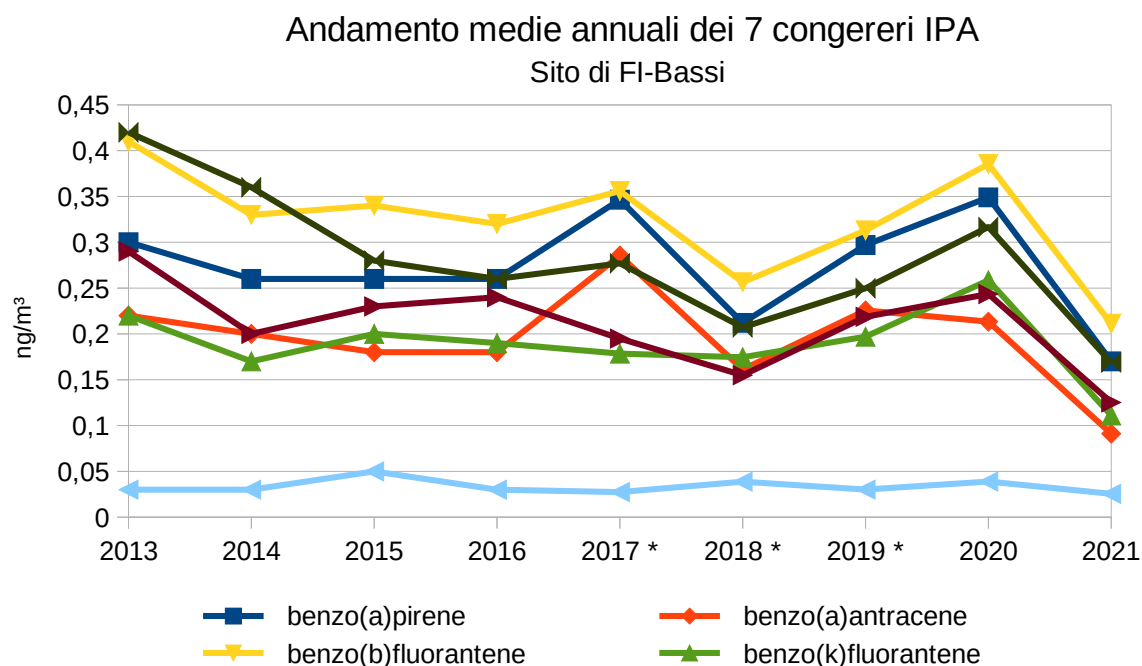
Dopo tre anni (2017-2018-2019) in cui le analisi dei campioni relativi ai 7 di IPA di FI-Bassi sono state effettuate dal laboratorio di ARPA Veneto a seguito di un accordo con il MITE, dal 2020 tali analisi sono state effettuate direttamente da ARPAT. I dati 2017-2019 non sono ancora resi disponibili dal MITE, quindi i dati di seguito riportati, relativi al 2017-2018-2019, si riferiscono a campioni effettuati dai laboratori ARPAT su campioni non di PM10 ma di PM2,5 e il confronto con gli anni precedenti è soltanto indicativo.

In tabella e in grafico sono riportati i valori delle medie annue registrate dal 2013 per il B(a)P e degli altri sei congeneri determinati per il sito di Bassi, con i relativi trend grafici.

*Tabella 5.2.1. IPA FI-Bassi - Medie annue 2013 – 2021*

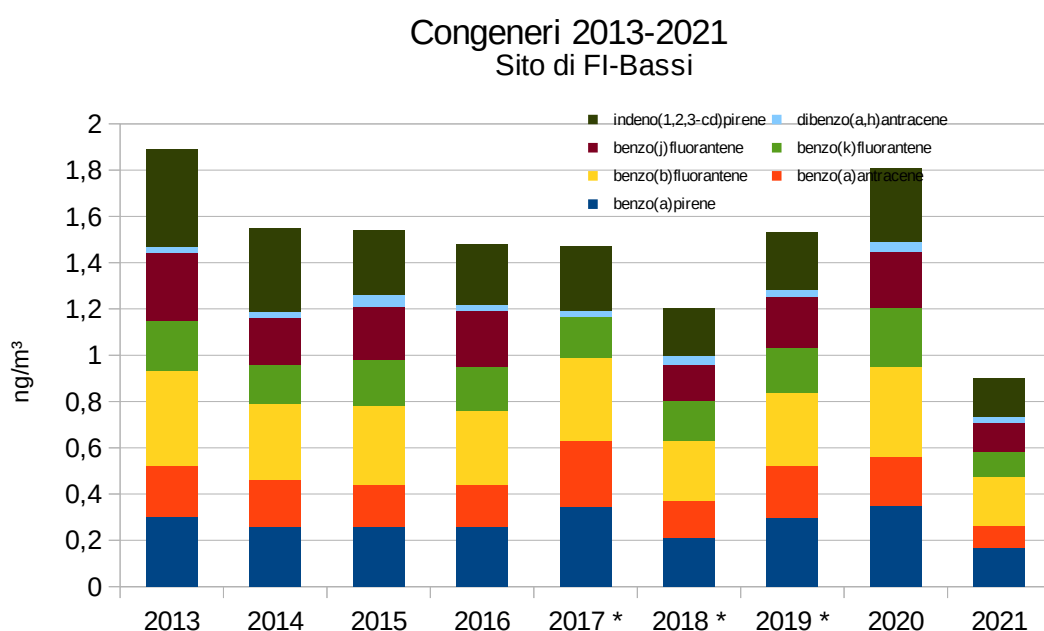
	Medie annuali 7 congeneri IPA ng/m <sup>3</sup>								
	Sul PM10				Sul PM2,5			Sul PM10	
FI-Bassi	2013	2014	2015	2016	2017 *	2018 *	2019 *	2020	2021
benzo(a)pirene	0,3	0,26	0,26	0,26	0,35	0,21	0,30	0,35	0,17
benzo(a)antracene	0,22	0,2	0,18	0,18	0,29	0,16	0,23	0,21	0,09
benzo(b)fluorantene	0,41	0,33	0,34	0,32	0,36	0,26	0,31	0,39	0,21
benzo(k)fluorantene	0,22	0,17	0,2	0,19	0,18	0,17	0,20	0,26	0,11
benzo(j)fluorantene	0,29	0,2	0,23	0,24	-	0,15	0,22	0,24	0,13
dibenzo(a,h)antracene	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03
indeno(1,2,3-cd)pirene	0,42	0,36	0,28	0,26	0,28	0,21	0,25	0,32	0,17

Grafico 5.2.1. IPA FI-Bassi - Medie annue 2013 – 2021



Dal grafico si nota che i valori delle concentrazioni medie annuali dei 7 congeneri si sono mantenute su livelli molto bassi per tutta la durata del monitoraggio, con piccole oscillazioni di concentrazione riproducibili per tutti e 7 i parametri.

Grafico 5.2.1.bis. IPA FI-Bassi – Sommatoria concentrazioni medie dei 7 congeneri 2013 - 2021

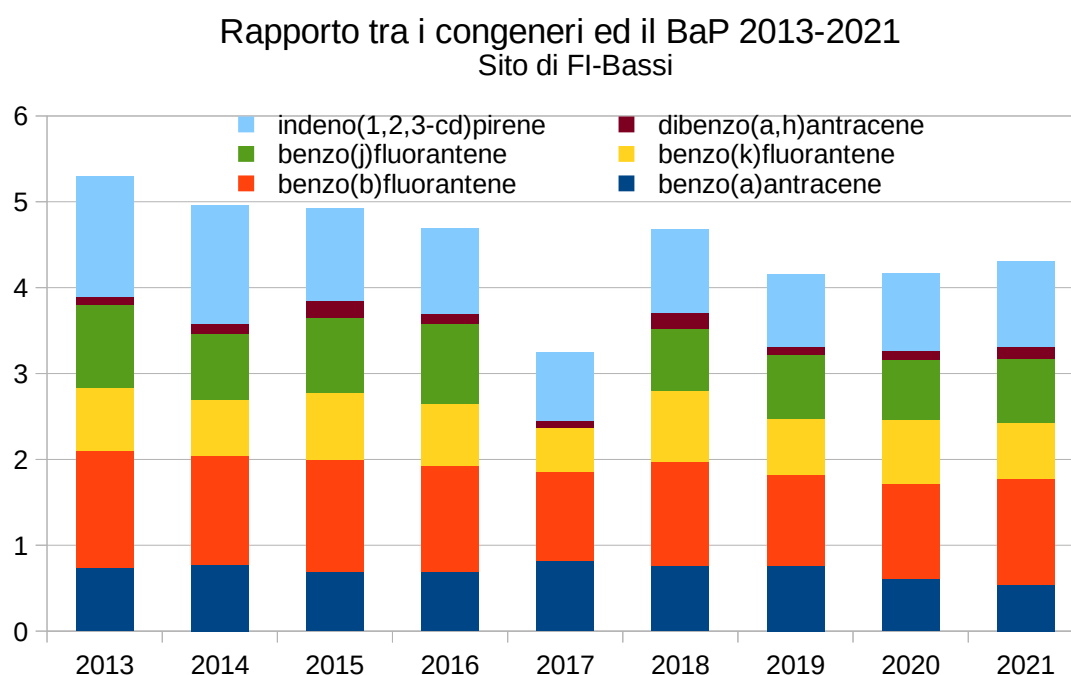


Sono stati calcolati per ogni annualità i rapporti tra le medie di ogni congenere e del B(a)P, per studiare la distribuzione delle concentrazioni dei congeneri sui campioni di PM, e i risultati ottenuti hanno mostrato che la distribuzione non è cambiata significativamente negli anni, ma “l'impronta” del sito è rimasta costante negli anni.

**Tabella 5.2.2. FI-Bassi - Rapporti tra i 6 congeneri monitorati e il benzo(a)pyrene, anni 2013 – 2021**

FI-Bassi	Rapporto tra i vari congeneri e il benzo(a)pirene								
	Sul PM10				Sul PM2,5			Sul PM10	
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
benzo(a)antracene	0,73	0,77	0,69	0,69	0,82	0,76	0,76	0,61	0,54
benzo(b)fluorantene	1,37	1,27	1,31	1,23	1,03	1,21	1,05	1,10	1,24
benzo(k)fluorantene	0,73	0,65	0,77	0,73	0,52	0,82	0,66	0,74	0,65
benzo(j)fluorantene	0,97	0,77	0,88	0,92	-	0,73	0,74	0,70	0,74
dibenzo(a,h)antracene	0,10	0,12	0,19	0,12	0,08	0,18	0,10	0,11	0,15
indeno(1,2,3-cd)pirene	1,40	1,38	1,08	1,00	0,80	0,98	0,84	0,91	0,99

**Grafico 5.2.2. FI-Bassi – Impronta dei rapporti tra congeneri e benzo(a)pyrene, anni 2013 - 2021**



In tabella e nei grafici sottostanti sono riportate le elaborazioni delle medie mensili relative al 2021 per ciascuno dei 7 IPA monitorati sul sito di FI-Bassi

**Tabella 5.2.3. IPA FI-Bassi - Medie mensili 2021**

FI-BASSI	Medie mensili 2021 (ng/m <sup>3</sup> )						
	Benzo (a) pirene	Benzo (a) antracene	Benzo (b) fluorantene	Benzo (k) fluorantene	Benzo (j) fluorantene	Dibenzo (a,h) antracene	Indeno (1,2,3-cd) pirene
gennaio	0,30	0,19	0,32	0,18	0,21	0,01	0,31
febbraio	0,21	0,13	0,28	0,16	0,17	0,03	0,20
marzo	0,16	0,07	0,21	0,12	0,13	0,02	0,14
aprile	0,08	0,04	0,11	0,05	0,06	0,01	0,09
maggio	0,03	0,01	0,05	0,02	0,03	0,01	0,04
giugno	0,03	0,01	0,05	0,02	0,03	0,01	0,06
luglio	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03
agosto	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
settembre	0,04	0,02	0,06	0,03	0,03	0,01	0,06
ottobre	0,20	0,11	0,26	0,13	0,14	0,03	0,23
novembre	0,19	0,10	0,24	0,12	0,15	0,03	0,21
dicembre	0,91	0,49	1,01	0,53	0,60	0,11	0,76

Come già osservato per il B(a)P, la concentrazione media mensile di tutti gli idrocarburi policiclici aromatici assume valori significativi soltanto nei primi mesi dell'anno, in particolare da gennaio a marzo, per diminuire con l'arrivo della primavera fino ad assumere valori trascurabili in estate. Con l'arrivo dell'autunno, tali valori aumentano di nuovo da ottobre, fino a raggiungere i massimi stagionali con i valori di dicembre.

**Grafico 5.2.3. IPA FI-Bassi – Andamento medie mensili 2021**

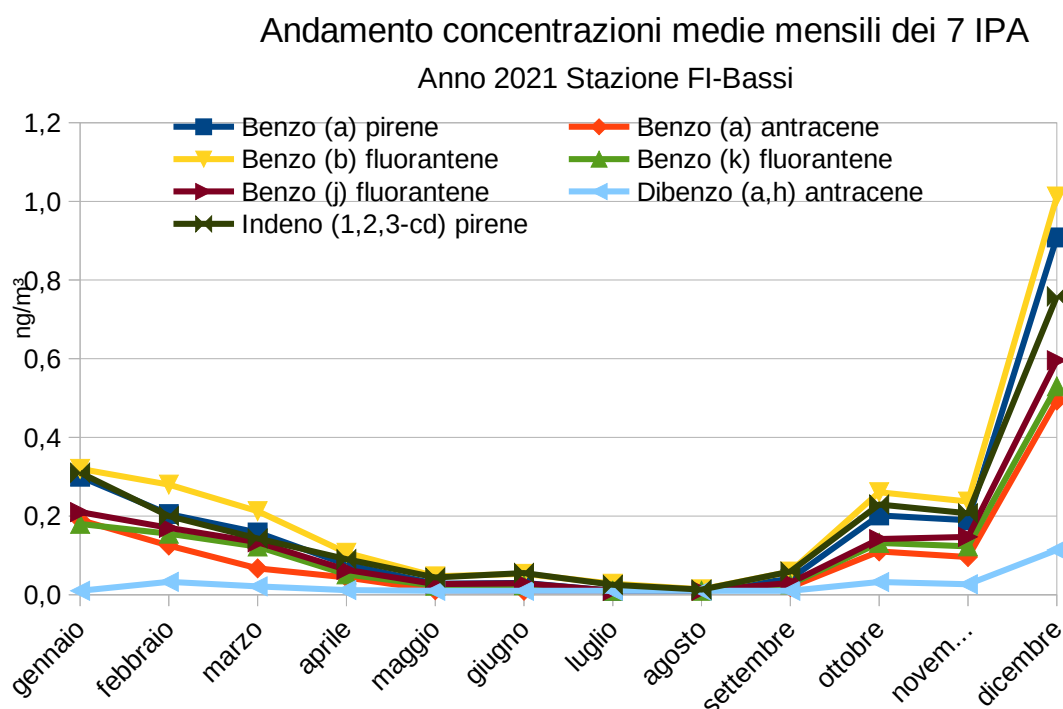
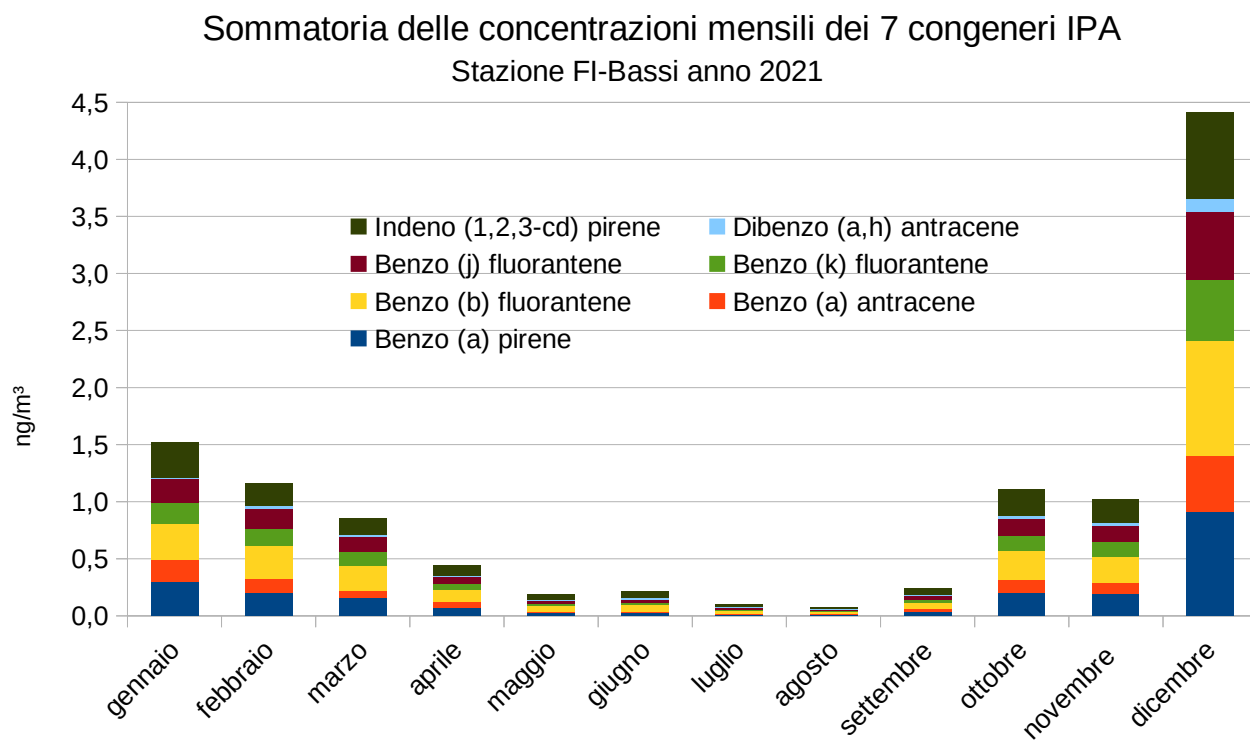


Grafico 5.2.3.bis. IPA FI-Bassi – Sommatoria concentrazioni medie dei 7 congeneri nei 12 mesi del 2021

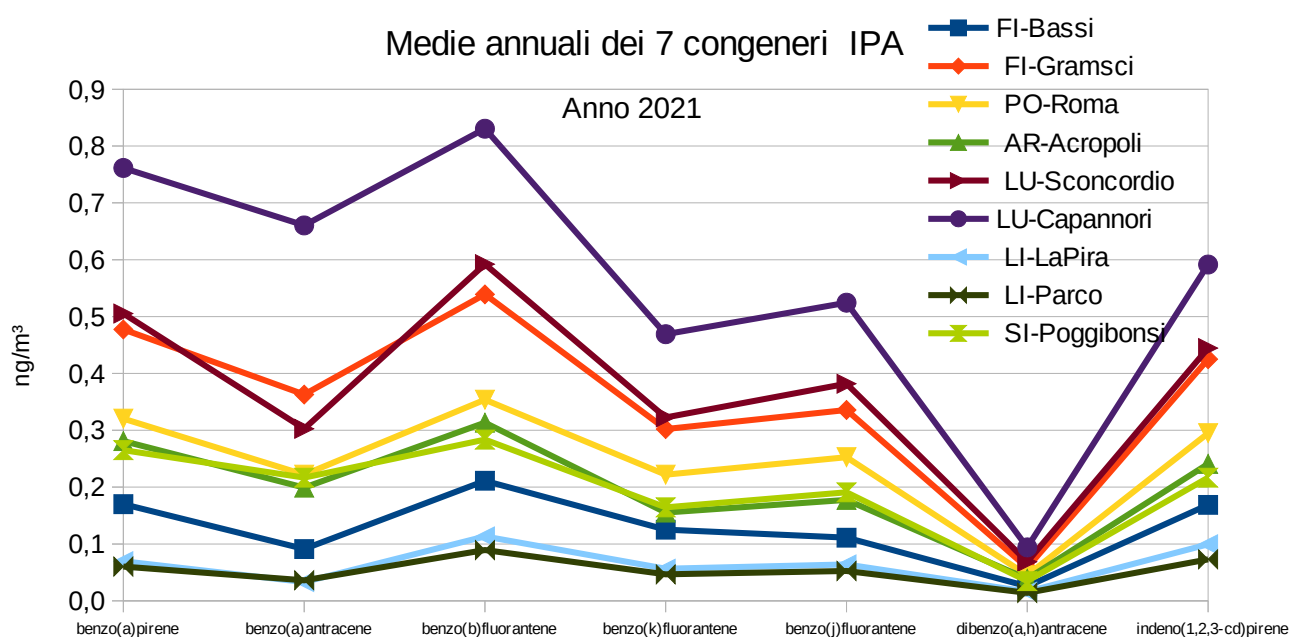


Nel 2021, come per l'anno precedente, sono state effettuate le analisi dei 6 congeneri di interesse in tutti i siti di monitoraggio del B(a)P di Rete Regionale, e sono quindi stati elaborati i parametri relativi alle medie annuali per ciascuna stazione.

*Tabella 5.2.4. Anno 2021: medie annuali congeneri IPA in stazioni di Rete Regionale*

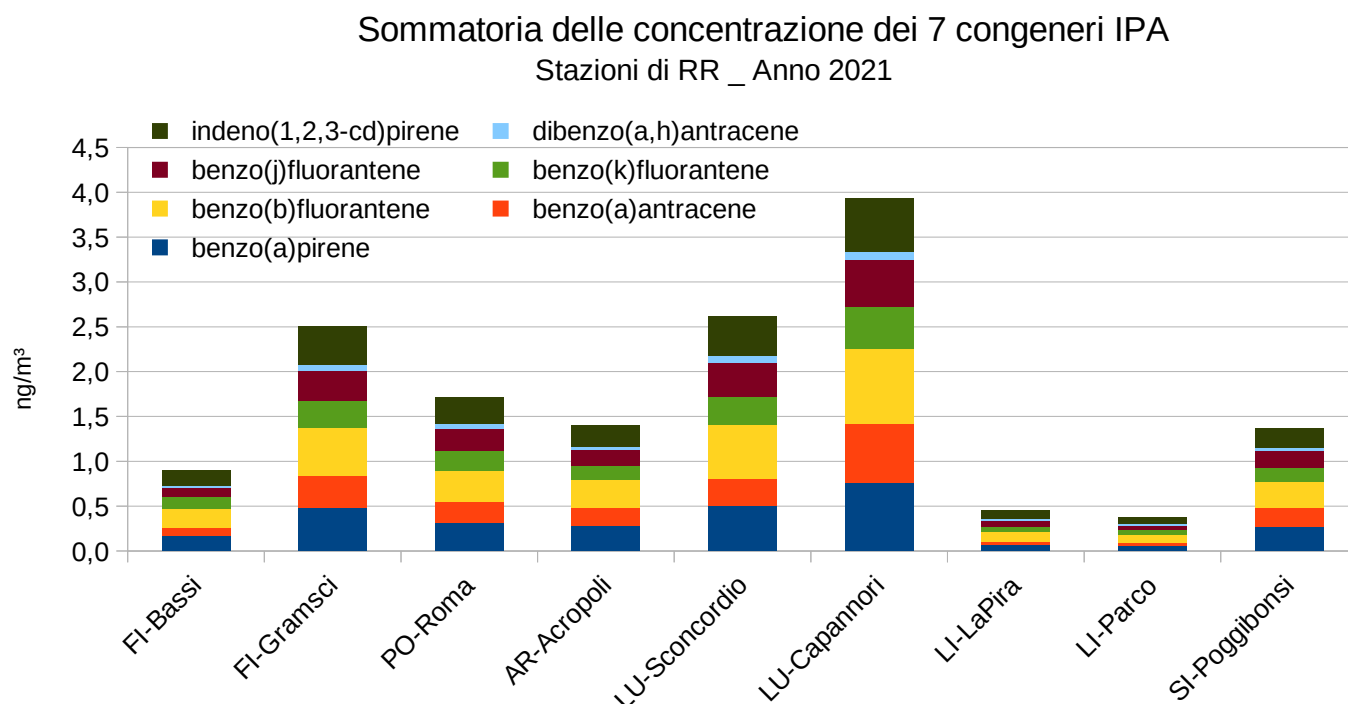
Anno 2021	Medie annuali 7 congeneri IPA ng/m <sup>3</sup>								
	FI-Bassi	FI-Gramsci	PO-Roma	AR-Acropoli	LU-Sconcordio	LU-Capannori	LI-LaPira	LI-Parco	SI-Poggibonsi
benzo(a)pirene	0,17	0,48	0,32	0,28	0,51	0,76	0,07	0,06	0,27
benzo(a)antracene	0,09	0,36	0,22	0,20	0,30	0,66	0,03	0,04	0,22
benzo(b)fluorantene	0,21	0,54	0,35	0,31	0,59	0,83	0,11	0,09	0,28
benzo(k)fluorantene	0,13	0,30	0,22	0,16	0,32	0,47	0,06	0,05	0,16
benzo(j)fluorantene	0,11	0,34	0,25	0,18	0,38	0,52	0,06	0,05	0,19
dibenzo(a,h)antracene	0,03	0,06	0,04	0,04	0,07	0,09	0,02	0,01	0,03
indeno(1,2,3-cd)pirene	0,17	0,43	0,30	0,24	0,44	0,59	0,10	0,07	0,22

*Grafico 5.2.4. Anno 2021: medie annuali congeneri IPA in stazioni di Rete Regionale*



Il grafico mostra che nonostante le nette differenze di concentrazione che distinguono le stazioni di Rete Regionale appartenenti alle diverse zone, la distribuzione tra i vari congeneri è analoga per tutte le stazioni, compreso il sito di traffico di FI-Gramsci. Le stazioni che si sono contraddistinte per le più alte concentrazioni di B(a)P, come la traffico di FI-Gramsci (UT) e le due stazioni della zona di PI-LU, hanno riportato i massimi valori medi annuali anche degli altri congeneri.

**Grafico 5.2.4. bis. Anno 2021: sommatoria delle concentrazioni medie annuali congeneri IPA in stazioni di Rete Regionale**



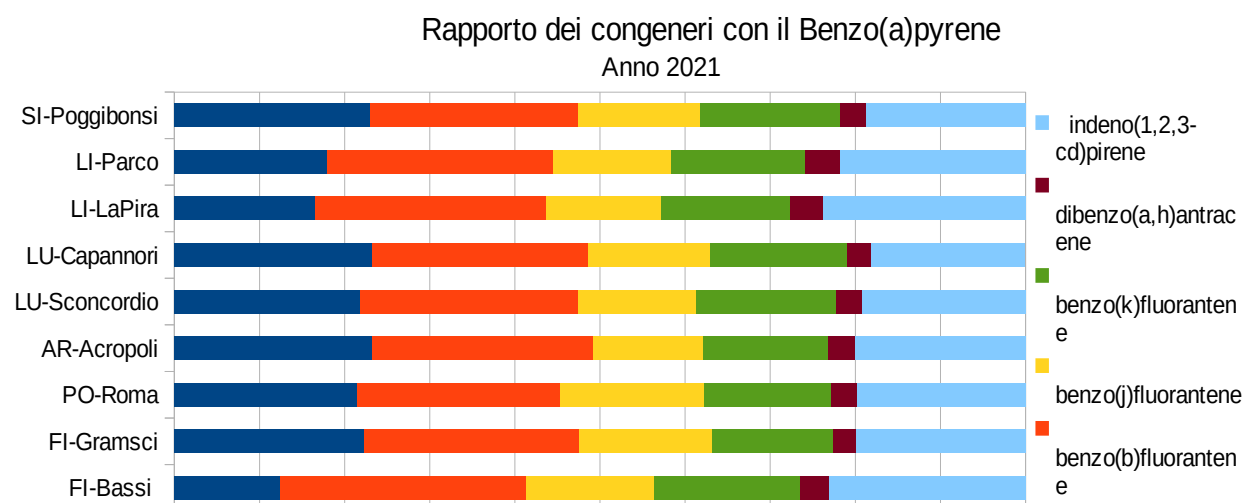
I congeneri sono stati trovati in concentrazioni abbastanza costanti rispetto al BaP nei vari siti, come mostrano i dati della tabella seguente.

**Tabella 5.2.5. Rapporti tra le concentrazioni dei 6 congeneri ed il B(a)P. Anno 2021**

Anno 2021	Rapporti di massa dei 6 congeneri con il BaP								
	FI-Bassi	FI-Gramsci	PO-Roma	AR-Acropoli	LU-Sconcordio	LU-Capannori	LI-LaPira	LI-Parco	SI-Poggibonsi
benzo(a)antracene	0,5	1,3	1,4	1,4	1,7	1,2	2,1	1,7	1,2
benzo(b)fluorantene	1,2	1,5	1,6	1,6	2,0	1,3	3,4	2,5	1,3
benzo(j)fluorantene	0,7	0,9	1,1	0,8	1,1	0,7	1,7	1,3	0,8
benzo(k)fluorantene	0,7	0,8	1,0	0,9	1,3	0,8	1,9	1,5	0,9
dibenzo(a,h)antracene	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,5	0,4	0,2
indeno(1,2,3-cd)pirene	1,0	1,2	1,3	1,2	1,5	0,9	3,0	2,0	1,0

I rapporti tra le concentrazioni medie dei congeneri e il Benzo(a)pyrene sono riproducibili tra i vari siti di Rete Regionale.

**Grafico 5.2.5. Rapporti tra le concentrazioni dei 6 congeneri ed il B(a)P. Anno 2021**



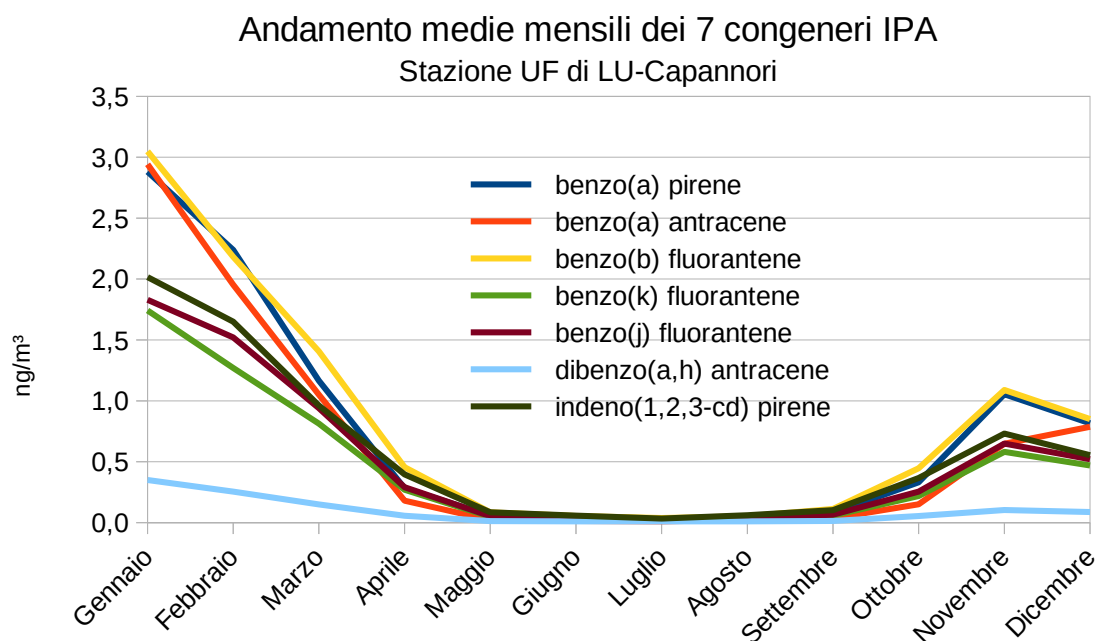
Analogamente a quanto effettuato per la stazione di FI-Bassi, sono state calcolate le medie mensili di tutti i congeneri anche per le altre stazioni di Rete Regionale. Si è potuto verificare che l'andamento delle concentrazioni è il medesimo per tutti i siti, indipendentemente dalla zona e dalla tipologia di stazione. Si riportano la tabella e il grafico degli andamenti delle medie mensili dei 7 congeneri per la stazione di LU-Capannori, considerata la più rappresentativa a causa dei valori elevati rispetto al panorama regionale e della ottima percentuale di copertura di campionamento ottenuta (98%).

**Tabella 5.2.6. Medie mensili dei 7 congeneri IPA, stazione di LU-Capannori. Anno 2021**

LU-Capannori	Medie mensili 2021 (ng/m <sup>3</sup> )						
	benzo(a)pirene	benzo(a)antracene	benzo(b)fluorantene	benzo(k)fluorantene	benzo(j)fluorantene	dibenzo(a,h)antracene	indeno(1,2,3-cd)pirene
Gennaio	2,88	2,94	3,05	1,74	1,83	0,35	2,02
Febbraio	2,24	1,95	2,18	1,27	1,52	0,26	1,65
Marzo	1,17	1,05	1,41	0,81	0,94	0,15	0,96
Aprile	0,28	0,18	0,46	0,27	0,29	0,06	0,40
Maggio	0,06	0,02	0,09	0,05	0,05	0,01	0,09
Giugno	0,04	0,01	0,05	0,03	0,03	0,01	0,06
Luglio	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,01	0,03
Agosto	0,05	0,02	0,05	0,03	0,04	0,01	0,06
Settembre	0,08	0,04	0,11	0,06	0,07	0,01	0,10
Ottobre	0,33	0,15	0,45	0,22	0,25	0,05	0,37
Novembre	1,05	0,65	1,09	0,58	0,65	0,10	0,73
Dicembre	0,82	0,79	0,85	0,47	0,52	0,09	0,55



Grafico 5.2.6. Medie mensili dei 7 congeneri Ipa, stazione di LU-Capannori. Anno 2021



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

La concentrazione atmosferica di arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni) e piombo (Pb) 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.

Le campagne di monitoraggio hanno soddisfatto 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.

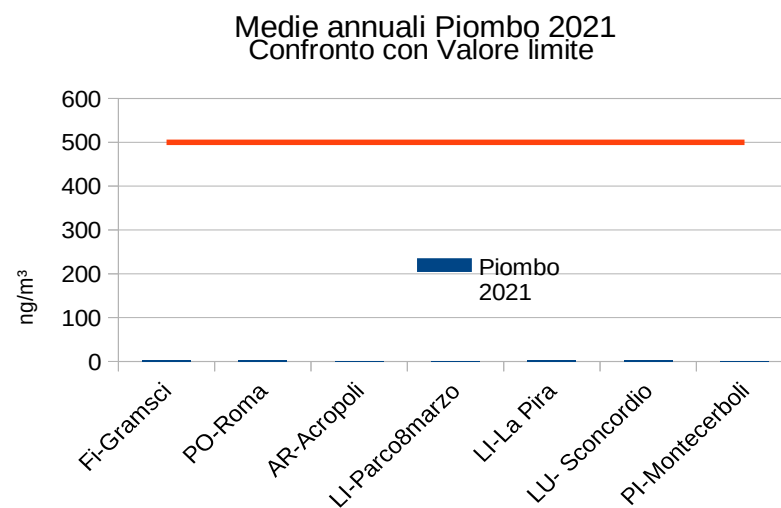
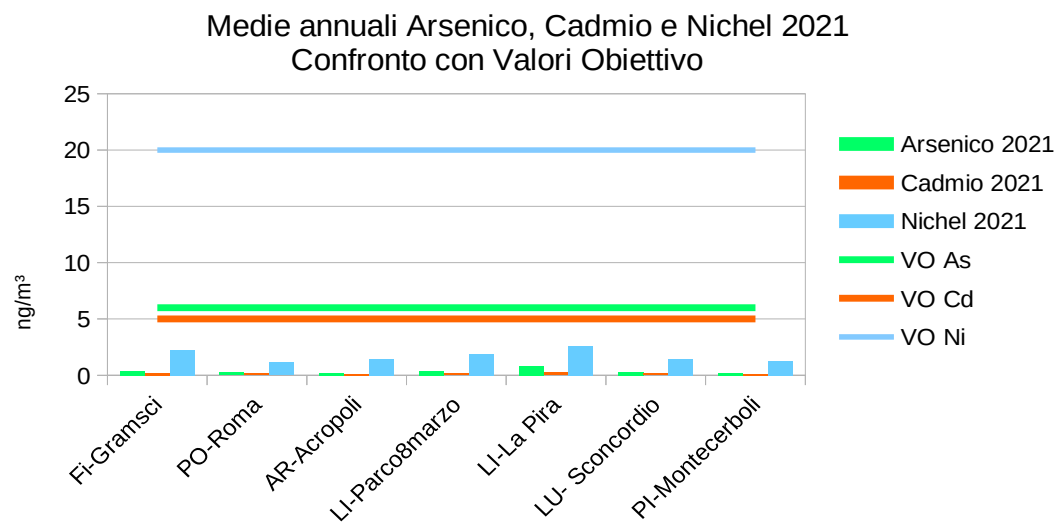
La stazione di Gramsci è l'unico sito regionale per il quale è ufficialmente previsto il monitoraggio del piombo; soltanto presso questo sito è stato dunque effettuato il monitoraggio con il 90% di copertura. Si riportano comunque anche i risultati del monitoraggio del Pb effettuato negli altri siti, in quanto ritenuti rappresentativi.

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 5.3.1. Metalli pesanti – Confronto con i valori obiettivo e i limiti per il 2021.

					Arsenico 2021		Cadmio 2021		Nichel 2021		Piombo 2021	
Classificazione Zona e stazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale (ng/m <sup>3</sup> )	Valore obiettivo (ng/m <sup>3</sup> )	Media annuale (ng/m <sup>3</sup> )	Valore obiettivo (ng/m <sup>3</sup> )	Media annuale (ng/m <sup>3</sup> )	Valore obiettivo (ng/m <sup>3</sup> )	Media annuale (ng/m <sup>3</sup> )	Valore limite (ng/m <sup>3</sup> )
Agglomerato Firenze	UT	FI	Firenze	Fi-Gramsci	0,4	6,0	0,2	5,0	2,3	20,0	3,2	500,0
Zona Prato Pistoia	UF	PO	Prato	PO-Roma	0,2		0,1		1,1		2,4	
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR	Arezzo	AR-Acropoli	0,2		0,1		1,4		1,9	
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco8marzo	0,4		0,2		1,9		2,0	
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	0,8		0,3		2,6		4,1	
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU	Lucca	LU- Sconcordio	0,3		0,2		1,4		3,4	
Zona collinare e montana	PF	PI	Pomarance	PI-Montecerboli	0,2		0,1		1,3		1,1	

Grafico 5.3.1. Metalli pesanti – Confronto con i valori obiettivo e i limiti per il 2021.



Come mostrano i dati riportati nelle tabelle e nei grafici, in tutte le stazioni di Rete Regionale gli indicatori del 2021 sono ampiamente entro il valore limite per il Pb e i valori obiettivo per As, Cd e Ni.

L'OMS ha indicato come valore guida per il piombo una media annuale di 500 ng/m<sup>3</sup>, 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'OMS. Il confronto è comunque discusso in allegato.

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

*Tabella 5.3.2. Andamenti 2015-2021. Medie annuali arsenico*

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Arsenico Valore obiettivo: 6 ng/m <sup>3</sup>						
			Concentrazioni medie annue (ng/m <sup>3</sup> )						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	-	-	-	-	-	0,3	0,2
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	0,2
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII III	0,7	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
	UF	LI-La Pira	1,1	1,1	0,5	0,3	0,4	0,3	0,8
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU- S.Concordio	-	-	-	-	-	0,3	0,3
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	-	-	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2

*Grafico 5.3.2. Andamenti 2015-2021. Medie annuali arsenico*

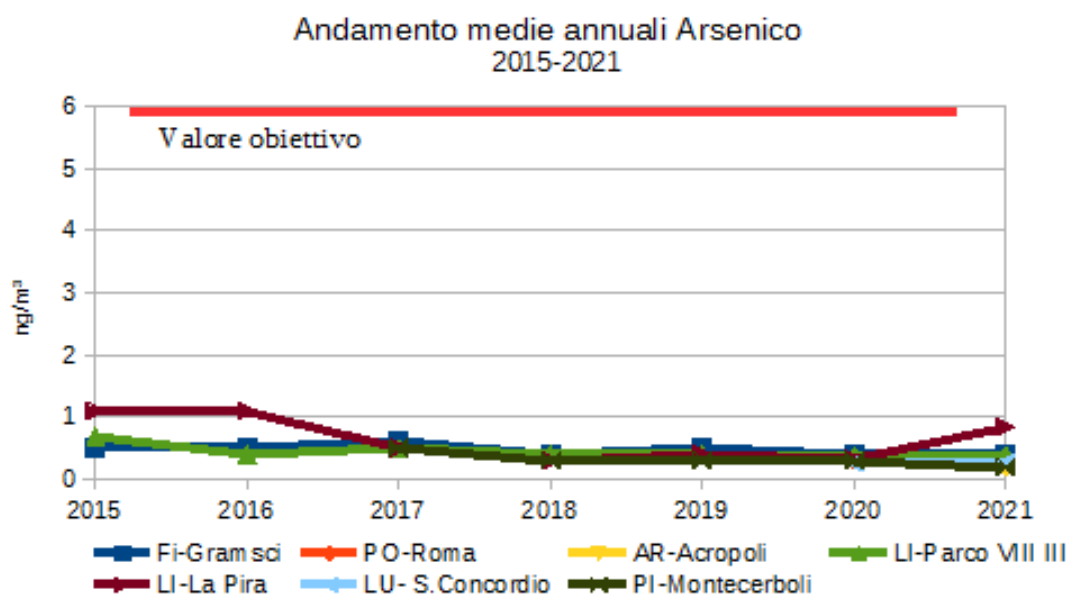


Tabella 5.3.3. Andamenti 2015-2021. Medie annuali cadmio

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Cadmio Valore obiettivo: 5 ng/m <sup>3</sup>						
			Concentrazioni medie annue (ng/m <sup>3</sup> )						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	0,5	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	-	-	-	-	-	0,2	0,1
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	0,1
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII III	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
	UF	LI-La Pira	0,2	0,5	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU- S.Concordio	-	-	-	-	-	0,1	0,2
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	-	-	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1

Grafico 5.3.3. Andamenti 2015-2021. Medie annuali cadmio

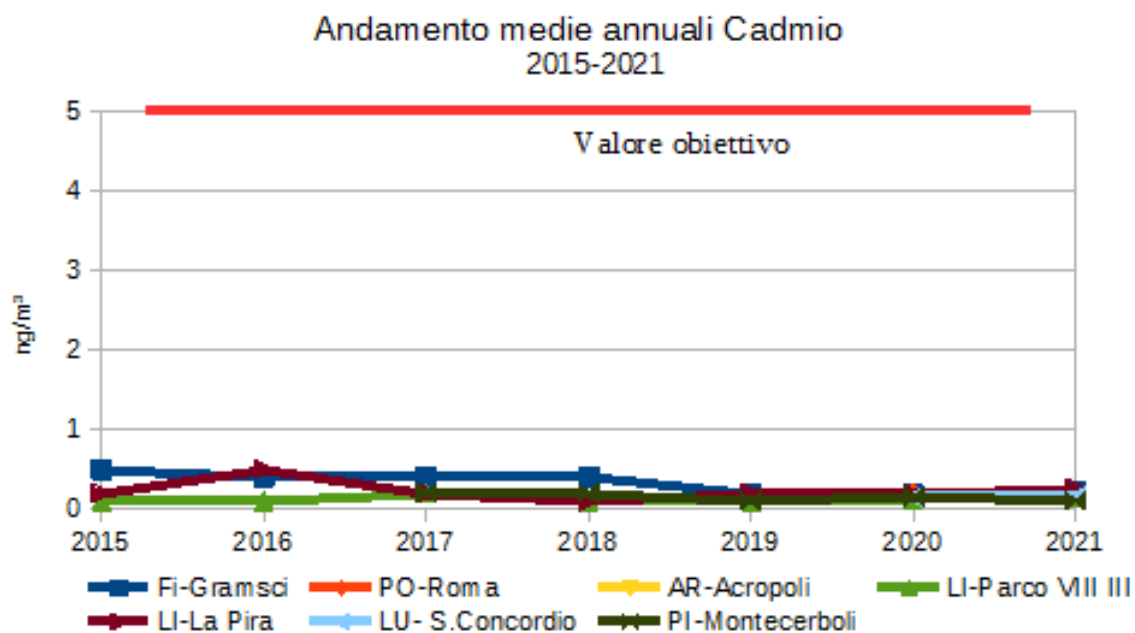


Tabella 5.3.4. Andamenti 2015-2021. Medie annuali nichel

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Nichel Valore obiettivo: 20 ng/m <sup>3</sup>						
			Concentrazioni medie annue (ng/m <sup>3</sup> )						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	2,7	3,2	3,3	3,1	2,9	3,0	2,3
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	-	-	-	-	-	2,1	1,1
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	1,4
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII III	3,1	2,5	3,2	2,3	2,5	2,1	1,9
	UF	LI-La Pira	4	3,7	2	3,2	2,5	3,6	2,6
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU- S.Concordio	-	-	-	-	-	2,3	1,4
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	-	-	2,1	1,6	1,3	1,5	1,3

Grafico 5.3.4. Andamenti 2015-2021 Medie annuali nichel

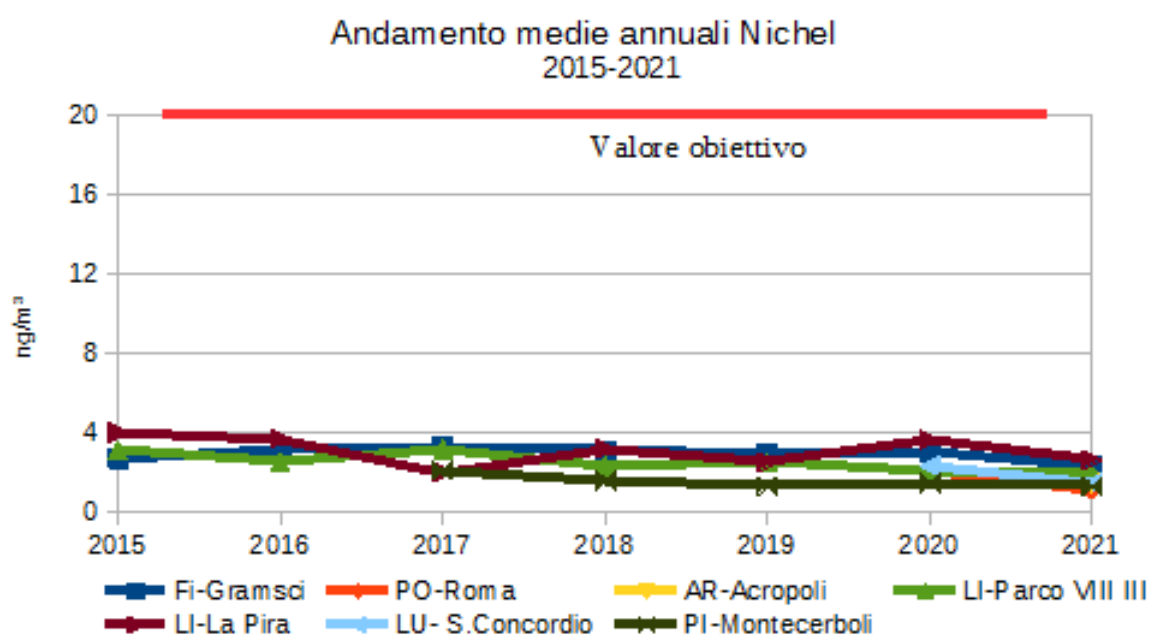
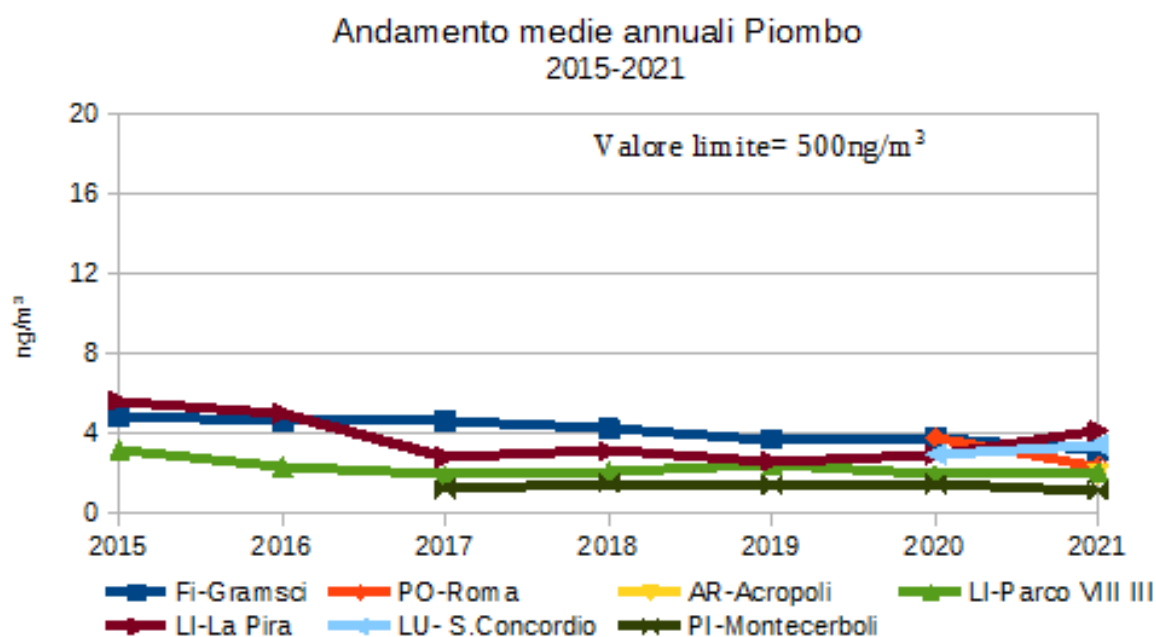


Tabella 5.3.5. Andamenti 2015-2021. Medie annuali piombo

Classificazione Zona e stazione		Nome stazione	Piombo Valore limite: 500 ng/m <sup>3</sup>						
			Concentrazioni medie annue (ng/m <sup>3</sup> )						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Agglomerato Firenze	UT	Fi-Gramsci	4,8	4,6	4,6	4,2	3,7	3,8	3,2
Zona Prato Pistoia	UF	PO-Roma	-	-	-	-	-	3,8	2,4
Zona Valdarno aretino e Valdichiana	UF	AR-Acropoli	-	-	-	-	-	-	1,9
Zona costiera	UF	LI-Parco VIII III	3,2	2,3	1,9	2,1	2,4	1,9	2,0
	UF	LI-La Pira	5,6	5	2,8	3,1	2,6	2,9	4,1
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	LU- S.Concordio	-	-	-	-	-	2,9	3,4
Zona collinare e montana	PF	PI-Montecerboli	-	-	1,2	1,5	1,4	1,4	1,1

Grafico 5.3.5. Andamenti 2015-2021 Medie annuali piombo



Dai valori riportati nelle tabelle e rappresentati nei grafici 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 in tutto il territorio regionale

Presso le stazioni della Zona Costiera è stato effettuato anche il monitoraggio del vanadio, per il quale attualmente non sono previsti valori obiettivo. In tabella si riportano le % di copertura del monitoraggio e le concentrazioni medie annuali di vanadio.

*Tabella 5.3.6. Vanadio 2021*

Monitoraggio Vanadio anno 2021						
Classificazione		Provincia e Comune		Nome stazione	Media annuale 2021 (ng/m <sup>3</sup> )	% copertura
Zona costiera	UF	LI	Piombino	LI-Parco8marzo	2,0	22%
	UF	LI	Livorno	LI-La Pira	2,3	55%

## 6. Conclusioni del monitoraggio delle stazioni di Rete Regionale relativo all'anno 2021

L'analisi degli indicatori di monitoraggio della qualità della aria dell'anno 2021 ottenuti dal monitoraggio della Rete Regionale ha confermato quanto emerso negli ultimi anni, evidenziando una situazione complessivamente positiva per la Toscana. L'unica sostanziale criticità nel rispetto dalla attuale normativa è nei confronti dei 2 valori obiettivo per l'O<sub>3</sub>. Rimangono poi alcune criticità per PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub> legate a situazioni particolari.

**PM<sub>10</sub>:** per questo inquinante il limite di 40 µg/m<sup>3</sup> come media annuale è stato rispettato in tutte le stazioni di monitoraggio, mentre il limite di 35 giorni di superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete Regionale eccetto che nella stazione urbana di fondo di LU-Capannori, che si trova nella "Zona Valdarno pisano e Piana lucchese", presso la quale sono stati registrati 44 episodi di superamento.

**PM<sub>2,5</sub>:** per questo inquinante il limite normativo di 25 µg/m<sup>3</sup> come media annuale è stato rispettato in tutte le 15 stazioni di monitoraggio.

**NO<sub>2</sub>:** per questo inquinante il valore limite di 40 µg/m<sup>3</sup> come media annuale è stato rispettato in tutte le 36 stazioni di monitoraggio, eccetto che per una delle due stazioni urbane di traffico del comune di Firenze. Infatti, presso FI-Gramsci la media annuale è risultata pari a 45 µg/m<sup>3</sup>. Il limite di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m<sup>3</sup> è stato rispettato in tutte le stazioni di Rete Regionale, non essendosi verificato episodio alcuno.

**Ozono:** nonostante per il secondo anno consecutivo le concentrazioni di ozono siano state inferiori agli anni precedenti in particolare nel periodo estivo, il valore obiettivo per la protezione della salute umana non è stato rispettato in 4 stazioni su 10 ed il valore obiettivo per la protezione della vegetazione (AOT40) non è stato rispettato in 6 siti su 10, confermando una situazione critica per gran parte del territorio. Nel 2021 la soglia di attenzione e quella di allarme per l'ozono non sono mai state superate.

**CO, SO<sub>2</sub> e benzene:** Il monitoraggio ha confermato l'assoluta assenza di criticità ed il pieno rispetto dei valori limite.

**H<sub>2</sub>S:** i valori registrati presso le stazioni della Rete Regionale sono ampiamente inferiori al riferimento dell'OMS-WHO per entrambi i siti di monitoraggio. Per il sito di PI-Montecerboli la percentuale di tempo per il quale le concentrazioni sono state tali da poter creare un certo disagio olfattivo è stata pari al 7%, nettamente inferiore agli anni precedenti, con conferma di un trend positivo. Presso il sito di PI-Santa Croce si conferma l'assenza di possibile disagio olfattivo dovuto a H<sub>2</sub>S, con percentuale pari all'1% da diversi anni.

**Benzo(a)pyrene :** il monitoraggio relativo al 2021 ha confermato il pieno rispetto dei valori obiettivo per benzo(a)pyrene.

**Metalli pesanti:** il monitoraggio relativo al 2021 ha confermato l'assenza di criticità alcuna per arsenico, cadmio, nichel e piombo e il pieno rispetto dei valori obiettivo per arsenico, nichel e cadmio, oltre al rispetto del valore limite per il piombo.



## SEZIONE 2 - MONITORAGGIO DI INTERESSE NON REGIONALE

Si riportano le elaborazioni dei parametri monitorati tramite la strumentazione non facente parte della Rete Regionale.

**Tabella 2. Stazioni attive nel 2021: parametri e rendimento % annuale**

Provincia	Comune	Nome	Tipo sito	Inquinanti monitorati e % copertura anno 2020				
Arezzo	S.Giovanni Valdarno	AR-ENEL S.Giovanni	Urbana Traffico	PM10 100%	PM2,5 100%	NOx 99,8%	CO 99%	BTX 98,6%
Arezzo	Cavriglia	AR-ENEL Castelnuovo	Urbana Fondo	PM10 100%	PM2,5 100%	NOx 100%		
Livorno	Rosignano Marittimo	LI-Poggio S.Rocco	Urbana Fondo	PM2,5* 83,1%		NOx 97,4%	O3 97,6%	
Livorno	Collesalveti	LI-Stagno	Urbana Industriale	PM10 100%	PM2,5 100%	NOx 99,5%	H <sub>2</sub> S/SO <sub>2</sub> 99,7%	BTX 97,8%

\* serie non valida

I risultati delle elaborazioni relative alle stazioni dei comuni di S.Giovanni Valdarno e di Cavriglia, di proprietà dell'Enel, mostrano l'assenza di criticità per il rispetto dei parametri di normativa per gli inquinanti monitorati nel 2021.

**Tabella 2.1. Stazioni di Arezzo San Giovanni e Cavriglia**

Indicatori 2021				PM10 µg/m³		PM2,5 µg/m³	NO <sub>2</sub> µg/m³		CO mg/m³		Benzene µg/m³	Toluene µg/m³	E- Benzene µg/m³	O-Xilene µg/m³	MP-xilene µg/m³
Provincia e Comune	Nome e Tipo Stazione			Media annuale	N° superamenti media giornaliera di 50	Media annuale	Media annuale	N° sup. Media oraria di 200	Media annuale	Massima media 8 ore	Media annuale	Media annuale	Media annuale	Media annuale	Media annuale
Arezzo	S.Giovanni Valdarno	AR-ENEL S.Giovanni	Urbana Traffico	20	10	13	19	0(max 94)	0,5	3	0,8	2	0,6	0	2
Arezzo	Cavriglia	AR-ENEL Castelnuovo dei Sabbioni	Urbana Fondo	13	1	8	5	0(max 35)							

I risultati delle elaborazioni relative alla stazione del comune di Rosignano Marittimo confermano quanto osservato in passato: non c'è alcuna criticità per PM2,5 e per NOx, mentre per quanto riguarda l'Ozono, nonostante gli indicatori del 2021 siano molto positivi, i valori obiettivo calcolati rispettivamente come medie su 3 e 5 anni non rispettano il valore di riferimento indicato dalla normativa.

**Tabella 2.2. LI-Poggio San Rocco: indicatori 2021**

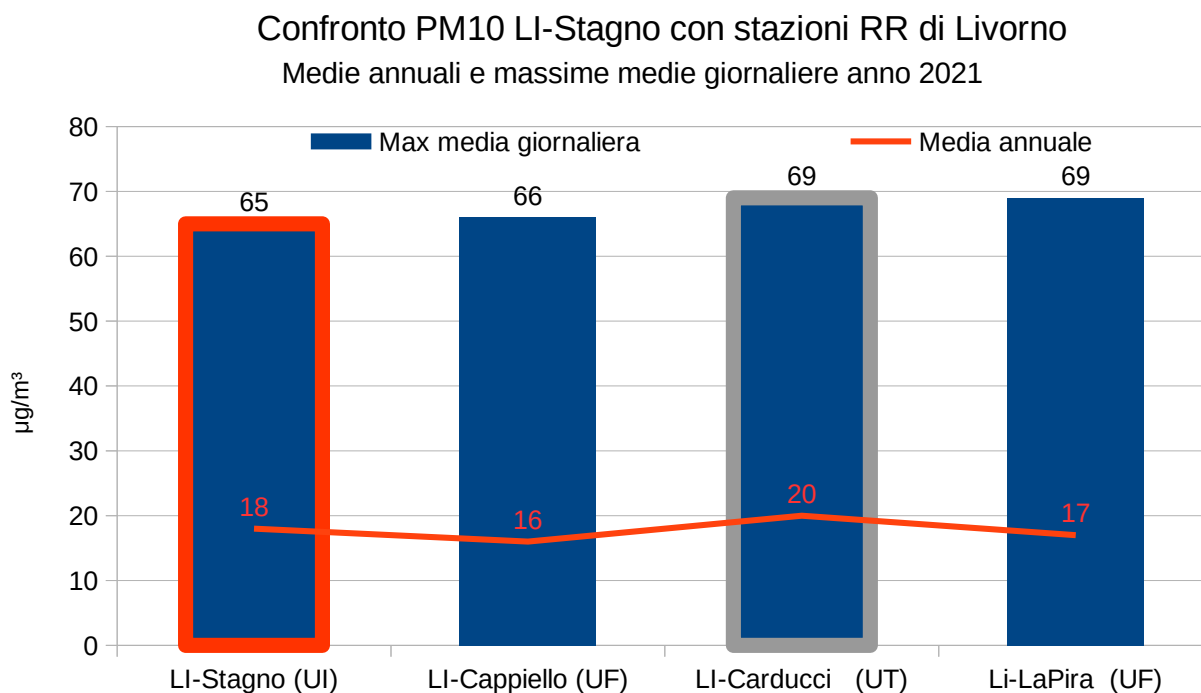
			PM2,5 µg/m³	NO <sub>2</sub> µg/m³		O <sub>3</sub> µg/m³			
Provincia e Comune	Nome e Tipo Stazione		Media annuale	Media annuale	N° sup. Media oraria di 200	N° Sup anno 2021	Valore obiettivo protezione popolazione (media 2019-2020-2021)	AOT40 anno 2021	Valore obiettivo protezione vegetazione (media 2017-2018-2019-2020-2021)
Livorno Rosignano M.mo	LI-Poggio S.Rocco	UF	7	6	0 (max 39)	25	33	15121	22859

**Tabella 2.3. LI- Stagno: indicatori 2021**

		Indicatori 2021 Stazione LI-Stagno														
Provincia e Comune	Stazione	PM10		PM2,5	NO <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> S		SO <sub>2</sub>			Benzene	Toluene	E-Benzene	MP-Xilene	O-Xilene
Collesalveti (LI)	LI-Stagno	Media annuale µg/m <sup>3</sup>	N°Sup.media giornaliera di 50 µg/m <sup>3</sup>	Media annuale µg/m <sup>3</sup>	Media annuale µg/m <sup>3</sup>	N°Sup.media oraria di 200 µg/m <sup>3</sup>	Media annuale µg/m <sup>3</sup>	Max media oraria µg/m <sup>3</sup>	Media annuale µg/m <sup>3</sup>	N°Sup.media giornaliera di 125 µg/m <sup>3</sup>	N°Sup.media oraria di 300 µg/m <sup>3</sup>	Media annuale µg/m <sup>3</sup>				
		18	1	10	15	0 (max 94)	1	7	3	0	0(max 76)	0,4	3	0,2	1	0

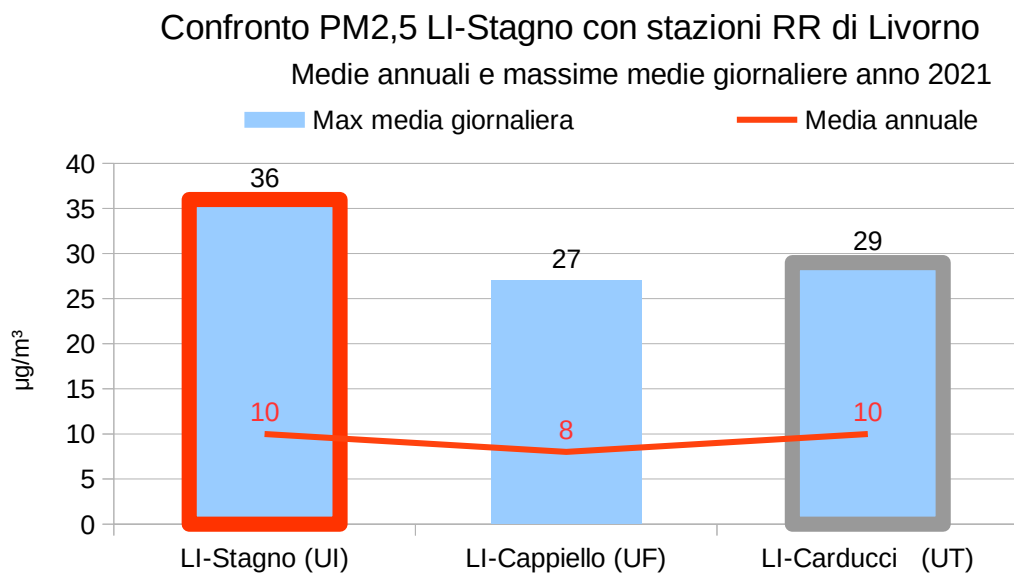
I risultati delle elaborazioni relative alla stazione LI-Stagno, situata in località industriale a Stagno nel comune di Collesalveti, hanno mostrato una situazione priva di criticità per tutti gli inquinanti monitorati, con ampio rispetto dei valori di riferimento del D.Lgs.155/10. Per questa la stazione si riporta il confronto con le stazioni che si trovano nel comune limitrofo di Livorno.

*Grafico 2.1. PM10 Stazione di LI-Stagno a confronto con la Rete Regionale del comune di Livorno*



Per il parametro PM10, sia il valore medio annuale che la massima media giornaliera registrate nel 2021 presso il sito di interesse locale sono state contenute e perfettamente in linea con le concentrazioni medie registrate presso le stazioni del comune di Livorno. Sono stati rispettati i valori limite del D.Lgs.155/10.

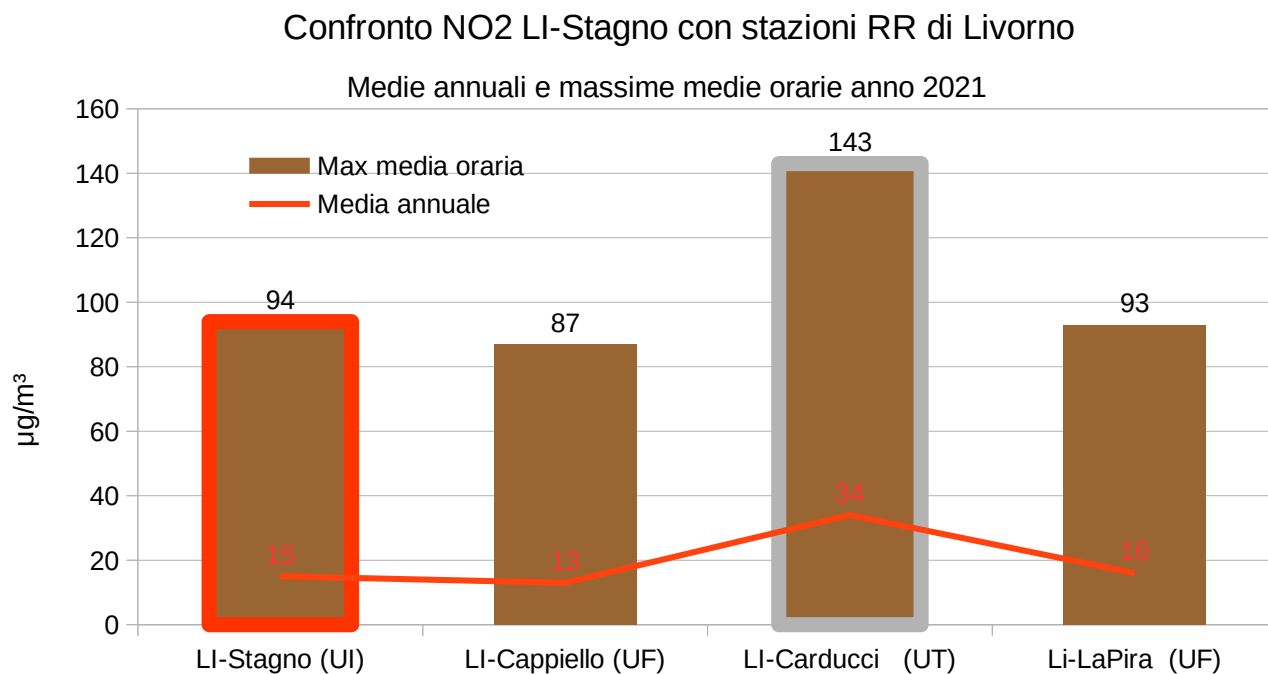
**Grafico 2.2. PM2,5 Stazione di LI-Stagno a confronto con la Rete Regionale del comune di Livorno**



Come per il PM10, anche per il PM2,5 sia il valore medio annuale che la massima media giornaliera registrati nel 2021 presso il sito di interesse locale sono stati contenuti. La media annuale è perfettamente in linea con le concentrazioni medie registrate presso le stazioni del comune di Livorno, mentre il valore massimo giornaliero è leggermente superiore.

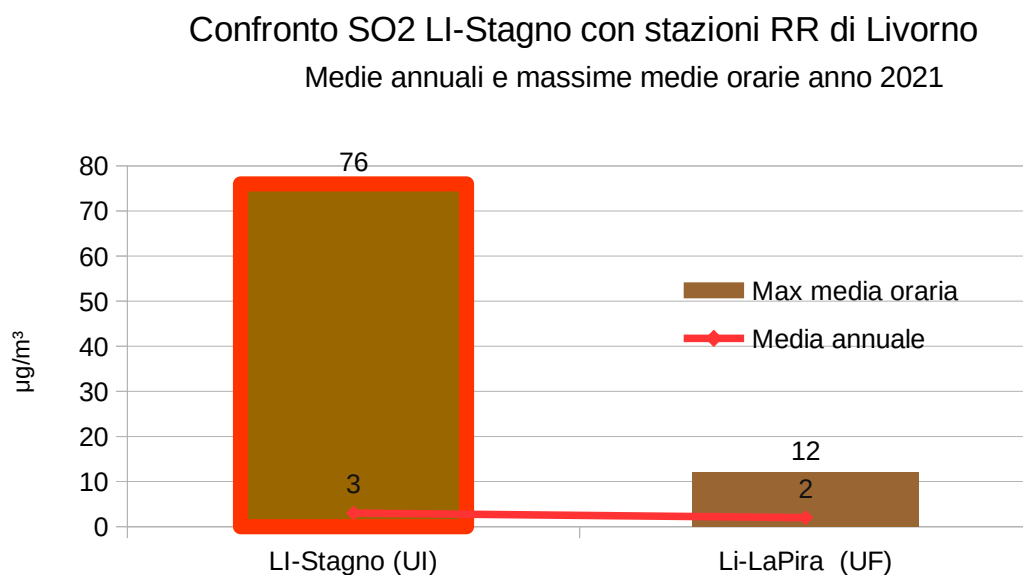
È stato rispettato il limite del D.Lgs.155/10 .

**Grafico 2.3. NO<sub>2</sub> Stazione di LI-Stagno a confronto con la Rete Regionale del comune di Livorno**



Per il parametro NO<sub>2</sub>, il valore medio annuale di concentrazione e il valore massimo orario registrati presso il sito di interesse locale sono stati molto contenuti e in linea con le altre due stazioni di fondo comunali. Non si è verificato alcun superamento della media oraria di 200 µg/m<sup>3</sup> e il valore limite del D.Lgs.155/10 è stato rispettato.

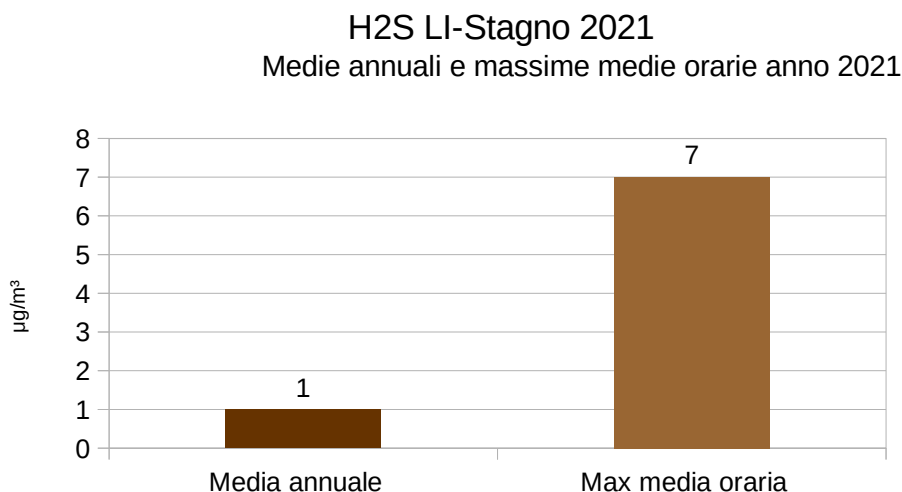
**Grafico 2.4. SO<sub>2</sub>: Stazione di LI-Stagno a confronto con la Rete Regionale del comune di Livorno**



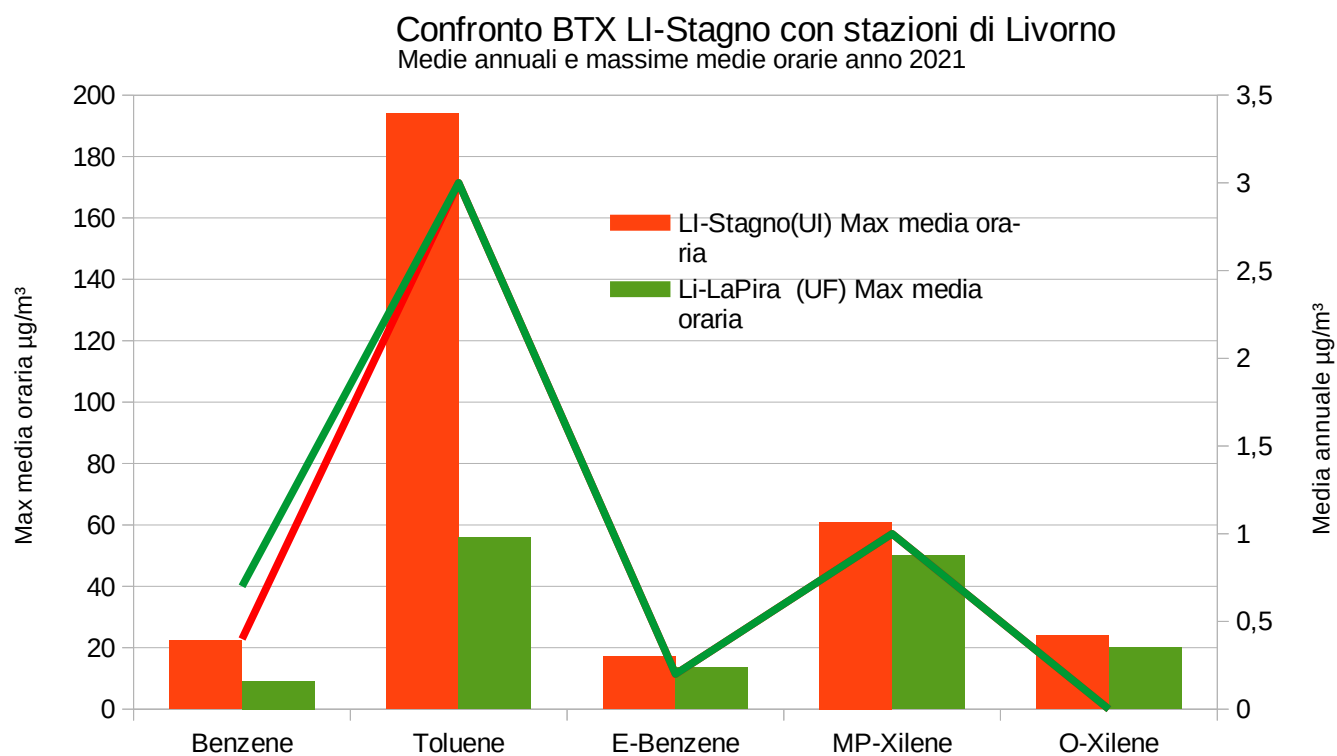
Per il parametro SO<sub>2</sub>, il valore medio annuale e il massimo medio orario sono stati molto contenuti rispetto ai limiti di legge; il valore medio è in linea con la stazione di fondo del comune di Livorno, mentre il valore massimo è nettamente superiore, a indicare un contributo locale che in alcune ore ha contribuito alle concentrazioni di biossido di zolfo.

Per quanto riguarda l'H<sub>2</sub>S, i dati registrati presso LI-ENI nel 2021 sono stati molto contenuti e non sono stati registrati valori di concentrazione oraria tali da poter creare un fenomeno di molestia olfattiva da H<sub>2</sub>S. Nel 2021 la media annuale dei valori orari è stata pari ad 1 µg/m<sup>3</sup> mentre il valore massimo medio orario registrato è pari a 7 µg/m<sup>3</sup>.

**Grafico 2.5. H<sub>2</sub>S: Stazione di LI-Stagno valore medio annuale e massimo medio orario del 2021**



**Grafico 2.6. BTX: Stazione di LI-Stagno a confronto con la Rete Regionale del comune di Livorno**



Il grafico mostra come le medie annuali registrate presso il sito di LI-Stagno siano le medesime del sito della stazione di fondo di LI-LaPira, nonostante nel sito di interesse locale i massimi orari siano stati più elevati, in particolare per il toluene.

Come ogni anno sono state realizzate campagne indicative nel territorio della Toscana. Per alcune di esse è stato già prodotto il relativo rapporto di monitoraggio che è disponibile in <http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/monitoraggio/report> mentre per altre è ancora in fase di elaborazione. Infine per le campagne che non sono ancora terminate il rapporto sarà disponibile al solito link a fine monitoraggio ed elaborazioni.

*Campagne discontinue svolte durante il 2021, con mezzi mobili*

Provincia	Comune / Postazione	Parametri monitorati	Inizio campagna	Fine campagna	Campagna indicativa
Firenze	Calenzano	NOx, PM10/PM2,5 DV, VV	26 febbraio 2020	05 febbraio 2021	Sì
Lucca	Forte dei Marmi Scuola "Ugo Guidi	NOx, CO, PM10/PM2,5 DV, VV	9 giugno 2021	In corso	Sì
Lucca	Valdicastello (Pietrasanta) 3 postazioni	PM10 e Metalli Skypost Doblò	24 aprile 2021	In corso	Sì
Firenze	Barberino Valdelsa 3 postazioni	NOx, SO <sub>2</sub> , CO, PM10, PM2,5, Metalli e IPA su PM10	dicembre 2021	In corso	Sì
Livorno	Piombino Via Adige	H <sub>2</sub> S	10 settembre 2020	11 gennaio 2021	No
Livorno	Livorno / Via Costa	NOx, CO, SO <sub>2</sub> PM10/PM2,5 (Campionatore); BTX, Metalli	27 agosto 2020	10 maggio 2021	Sì
Livorno	Livorno / Spianata Molo Mediceo	NOx, CO, SO <sub>2</sub> PM10/PM2,5 (Campionatore); BTX, Metalli	27 luglio 2020	12 aprile 2021	Sì
Livorno	Portoferraio / Elba	NOx, CO, SOx, PM10/PM2,5, IPA	8 luglio 2021	15 settembre 2021	No
Livorno	Livorno / Calata Bengasi in porto industriale	NOx, CO, SO <sub>2</sub> PM10/PM2,5 (Campionatore); BTX, Metalli	Luglio 2021	In corso	Sì
Livorno	Livorno / Fortezza Vecchia	NOx, CO, SO <sub>2</sub> PM10/PM2,5 (Campionatore); BTX, Metalli	Agosto 2021	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	2	11	16	20	26	63
FI-BASSI	2	12	16	22	30	62
FI-GRAMSCI	8	16	20	25	35	63
FI-MOSSE	3	14	19	24	34	81
FI-SCANDICCI	2	12	17	22	33	70
FI-SIGNA	2	12	16	22	37	75
PO-ROMA	4	14	18	25	39	81
PO-FERRUCCI	4	12	17	24	36	73
PT-SIGNORELLI	1	12	16	23	34	76
PT-MONTALE	2	14	18	27	42	83
AR-ACROPOLI	3	11	14	20	30	60
FI-FIGLINE	1	12	18	24	34	62
AR-REPUBBLICA	5	14	18	25	37	71
GR-URSS	4	12	15	19	24	44
GR-SONNINO	5	17	21	27	34	78
LI-CAPPIELLO	3	12	15	19	24	66
LI-CARDUCCI	4	16	19	23	30	69
LI-LAPIRA	3	12	16	19	25	69
LI-COTONE	1	11	15	20	23	59
LI-PARCO-VIII-MARZO	1	14	18	22	25	61
MS-COLOMBAROTTO	5	14	19	24	29	84
MS-MARINA-VECCHIA	7	15	19	25	32	76
LU-VIAREGGIO	6	17	22	29	41	76
LU-CAPANNORI	8	17	22	37	57	116
LU-SAN-CONCORDIO	6	15	20	27	40	74
LU-MICHELETTO	6	16	21	30	47	120
PI-PASSI	5	14	17	22	32	59
PI-BORGHETTO	6	16	19	25	35	62
PI-SANTA-CROCE	2	15	20	28	46	76
PI-MONTECERBOLI	0	7	10	13	18	55
AR-CASA-STABBI	1	5	8	11	15	53
LU-FORNOLI	7	15	19	27	35	87
SI-POGGIBONSI	4	13	17	22	27	57
SI-BRACCI	1	12	16	21	26	61

Percentili PM2,5 medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	Massimo
FI-BASSI	2	6	9	13	52
FI-GRAMSCI	4	8	12	15	50
PO-ROMA	2	8	11	16	70
PO-FERRUCCI	3	7	10	15	64
PT-MONTALE	2	7	11	17	68
AR-ACROPOLI	2	6	9	13	46
GR-URSS	3	6	8	11	24
LI-CAPPIELLO	2	6	7	9	27
LI-CARDUCCI	2	7	9	12	29
MS-MARINA-VECCHIA	4	7	10	15	42
LU-VIAREGGIO	3	8	11	16	53
LU-CAPANNORI	3	9	13	27	87
PI-PASSI	2	6	10	13	43
PI-BORGHETTO	4	8	12	16	46
SI-POGGIBONSI	2	7	10	13	35

Percentili NO <sub>2</sub> medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )						
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	99,8° percentile	Massimo
FI-BASSI	0	7	13	25	80	91
FI-GRAMSCI	2	26	43	61	124	139
FI-MOSSE	2	17	25	40	100	134
FI-SCANDICCI	0	7	15	28	79	96
FI-SETTIGNANO	0	2	4	7	54	74
FI-SIGNA	0	5	10	21	63	82
PO-FERRUCCI	0	10	18	31	77	88
PO-ROMA	0	10	17	31	83	95
PT-MONTALE	0	5	10	20	63	75
PT-SIGNORELLI	0	8	13	24	74	93
AR-ACROPOLI	0	5	8	15	57	72
FI-FIGLINE	0	7	13	22	54	64
AR-REPUBBLICA	0	15	25	37	82	115
GR-MAREMMA	0	2	3	4	17	44
GR-SONNINO	0	14	27	43	101	118
GR-URSS	0	7	11	17	74	89
LI-CAPPIELLO	0	5	8	16	72	87
LI-CARDUCCI	0	17	31	46	113	143
LI-LAPIRA	0	8	12	20	78	93
LI-PARCO-VIII-MARZO	0	5	9	15	64	78
LI-COTONE	0	5	8	15	72	89
MS-COLOMBAROTTO	0	5	9	17	56	66
MS-MARINA-VECCHIA	0	7	12	23	75	93
LU-VIAREGGIO	0	7	14	28	83	99
LU-CAPANNORI	0	8	15	25	67	87
LU-CARIGNANO	0	3	6	10	49	60
LU-MICHELETTO	1	11	18	30	68	88
LU-SAN-CONCORDIO	0	8	15	26	71	84
PI-BORGHETTO	0	14	22	36	87	98
PI-PASSI	0	5	10	18	58	67
PI-SANTA-CROCE	0	8	14	25	80	102
SI-BRACCI	0	15	23	36	107	123
SI-POGGIBONSI	0	6	11	18	56	74
LU-FORNOLI	0	5	9	15	43	58
AR-CASA-STABBI	0	1	1	2	8	13
PI-MONTECERBOLI	0	2	3	4	34	49

Percentili O <sub>3</sub> medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )					
Stazione	minimo	25° percentile	mediana	75° percentile	massimo
FI-SETTIGNANO	0	40	57	79	153
FI-SIGNA	0	27	55	81	163
AR-ACROPOLI	1	29	51	73	131
PT-MONTALE	0	21	53	80	168
GR-MAREMMA	9	46	62	81	151
LU-CARIGNANO	2	38	56	74	151
PI-PASSI	0	24	48	73	167
PI-SANTA-CROCE	0	19	44	70	149
PI-MONTECERBOLI	10	60	76	91	156
AR-CASA-STABBI	7	56	70	86	150

Percentili Benzene medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )					
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	Massimo
FI-BASSI	0	0,4	0,7	1,2	19,5
FI-GRAMSCI	0	0,8	1,5	2,6	21
PO-ROMA	0	0,2	0,3	0,6	5
AR-ACROPOLI	0	0,2	0,3	0,7	8,5
LU-SAN-CONCORDIO	0,1	0,4	0,6	1,4	8
LI-LAPIRA	0	0,3	0,5	0,9	9,1
LI-PARCO8MARZO	0	0,1	0,2	0,3	8,3

Percentili H <sub>2</sub> S medie orarie (µg/m <sup>3</sup> )					
Stazione	Minimo	25° percentile	50° percentile	75° percentile	Massimo
PI-MONTECERBOLI	0	1	2	5	88
PI-SANTA-CROCE	0	0	1	2	61

## ALLEGATO 2: LIMITI NORMATIVI

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

*Tabella 1. Particolato PM<sub>10</sub> – 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 <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>

*Tabella 2. Particolato PM<sub>2,5</sub> – 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 <sup>3</sup>

*Tabella 3. Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) – 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 <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>

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/m<sup>3</sup> calcolata come concentrazione media da ripetersi per tre ore consecutive.

*Tabella 4. Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).*

Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Valore limite
Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>x</sub>

*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 <sup>3</sup>

*Tabella 6. Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) – 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 <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> calcolata come concentrazione media da ripetersi per tre ore consecutive.

*Tabella 7a. Ozono (O<sub>3</sub>) – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).*

Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Valori di riferimento
Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> come media su 5 anni

AOT40: somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> e 80 µg/m<sup>3</sup> 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, e 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 (O<sub>3</sub>) - Valori soglia (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).*

Valori soglia	Periodo di mediazione	Valori di riferimento
Soglia di informazione	Media massima oraria.	180 µg/ m <sup>3</sup>
Soglia di allarme	Media massima oraria	240 µg/ m <sup>3</sup>

*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 <sup>3</sup>

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

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

*Tabella 10. Arsenico, cadmio e nichel – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).*

Valore di riferimento	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Arsenico	Anno civile	6,0 ng/m <sup>3</sup>
Cadmio	Anno civile	5,0 ng/m <sup>3</sup>
Nichel	Anno civile	20,0 ng/m <sup>3</sup>

*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 <sup>3</sup>

## ALLEGATO 3: CONFRONTO CON I VALORI GUIDA OMS

Sono stati confrontati i valori di concentrazione degli inquinanti ottenuti con monitoraggio della qualità dell'aria in Toscana nel 2021, e i valori di riferimento aggiornati con le ultime linee guida del WHO (OMS)<sup>1</sup>. I risultati sono riportati nelle tabelle 1-7: in rosso sono stati evidenziati i valori superiori ai valori guida e in nero i parametri inferiori. Nelle pagine successive viene discusso parametro per parametro tale confronto. Nelle tabelle in verde sono evidenziate le stazioni considerate come fondo regionale di riferimento per ogni parametro.

*1 WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.*



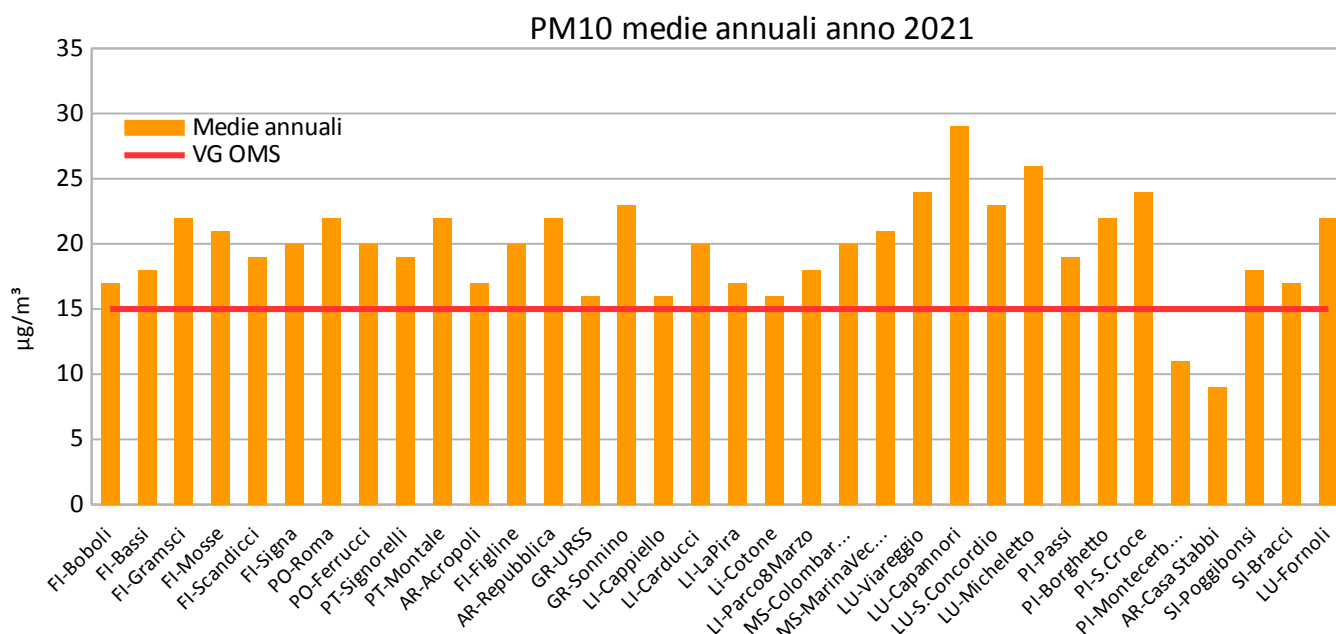
## 1. PM10

Per quanto riguarda il PM10 l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha indicato due valori guida, entrambi molto più restrittivi rispetto ai limiti del D.Lgs. 155/2010 attualmente vigenti. Per quanto riguarda la media annuale viene indicato un valore di 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (pari al 37,5% del limite in vigore costantemente rispettato in tutto il territorio toscano) e, ad eccezione delle due stazioni di AR-CasaStabbi e PI-Montecerboli, rappresentative entrambe del fondo della regione, il valore guida è superato dalle medie annuali di tutte le stazioni di Rete Regionale.

*Tabella 1.1. Confronto dei dati della Rete Regionale toscana con valori guida/valori di riferimento indicati dall'OMS per PM10*

Valori Guida (VG) e valori di riferimento (VR) dell'OMS			PM <sub>10</sub>			
			Medie annuali $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Max Media giornaliera $\mu\text{g}/\text{m}^3$	99° percentile media giornaliera $\mu\text{g}/\text{m}^3$	N° superi di 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
			15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
FI-Boboli	U	F	17	63	55	8
FI-Bassi	U	F	18	62	56	8
FI-Gramsci	U	T	22	63	60	12
FI-Mosse	U	T	21	81	69	14
FI-Scandicci	U	F	19	70	60	13
FI-Signa	U	F	20	75	68	22
PO-Roma	U	F	22	81	77	23
PO-Ferrucci	U	T	20	73	66	16
PT-Signorelli	U	F	19	76	61	17
PT-Montale	S	F	22	83	71	23
AR-Acropoli	U	F	17	60	49	9
FI-Figline	U	F	20	62	55	16
AR-Repubblica	U	T	22	71	62	16
GR-URSS	U	F	16	44	37	0
GR-Sonnino	U	T	23	78	47	5
LI-Cappiello	U	F	16	66	37	2
LI-Carducci	U	T	20	69	44	3
LI-LaPira	U	F	17	69	40	1
Li-Cotone	S	I	16	59	42	3
LI-Parco8Marzo	U	F	18	61	44	4
MS-Colombarotto	U	F	20	84	54	5
MS-MarinaVecchia	U	T	21	76	57	6
LU-Viareggio	U	F	24	76	67	19
LU-Capannori	U	F	29	116	96	57
LU-S.Concordio	U	F	23	74	64	21
LU-Micheletto	U	T	26	120	76	36
PI-Passi	U	F	19	59	54	6
PI-Borghetto	U	T	22	62	54	13
PI-S.Croce	S	F	24	76	69	34
PI-Montecerboli	S	F	11	55	38	2
AR-Casa Stabbi	R reg	F	9	53	35	1
SI-Poggibonsi	U	F	18	57	42	3
SI-Bracci	U	T	17	61	47	4
LU-Fornoli	U	F	22	87	64	14

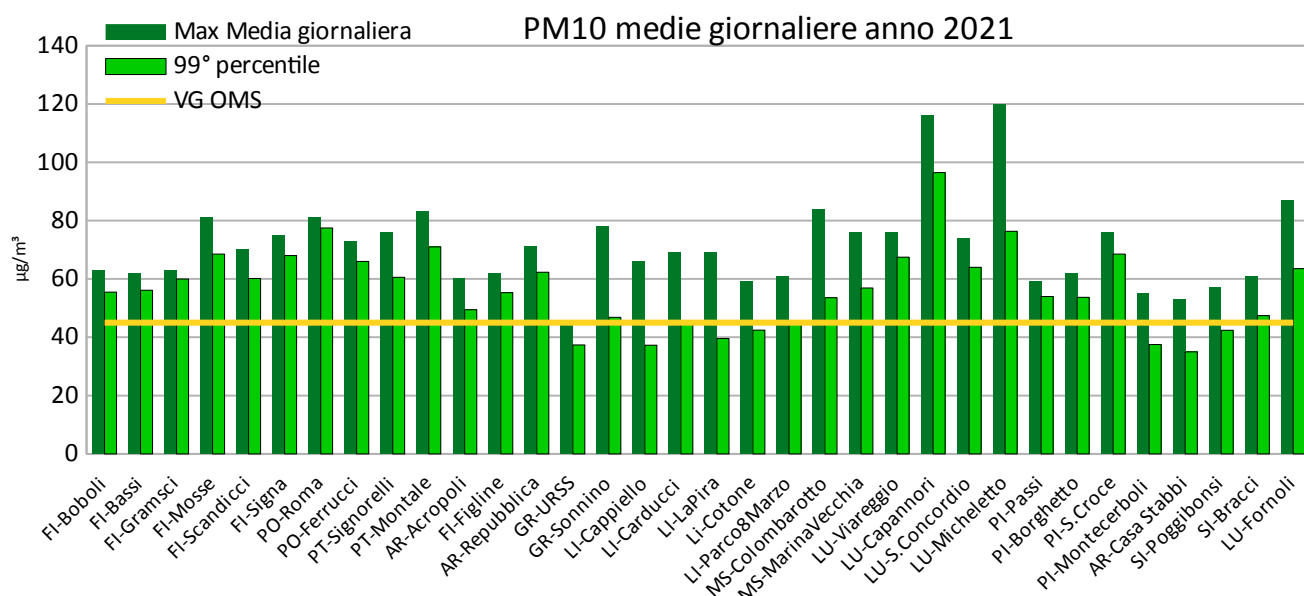
**Grafico 1.1. Particolato PM10 confronto con il valore guida per la media annuale indicato dall'OMS**



Anche il nuovo valore guida per la media giornaliera che viene indicato è fortemente restrittivo, in quanto pari a una massima media giornaliera di  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con la tolleranza di soltanto 3-4 eventi nell'arco dell'anno; il VG è stato dunque confrontato con il 99° percentile delle medie giornaliere di ciascuna stazione di Rete Regionale. Questo valore guida, nell'anno 2021, è stato rispettato soltanto in 9 stazioni:

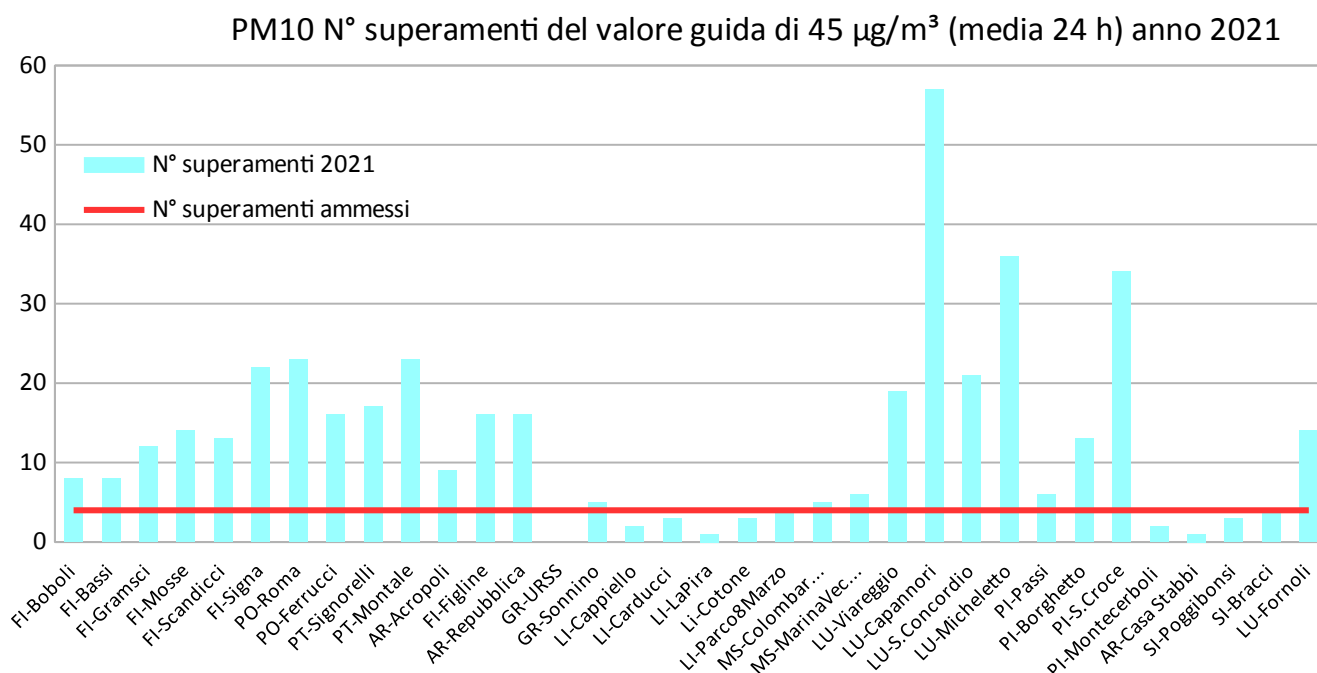
- 3 della zona collinare e montana tra cui le due stazioni di AR-Casa Stabbi e PI-Montecerboli che rappresentano il fondo regionale;
- 6 stazioni appartenenti alla zona costiera, tra cui 4 stazioni di fondo, la stazione UT di LI-Carducci e la stazione industriale di LI-Cotone (Piombino).

**Grafico 1.2. Particolato PM10 confronto con il valore guida per la media giornaliera indicato dall'OMS**



Il grafico seguente mostra il numero di superamenti del valore guida per la media giornaliera di PM10 indicato dall'OMS che si sono verificati nel 2021 per ogni stazione.

*Grafico 1.3. Particolato PM10 - numero dei superamenti del valore guida per la media giornaliera indicato dall'OMS avvenuti nel 2021*



Differentemente da quanto emerso dal confronto con i limiti normativi in vigore nel 2021, la maggior parte del territorio toscano ha mostrato grande criticità nel rispetto dei valori guida indicati dall'OMS per le concentrazioni di PM10.

## 2. PM<sub>2,5</sub>

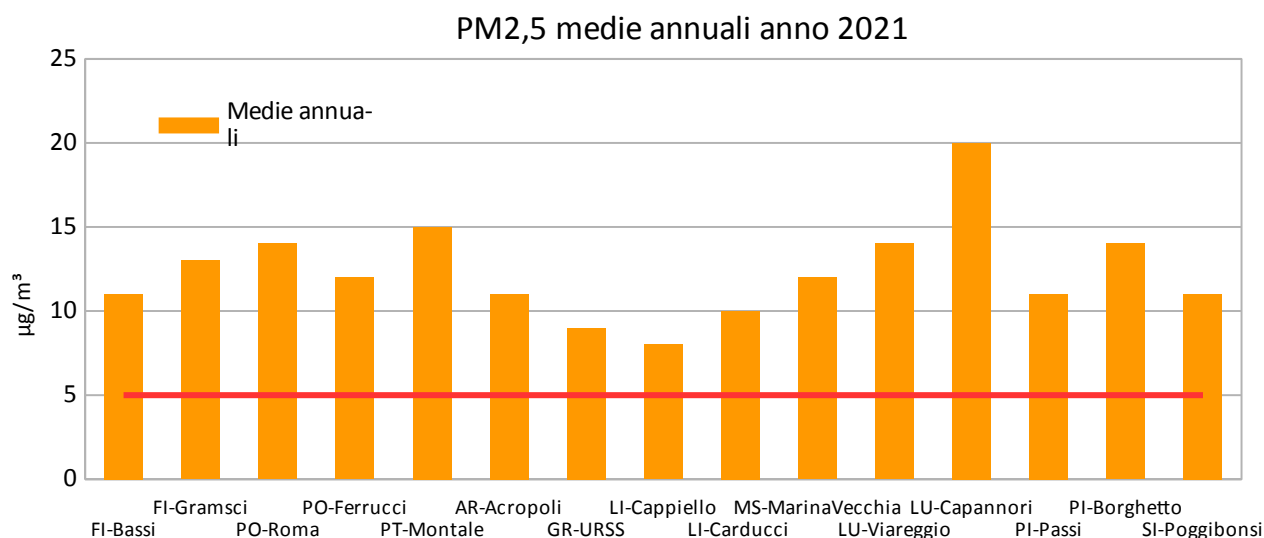
Tabella 2.1. Confronto dei dati della Rete Regionale toscana con valori guida/valori di riferimento indicati dall'OMS per PM<sub>2,5</sub>

Valori Guida (VG) e valori di riferimento (VR) dell'OMS			PM <sub>2,5</sub>			
			Medie annuali µg/m <sup>3</sup>	Max Media giornaliera µg/m <sup>3</sup>	99° percentile media giornaliera µg/m <sup>3</sup>	N° superi di 15 µg/m <sup>3</sup>
			5 µg/m <sup>3</sup>	15 µg/m <sup>3</sup>		
FI-Bassi	U	F	11	52	39	53
FI-Gramsci	U	T	13	50	41	87
PO-Roma	U	F	14	70	61	93
PO-Ferrucci	U	T	12	64	47	79
PT-Montale	S	F	15	68	59	102
AR-Acropoli	U	F	11	46	36	63
GR-URSS	U	F	9	24	19	12
LI-Cappiello	U	F	8	27	17	8
LI-Carducci	U	T	10	29	24	42
MS-MarinaVecchia	U	T	12	42	37	80
LU-Viareggio	U	F	14	53	48	98
LU-Capannori	U	F	20	87	75	148
PI-Passi	U	F	11	43	38	67
PI-Borghetto	U	T	14	46	42	97
SI-Poggibonsi	U	F	11	35	30	60

Per il PM<sub>2,5</sub> l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha indicato due diversi valori guida, introducendone per la prima volta uno per la media giornaliera di PM<sub>2,5</sub>.

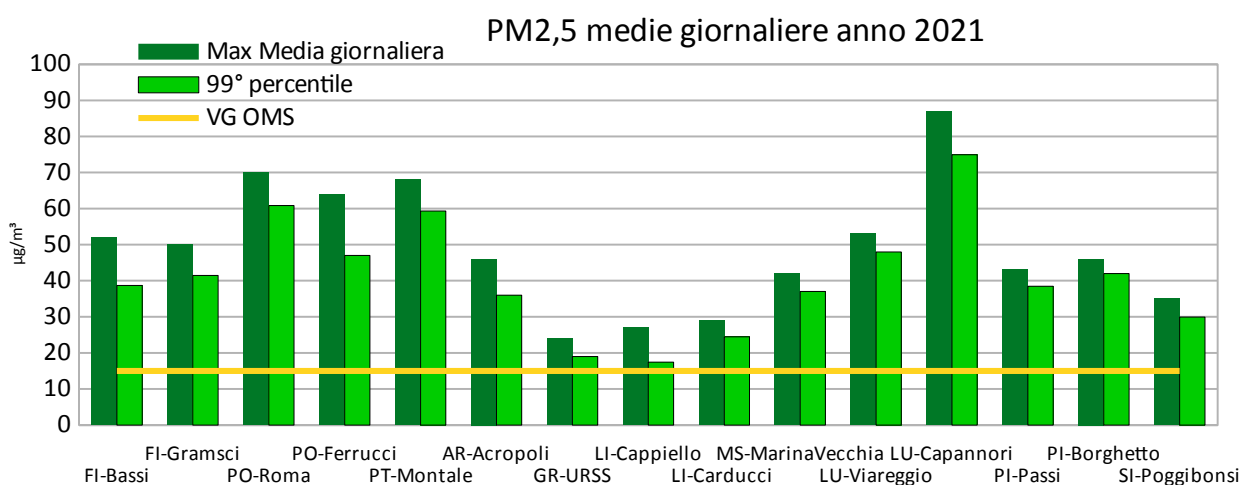
Per quanto riguarda la media annuale viene indicato un valore guida di 5 µg/m<sup>3</sup> (pari al 20% del limite in vigore costantemente rispettato in tutto il territorio toscano), che nel 2021 è stato superato dalle medie annuali di tutte le stazioni di Rete Regionale, comprese quelle della zona costiera e della zona collinare e montana.

**Grafico 2.1. Particolato PM<sub>2,5</sub> confronto con il valore guida per la media annuale indicato dall'OMS**



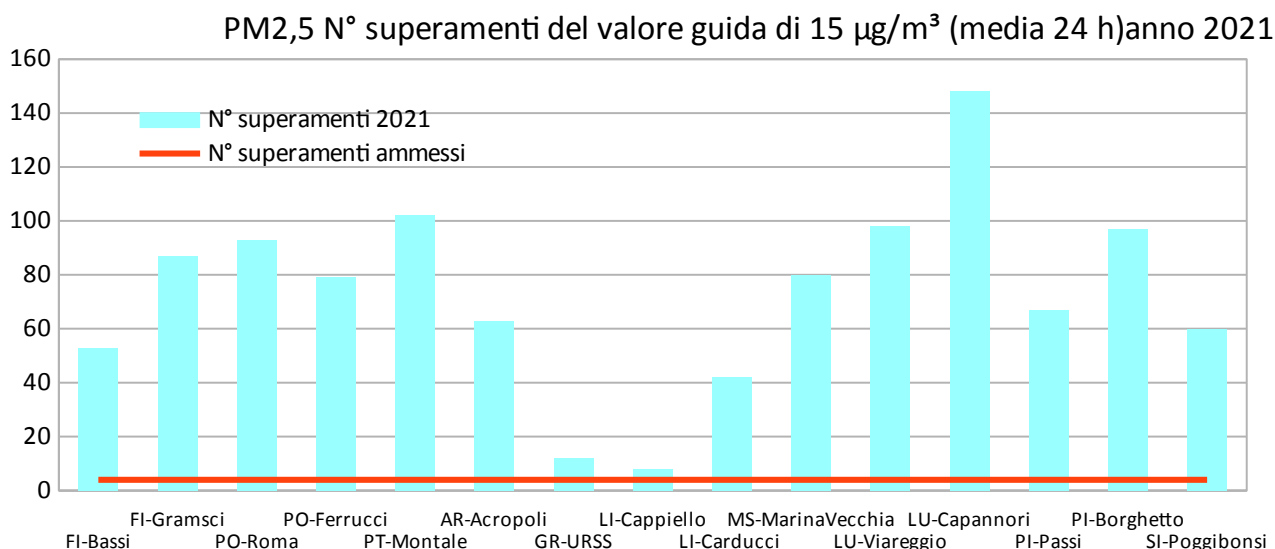
Per quanto riguarda la media giornaliera, il nuovo valore guida che viene indicato è pari a una media massima di 15 µg/m<sup>3</sup>, con la tolleranza di soltanto 3-4 eventi nell'arco dell'anno; il VG è stato dunque confrontato con il 99° percentile delle medie giornaliere di ciascuna stazione di Rete Regionale. Il valore guida indicato è stato superato in tutte le stazioni della Rete Regionale, comprese quelle della zona costiera e della zona collinare e montana.

**Grafico 2.2. Particolato PM<sub>2,5</sub> confronto con il valore guida per la media giornaliera indicato dall'OMS**



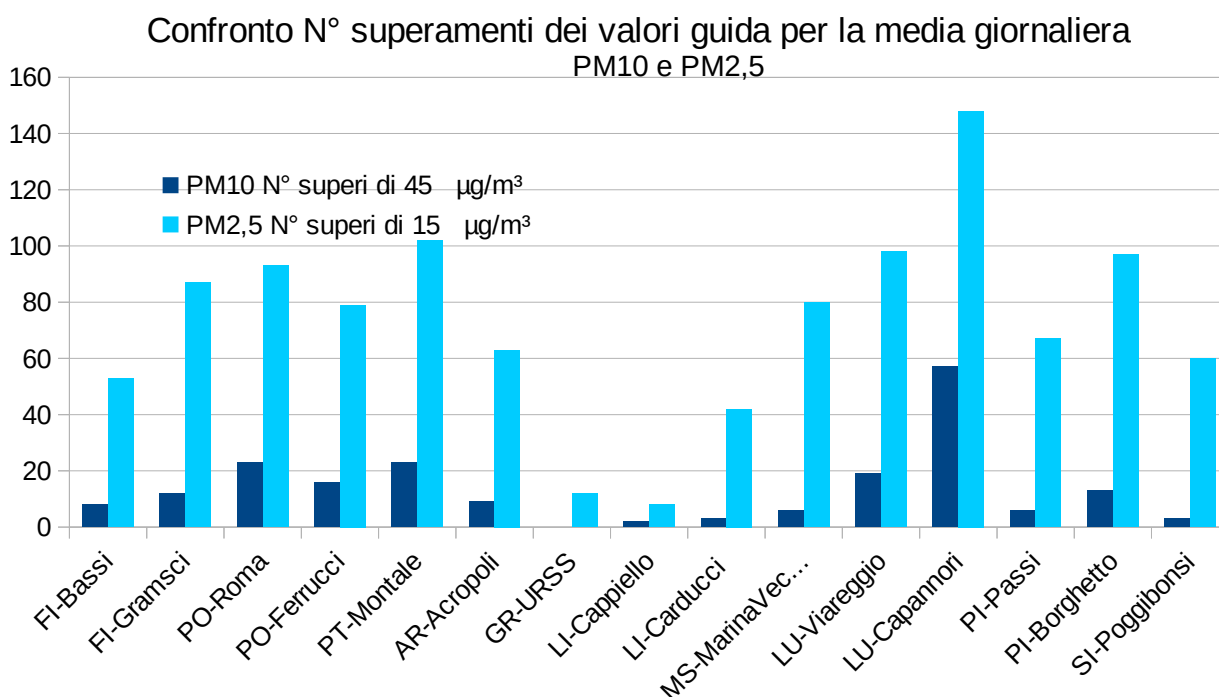
Il grafico seguente mostra il numero di superamenti del valore guida per la media giornaliera di PM<sub>2,5</sub> indicato dall'OMS che si sono verificati nel 2021 per ogni stazione.

**Grafico 2.3. Particolato PM<sub>2,5</sub> numero dei superamenti del valore guida per la media giornaliera indicato dall'OMS avvenuti nel 2021**



Si nota che il VG per il PM<sub>2,5</sub> è stato superato un numero di giorni nettamente superiore rispetto a quello del PM<sub>10</sub>.

**Grafico 2.4. Particolato PM<sub>2,5</sub> numero dei superamenti del valore guida per la media giornaliera indicato dall'OMS avvenuti nel 2021**



### 3. NO<sub>2</sub>

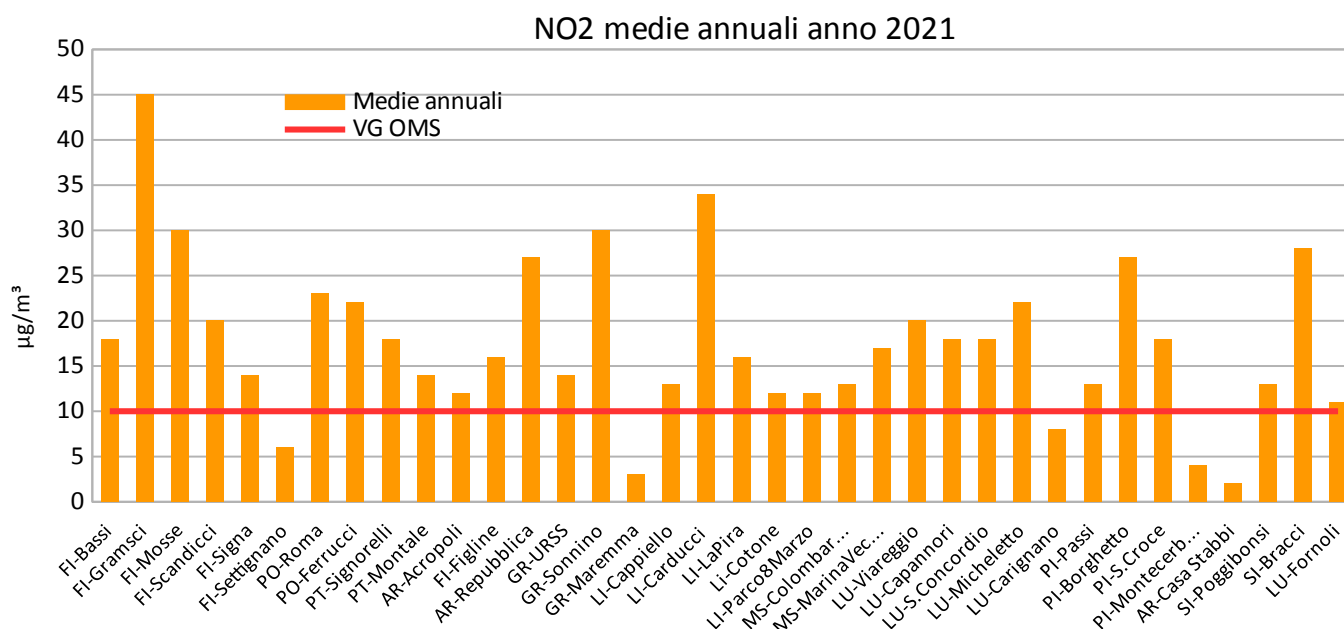
Tabella 3.1. Confronto dei dati della Rete Regionale toscana con valori guida/valori di riferimento indicati dall'OMS per NO<sub>2</sub>.

Valori Guida (VG) e valori di riferimento (VR) dell'OMS			NO <sub>2</sub>				
			Medie annuali µg/m <sup>3</sup>	Max Media giornaliera µg/ m <sup>3</sup>	99° percentile media giornaliera µg/m <sup>3</sup>	N° superi di 25 µg/m <sup>3</sup>	Max media oraria µg/m <sup>3</sup>
			10 µg/m <sup>3</sup>	25 µg/m <sup>3</sup>			200 µg/m <sup>3</sup>
FI-Bassi	U	F	18	58	53	76	91
FI-Gramsci	U	T	45	92	74	338	139
FI-Mosse	U	T	30	80	64	152	134
FI-Scandicci	U	F	20	65	57	93	96
FI-Signa	U	F	14	47	45	55	82
FI-Settignano	S	F	6	35	24	3	74
PO-Roma	U	F	23	62	58	111	95
PO-Ferrucci	U	T	22	62	57	111	88
PT-Signorelli	U	F	18	54	48	73	93
PT-Montale	S	F	14	43	40	43	75
AR-Acropoli	U	F	12	40	35	24	72
FI-Figline	U	F	16	39	33	40	64
AR-Repubblica	U	T	27	50	46	200	115
GR-URSS	U	F	14	34	27	15	89
GR-Sonnino	U	T	30	57	50	250	118
GR-Maremma	R	F	3	9	8	0	44
LI-Cappiello	U	F	13	41	36	27	87
LI-Carducci	U	T	34	65	61	252	143
LI-LaPira	U	F	16	43	38	44	93
LI-Cotone	S	I	12	33	29	12	89
LI-Parco8Marzo	U	F	12	35	31	12	78
MS-Colombarotto	U	F	13	35	30	18	66
MS-MarinaVecchia	U	T	17	42	40	55	93
LU-Viareggio	U	F	20	51	47	100	99
LU-Capannori	U	F	18	47	41	81	87
LU-S. Concordio	U	F	18	45	40	91	84
LU-Micheletto	U	T	22	47	44	119	88
LU-Carignano	R	F	8	35	31	8	60
PI-Passi	U	F	13	39	37	33	67
PI-Borghetto	U	T	27	59	55	175	98
PI-S. Croce	S	F	18	44	43	84	102
PI-Montecerboli	S	F	4	12	11	0	49
AR-Casa Stabbi	R reg	F	2	5	4	0	13
SI-Poggibonsi	U	F	13	38	29	18	74
SI-Bracci	U	T	28	55	52	205	123
LU-Fornoli	U	F	11	31	27	6	58

Per quanto riguarda il biossido di azoto, l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha indicato dei nuovi valori guida molto più restrittivi rispetto al limite del D.Lgs155/2010 attualmente vigente e anche rispetto ai precedenti valori guida.

Per quanto riguarda la media annuale viene indicato un valore di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (pari al 25% del limite in vigore che viene costantemente rispettato in tutto il territorio toscano ad eccezione di soltanto una stazione di traffico) e il confronto con questo nuovo valore di riferimento ha mostrato una grandissima criticità per tutto il territorio regionale. Le sole 5 stazioni con media annuale inferiore al valore guida sono state le tre stazioni rurali di GR-Maremma, LU-Carignano e AR-CasaStabbi e le due stazioni suburbane di FI-Settignano e di PI-Montecerboli.

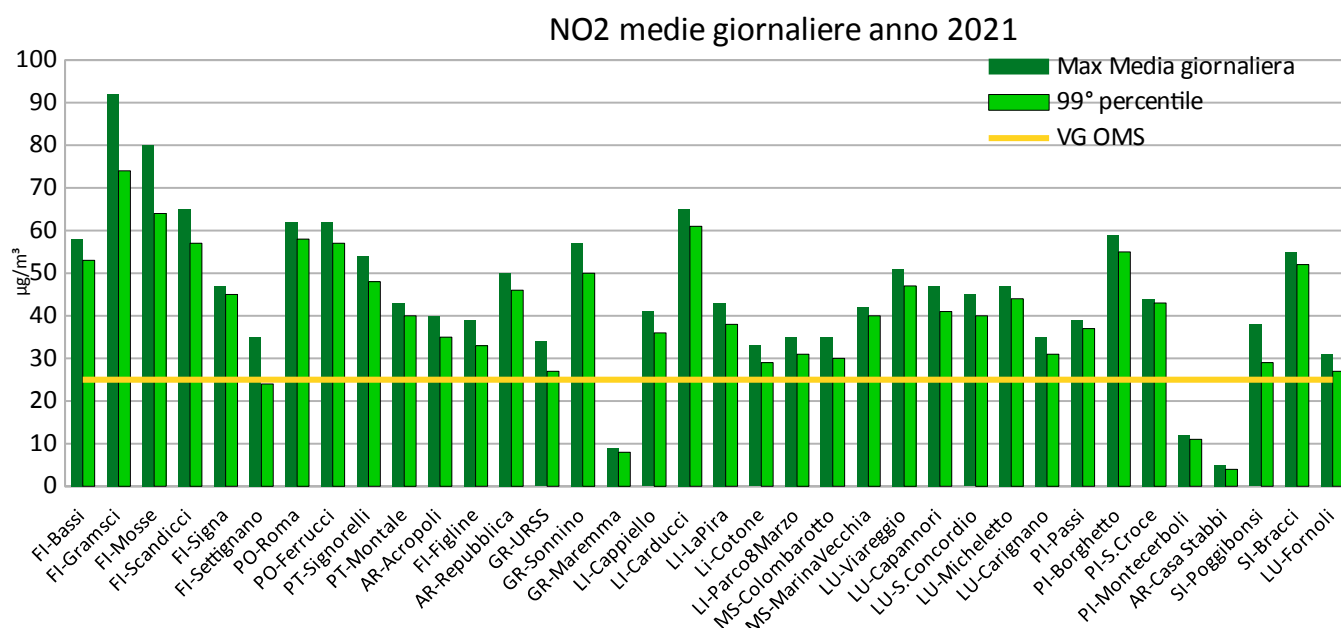
*Grafico 3.1. NO<sub>2</sub> - Confronto con il valore guida per la media annuale indicato dall'OMS*



L'OMS ha indicato anche un nuovo valore guida per la media giornaliera di biossido di azoto, fortemente restrittivo in quanto pari ad una massima media giornaliera di  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con la tolleranza di soltanto 3-4 eventi nell'arco dell'anno; il VG è stato dunque confrontato con il 99° percentile delle medie giornaliere di ciascuna stazione di Rete Regionale.



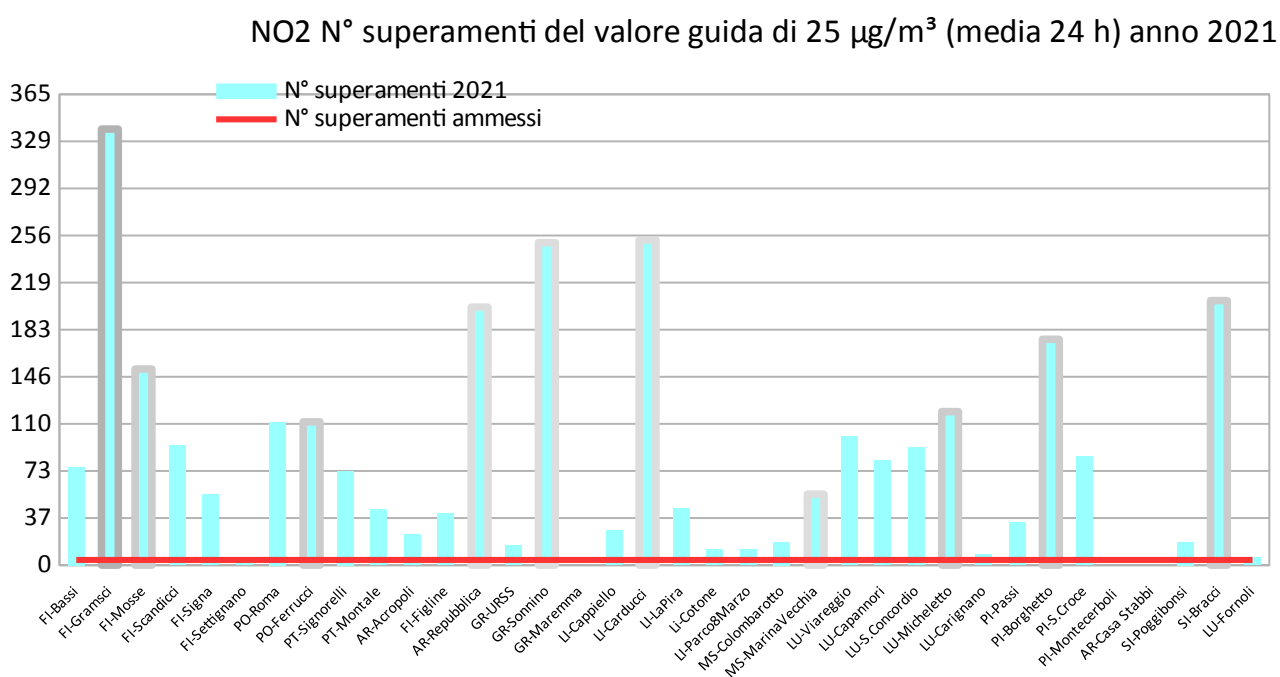
Grafico 3.2. NO<sub>2</sub> - Confronto con il valore guida per la media giornaliera indicato dall'OMS



Questo valore guida nell'anno 2021 è stato rispettato soltanto in 4 stazioni: le 2 stazioni rurali di GR-Maremma, e AR-CasaStabbi e le 2 stazioni suburbane di FI-Settignano e di PI-Montecerboli.

Il grafico seguente mostra il numero di superamenti del valore guida per la media giornaliera di NO<sub>2</sub> indicato dall'OMS che si sono verificati nel 2021 per ogni stazione.

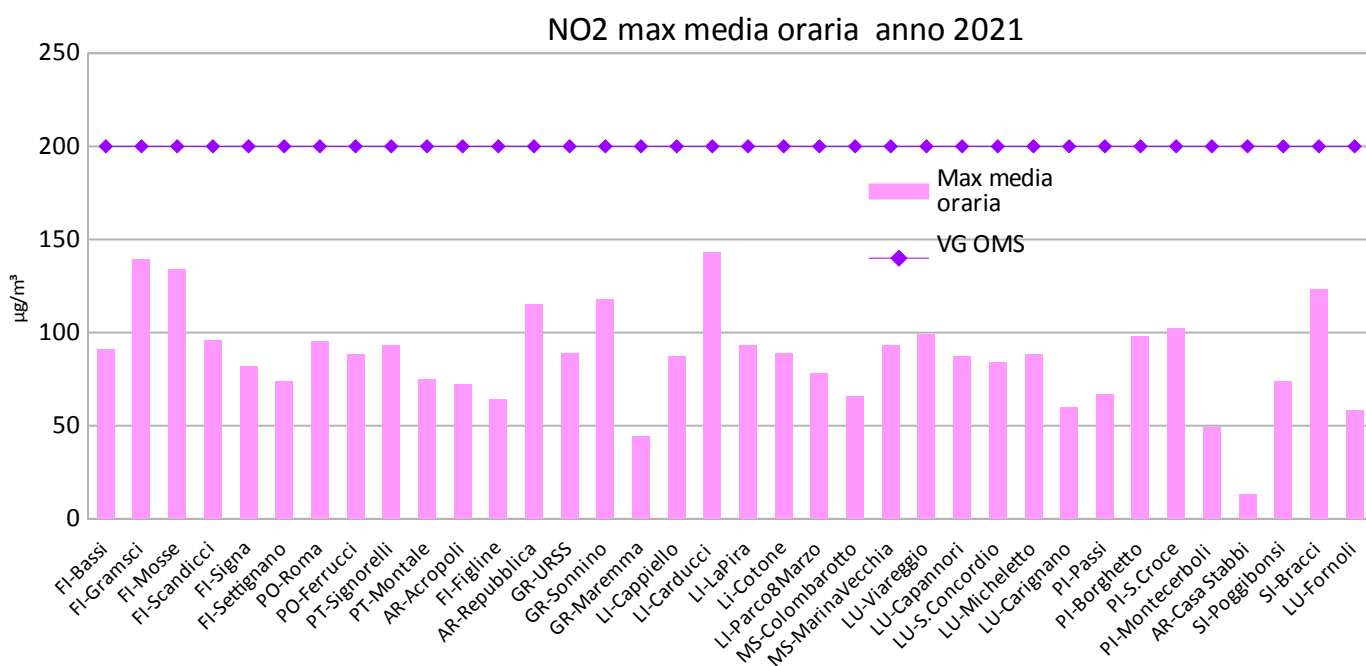
Grafico 3.3. NO<sub>2</sub> - Numero dei superamenti del valore guida per la media giornaliera indicato dall'OMS avvenuti nel 2021



In particolare per le stazioni di traffico evidenziate con il bordo grigio delle barre, si nota che il numero di medie giornaliere superiori al valore guida è molto elevato, con massimo per FI-Gramsci (93% dei giorni dell'anno) e una media pari a circa il 50% dei giorni dell'anno.

Concludendo, diversamente da quanto emerso dal confronto con i limiti normativi in vigore nel 2021, la maggior parte del territorio toscano ha mostrato grande criticità nel rispetto dei valori guida indicati dall'OMS per il biossido di azoto, con eccezione del VG sulla massima media oraria che in Toscana non è mai stato raggiunto.

*Grafico 3.4. NO<sub>2</sub> - Confronto con il valore guida per la massima media oraria indicato dall'OMS*



#### 4. O<sub>3</sub>

Tabella 4.1. Ozono (O<sub>3</sub>) - 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			O <sub>3</sub>		
			Massima media mobile su 8 h $\mu\text{g}/\text{m}^3$	99° percentile media mobile su 8 h $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Peak season $\mu\text{g}/\text{m}^3$
			100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
FI-Signa	U	F	146	127	108
FI-Settignano	S	F	141	122	106
PT-Montale	S	F	156	125	109
AR-Acropoli	U	F	121	108	95
GR-Maremma	R	F	144	119	102
LU-Carignano	R	F	147	119	93
PI-Passi	U	F	144	111	98
PI-S.Croce	S	F	133	107	94
PI-Montecerboli	S	F	144	122	108
AR-Casa Stabbi	R reg	F	138	118	104

Per l'ozono, oltre al valore guida sulla massima media giornaliera mobile di 8 ore, pari a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con la tolleranza di soltanto 3-4 eventi nell'arco dell'anno, per cui il VG è stato confrontato con il 99° percentile delle medie giornaliere mobili su 8 ore di ciascuna stazione di Rete Regionale, è stato introdotto il valore guida pari a 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  su un nuovo indicatore: il Peak season. Questo indicatore è pari alla media dei massimi giornalieri mobili su 8 ore dei 6 mesi consecutivi con la più elevata concentrazione di ozono, che nel 2021, per tutte le stazioni della Rete Regionale toscana, sono stati i mesi da aprile a settembre.

Il confronto con entrambi gli indicatori ha evidenziato un'enorme criticità per tutte le stazioni presso le quali entrambi i valori guida sono stati nettamente superati.

Grafico 4.1. O<sub>3</sub> - Confronto con il valore guida per la massima media giornaliera mobile su 8 ore indicato dall'OMS

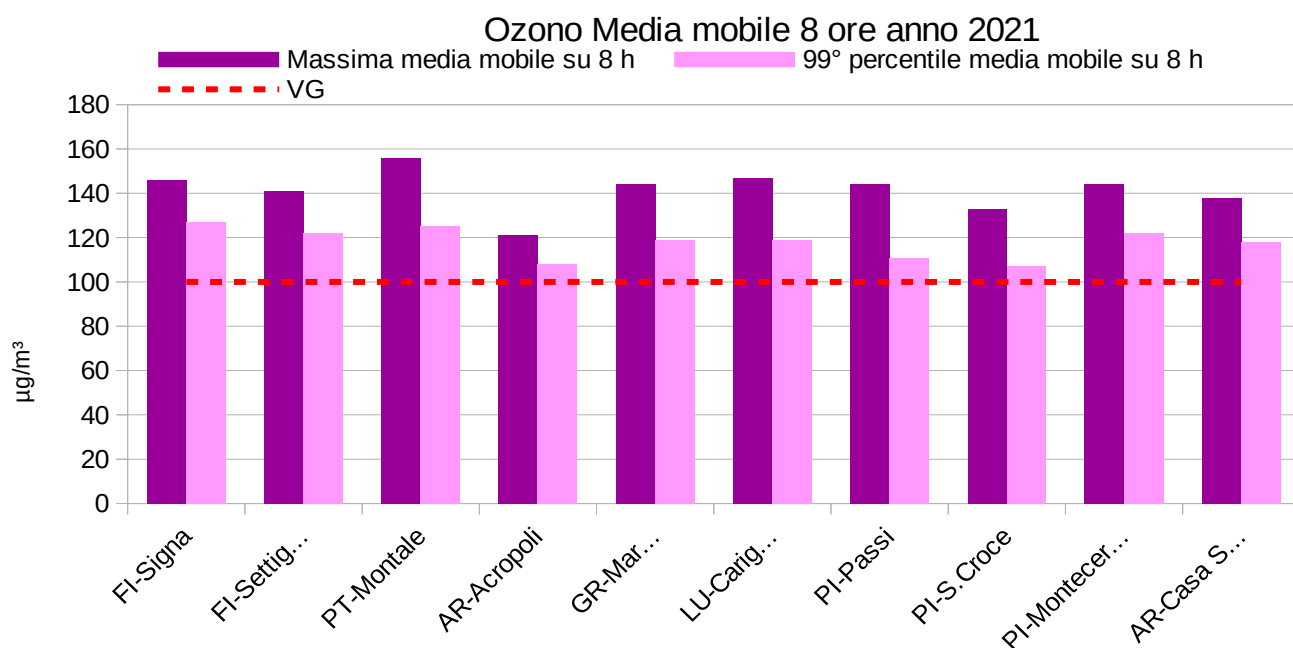
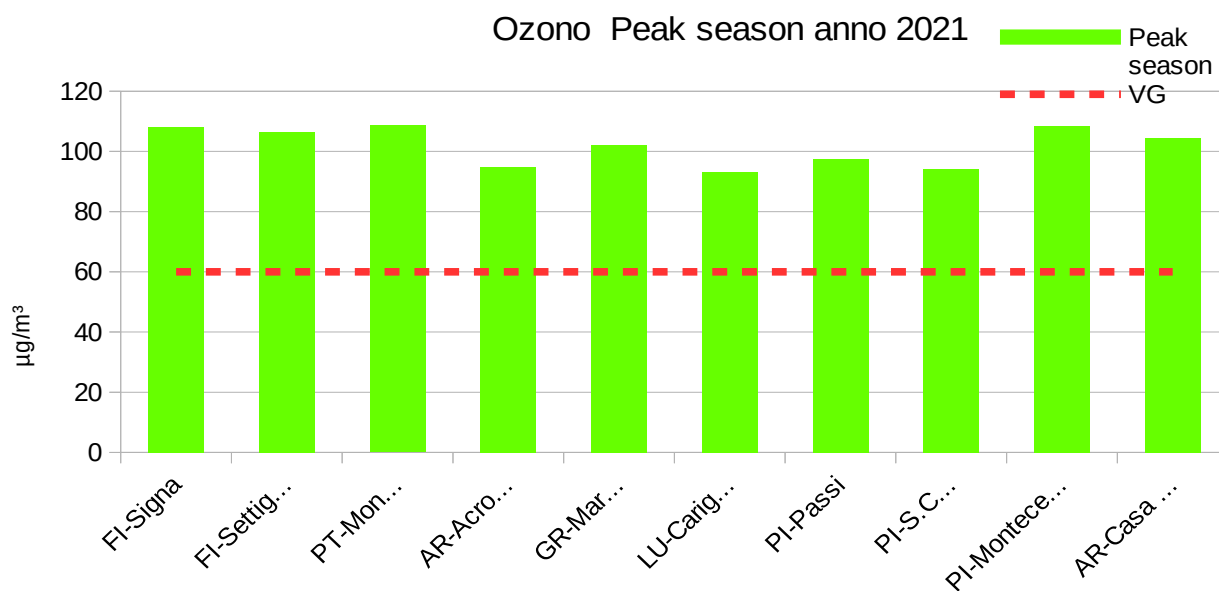


Grafico 4.2. O<sub>3</sub> - Confronto con il valore guida per il Peak season indicato dall'OMS



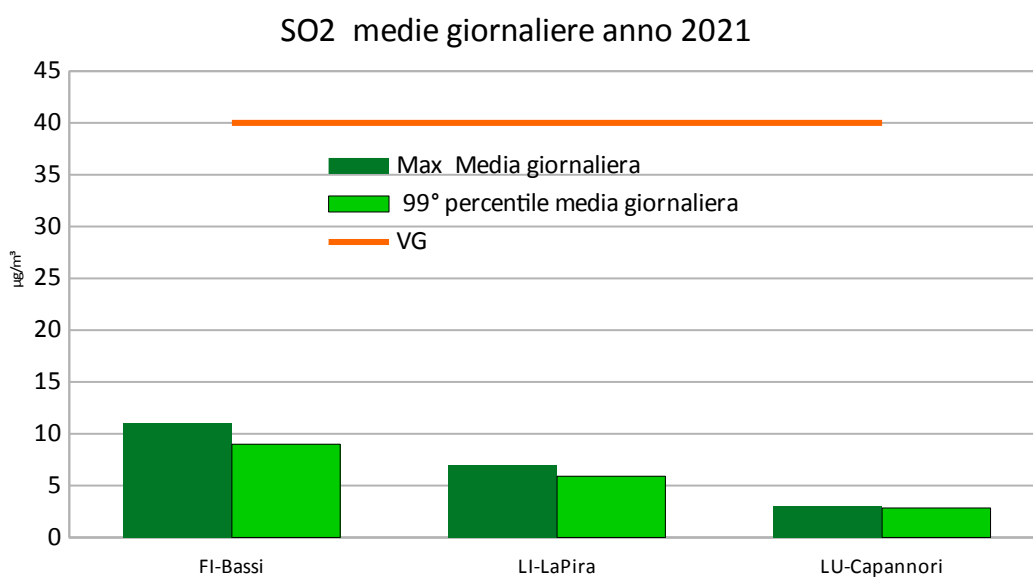
## 5. SO<sub>2</sub>

**Tabella 5.1. SO<sub>2</sub> - 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			SO <sub>2</sub>	
			Max Media giornaliera $\mu\text{g}/\text{m}^3$	99° media giornaliera $\mu\text{g}/\text{m}^3$
			40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
FI-Bassi	U	F	11	9
LI-LaPira	U	F	7	6
LU-Capannori	U	F	3	3

Per il biossido di zolfo l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha indicato un valore guida di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sulla media giornaliera che, nonostante sia molto più restrittivo rispetto a quanto indicato dal D.Lgs155/2010, non ha creato alcuna criticità in Toscana, dove si è verificato il pieno rispetto nel VG in tutti i siti di monitoraggio.

**Grafico 5.1. SO<sub>2</sub> - Confronto con il valore guida per la media giornaliera indicato dall'OMS**



## 6. CO

**Tabella 6.1. CO - 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			CO			
			Max media giornaliera mg/m <sup>3</sup>	99° media giornaliera mg/m <sup>3</sup>	Max media mobile 8 ore mg/m <sup>3</sup>	Max media oraria mg/m <sup>3</sup>
			4 mg/m <sup>3</sup>		10 mg/m <sup>3</sup>	35 mg/m <sup>3</sup>
FI-Gramsci	U	T	1,9	1,7	2,9	3,8
PO-Ferrucci	U	T	1,9	1,7	2,4	3,2
AR-Repubblica	U	T	1,0	1,0	1,6	2,1
LI-Carducci	U	T	1,4	1,3	2,3	4,6
LI-Cotone	S	I	0,7	0,6	0,8	1,2
PI-Borghetto	U	T	1,4	1,2	1,8	2,7
SI-Bracci	U	T	0,8	0,7	1,0	1,6

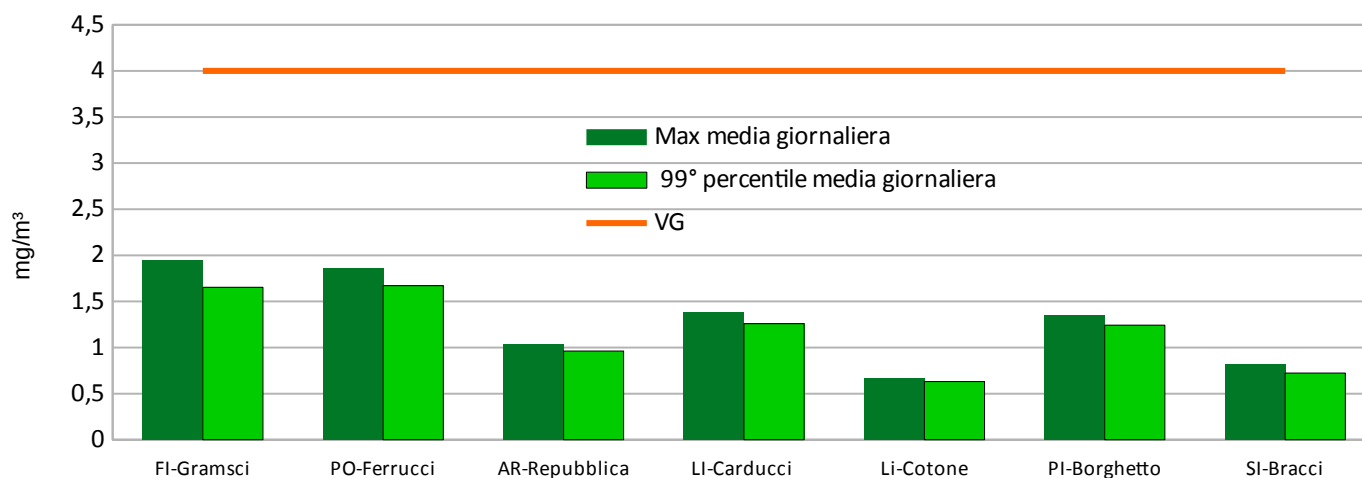
Dal 2021 l'OMS ha introdotto un nuovo valore guida pari ad una massima media giornaliera di 4 mg/m<sup>3</sup> che, nonostante sia molto più restrittivo rispetto a quanto indicato dal D.Lgs155/2010, non ha creato alcuna criticità in Toscana dove si è verificato il pieno rispetto nel VG in tutti i siti di monitoraggio.

Oltre a questo valore guida sono stati mantenuti i precedenti pari a una massima media giornaliera mobile su 8 ore di 10 mg/m<sup>3</sup>, e una massima media oraria di 35 mg/m<sup>3</sup>.

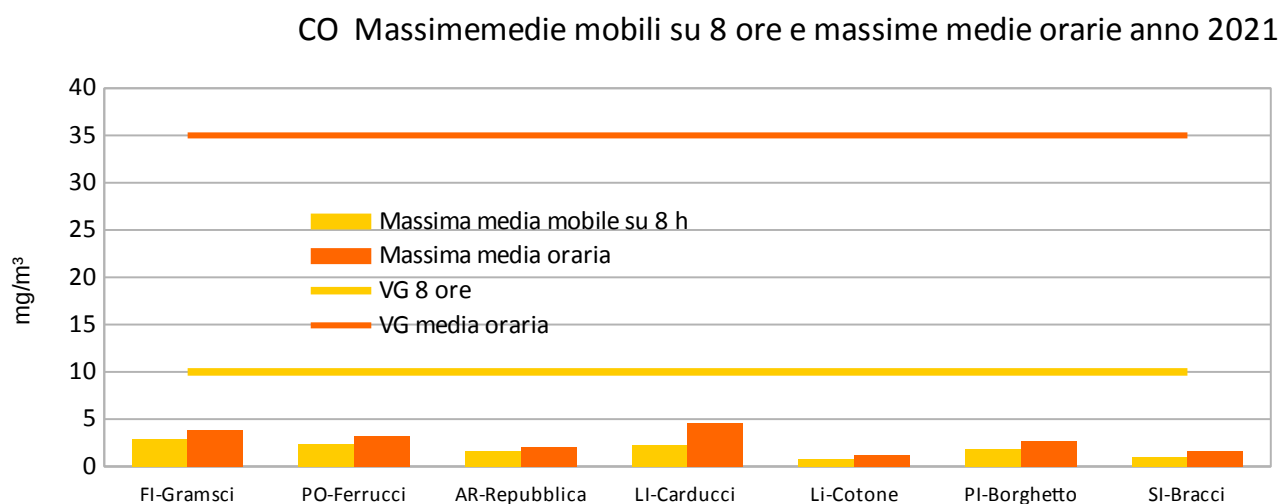
Nel 2021 in Toscana si è verificato il pieno rispetto dei VG in tutti i siti di monitoraggio.

**Grafico 6.1. CO - Confronto con il valore guida per la massima media giornaliera indicato dall'OMS**

**CO medie giornaliere anno 2021**



**Grafico 6.2. CO - confronto con i valori guida per la massima media giornaliera mobile su 8 ore e per la massima media oraria indicato dall'OMS**



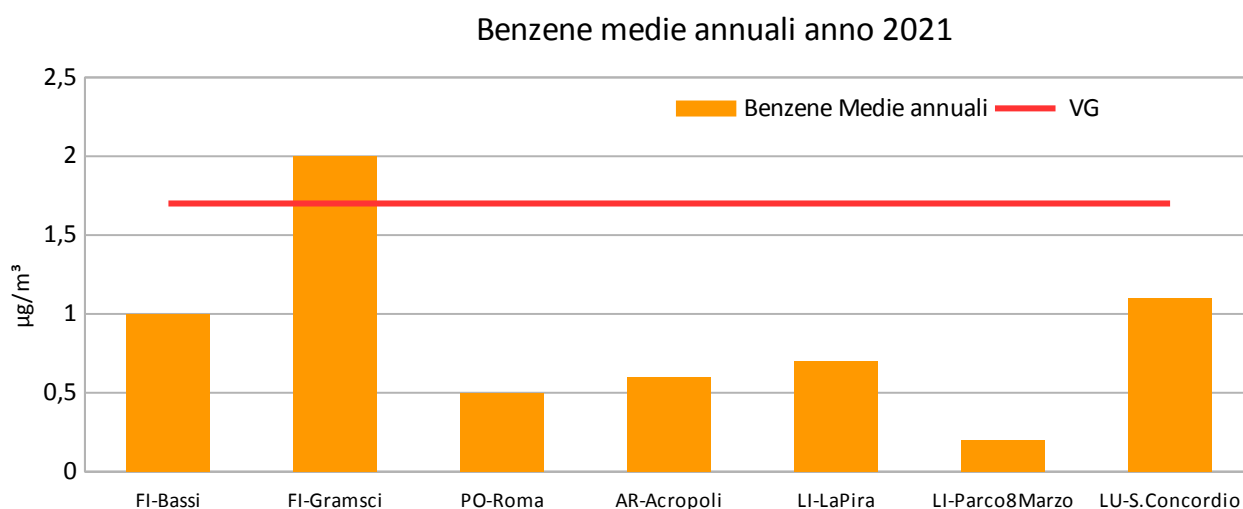
## 7. Benzene, benzo(a)pyrene, piombo e cadmio

Tabella 7.1. Benzene, benzo(a)pyrene, piombo e cadmio - 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			Benzene	BaP	Pb	Cd
			Medie annuali $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Medie annuali $\text{ng}/\text{m}^3$	Medie annuali $\text{ng}/\text{m}^3$	Medie annuali $\text{ng}/\text{m}^3$
			1,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,12 $\text{ng}/\text{m}^3$	500 $\text{ng}/\text{m}^3$	5 $\text{ng}/\text{m}^3$
FI-Bassi	U	F	1	0,17	-	-
FI-Gramsci	U	T	2	0,48	3,2	0,2
PO-Roma	U	F	0,5	0,32	2,4	0,1
AR-Acropoli	U	F	0,6	0,28	1,9	0,1
LI-LaPira	U	F	0,7	0,07	4,1	0,3
LI-Parco8Marzo	U	F	0,2	0,06	2,0	0,2
LU-Capannori	U	F	-	0,76	-	-
LU-S.Concordio	U	F	1,1	0,51	3,4	0,2
PI-Montecerboli	S	F	-	-	1,1	0,1
SI-Poggibonsi	U	F	-	0,27	-	-

Per quanto riguarda il benzene, le concentrazioni medie annuali ottenute con il monitoraggio della Rete Regionale sono state confrontate con il valore guida indicato dall'OMS, che è pari a 1,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In Toscana il valore guida è stato superato nel 2021 soltanto presso il sito di traffico di FI-Gramsci, mentre nelle altre stazioni di monitoraggio, che sono di fondo urbano, le medie annuali sono state abbondantemente inferiori al valore di riferimento.

Grafico 7.1. Benzene - Confronto con il valore guida per la media annuale indicato dall'OMS

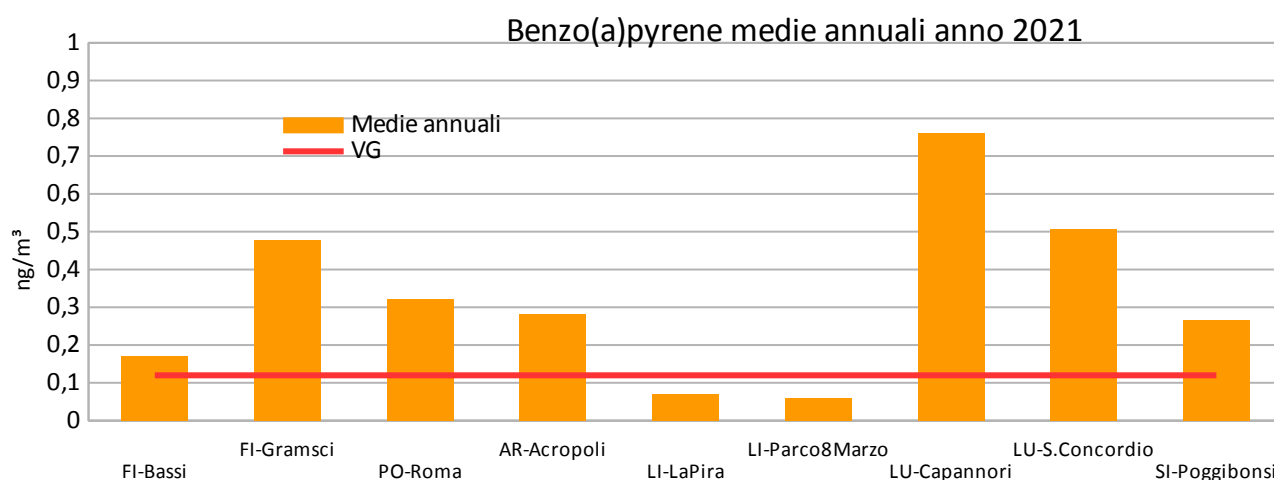




Per quanto riguarda gli idrocarburi policiclici aromatici, l'OMS ha fissato un valore guida per il benzo(a)pyrene pari alla media annuale di  $0,12 \text{ ng/m}^3$  pari a circa un decimo del valore obiettivo del D.Lgs 155/2010.

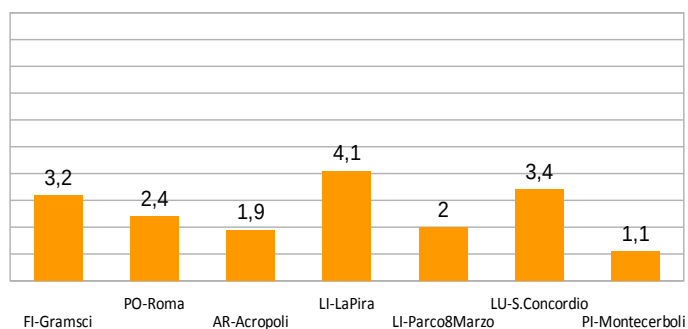
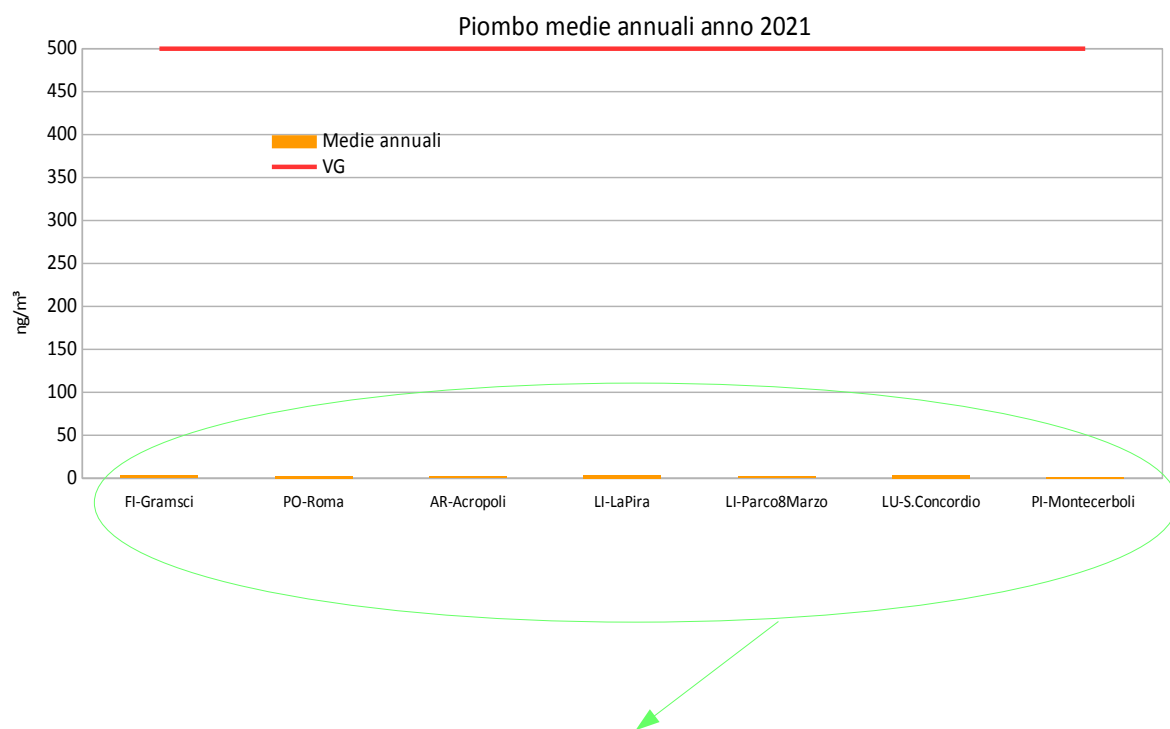
In Toscana le concentrazioni medie annuali ottenute con il monitoraggio della Rete Regionale nel 2021 hanno mostrato una certa criticità nei confronti del rispetto del valore di riferimento, che è stato superato in tutti i siti ad eccezione delle due stazioni di fondo della zona costiera.

*Grafico 7.2. Benzo(a)pyrene - Confronto con il valore guida per la media annuale indicato dall'OMS*

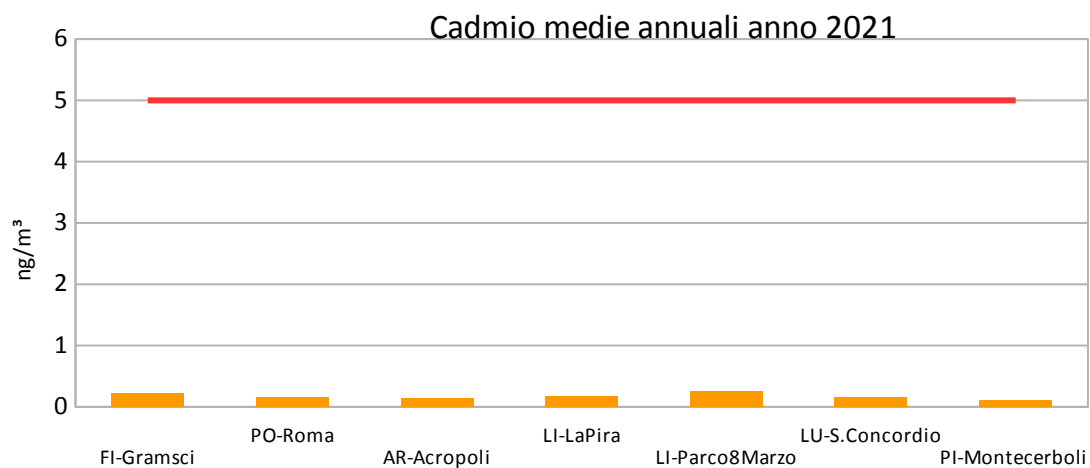


Per quanto riguarda i metalli pesanti, l'OMS ha fissato un valore guida per la media annuale di Piombo di  $500 \text{ ng/m}^3$  e per la media annuale di Cadmio di  $5 \text{ ng/m}^3$ . Nel 2021 in Toscana le concentrazioni medie annuali ottenute con il monitoraggio della Rete Regionale hanno mostrato il pieno rispetto dei valori guida per entrambi i metalli.

**Grafico 7.3. Piombo - Confronto con il valore guida per la media annuale indicato dall'OMS**



**Grafico 7.4. Cadmio - Confronto con il valore guida per la media annualei ndicato dall'OMS**



## ALLEGATO 4: ANALISI AVVEZIONI DI POLVERI ANNO 2021

La Toscana, come del resto il continente europeo, è regolarmente raggiunta da masse d'aria che portano con sé le frazioni del materiale particolato fra cui il PM10 il quale, dalle alte quote dell'atmosfera, passa a livello del suolo.

I contributi emissivi naturali riferiti alle avvezioni di polveri che hanno interessato il territorio regionale nell'anno 2021 sono stati valutati secondo gli indirizzi definiti dalla "Linea guida [SEC(2011) 2008 final] per la dimostrazione e la detrazione dei superamenti imputabili alle fonti naturali ai sensi della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", predisposta dalla Commissione di Lavoro il 15/2/2011. In questo contesto, è da considerare che l'azione umana non avrebbe potuto evitare o ridurre significativamente i contributi identificati.

L'attività di sottrazione dei contributi relativi alle avvezioni di polveri naturali individuate in fase di analisi, effettuata in relazione all'art. 15 comma 1 del D.Lgs. 155/2010 e al corrispondente art. 20 della Direttiva 2008/50/CE, ha riguardato le stazioni di misurazione appartenenti alla Rete Regionale della qualità dell'aria che hanno registrato, in concomitanza agli eventi avvevativi, valori medi giornalieri di materiale particolato PM10 superiori al valore limite ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

La valutazione prevista dalla Linea guida [SEC(2011) 2008 final] del 15/2/2011, predisposta dalla Commissione di Lavoro, è articolata nelle fasi di **identificazione** degli episodi di intrusione, **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 naturali di polveri, in relazione alla 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 state esaminate le stazioni di misurazione di **fondo regionale** di **Casa Stabbi** (quota: 650 slm), ubicata nel Comune di Chitignano (AR) e di **Montecerboli** (quota: 353 slm), ubicata nel Comune di Pomarance (PI), entrambe appartenenti alla **Zona Collinare e Montana**.

Si fa presente che i risultati delle verifiche 2021 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 21,9 %.

## 1. Identificazione degli episodi di intrusione sahariana

La fase di identificazione dei contributi si è basata sull'analisi dei valori medi giornalieri di PM10 misurati dalle stazioni di fondo regionale di Casa Stabbi (Chitignano - AR) e Montecerboli (Pomarance – PI); le due stazioni di misurazione sono ubicate in siti caratterizzati da una quota di 650 m (Casa Stabbi) e di 353 m (Montecerboli). Nell'anno 2021, per le due stazioni di misura sono stati elaborati valori medi annuali di PM10 sostanzialmente equivalenti pari a  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Casa Stabbi) ed a  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Montecerboli); per quanto attiene il numero di superamenti del valore limite della media giornaliera, sono stati registrati due casi per la stazione di Montecerboli e un caso per la stazione di Casa Stabbi, nei giorni compresi fra il 24 ed il 27 febbraio 2021, con livelli massimi giornalieri poco superiori al valore limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

È stata avviata una fase di analisi preliminare sulla distribuzione dei valori medi giornalieri misurati nell'anno 2021 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, in particolare per la stazione di misurazione di Casa Stabbi, 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 prescelto in via preliminare come valore discriminante per l'identificazione degli eventi di avvezione.

Sono state interpretate le situazioni meteorologiche giornaliere relative a 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://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>) predisposto dalla NOAA (National Oceanics and Atmospheric Administration USA) attraverso l'Air Resources Laboratory. Il modello ha elaborato le retrotraiettorie riferite ai 5 giorni precedenti rispetto al giorno di studio, previste alle ore 12 e per altezze di 750, 1500 e 2500 metri sul livello del mare.

Le conclusioni tratte dall'analisi delle retrotraiettorie sono state convalidate dall'esame dei dati meteorologici (report mensili) registrati dal Consorzio LaMMA e dalle elaborazioni ottenute dal modello BSC-Dream, (<https://dust.aemet.es/products/daily-dust-products>) 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.

Un ulteriore elemento di valutazione è stato rappresentato dal sistema di previsione implementato dal Consorzio LaMMA per prevedere l'ingresso di polvere desertica per il giorno stesso e per i tre successivi (96 ore) con riferimento a soglie di allerta e di preallerta, scelte sulla base di uno studio sulle stime dei modelli CAMx e CHIMERE nel biennio 2017-2018. Si tratta di previsioni ottenute principalmente dal sistema SPARTA, le quali dovrebbero individuare gli episodi desertici anche in termini quantitativi, tenendo conto dell'effettiva intrusione della polvere nei livelli più bassi grazie al meteo ad alta risoluzione, estratte in corrispondenza di alcune stazioni di misurazione della qualità

dell'aria gestite da ARPAT (Bassi, Figline, Capannori, Viareggio, Casastabbi, Montecerboli).

Sono stati identificati 25 giorni riferibili ad episodi avvezzivi, che sono mostrati nella tabella sottostante.

*Tabella 1.1. elenco principali episodi di avvezione di polveri - anno 2021- e relativi valori medi giornalieri PM10 registrati dalle stazioni di fondo regionali*

DATA	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PI-MONTECERBOLI	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ AR-CASA-STABBI
06/02/21	35	--
07/02/21	32	--
23/02/21	24	35
24/02/21	36	53
25/02/21	44	--
26/02/21	52	38
27/02/21	55	32
20/06/21	24	33
21/06/21	32	42
22/06/21	35	32
23/06/21	17	18
24/06/21	11	23
29/06/21	15	27
25/07/21	20	14
26/07/21	27	24
27/07/21	--	22
28/07/21	18	22
10/08/21	17	23
11/08/21	15	24
14/08/21	11	26
15/08/21	21	26
16/08/21	35	39
17/08/21	11	33
26/09/21	26	27
27/09/21	28	27

– dato non disponibile

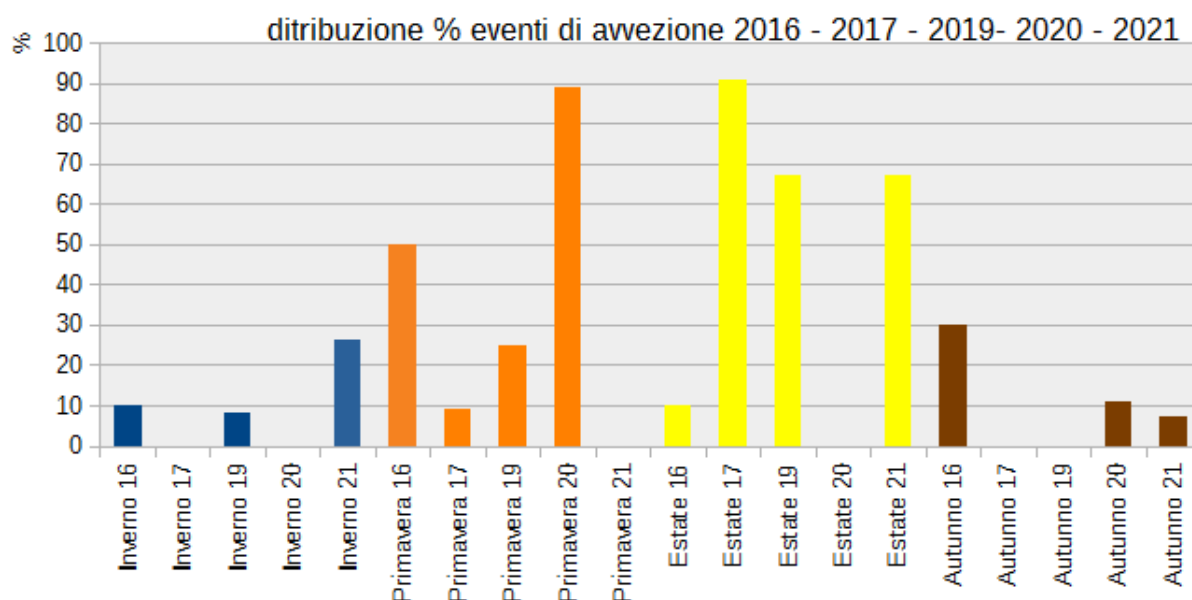
Dall'esame della tabella 1.1, si evince che nell'anno 2021 i giorni riferibili a episodi di avvezione di polveri (25) sono riscontrabili prevalentemente durante l'estate. Gli effetti più rilevanti tuttavia, si sono verificati nel mese di febbraio, il 6, e fra il 24 e 27 febbraio 2021; durante tali giorni si è determinata un'estesa situazione di superamento del valore limite dell'indicatore della media giornaliera di PM10. Nel dettaglio, fra il 25 ed il 27 febbraio 2021, i casi di superamento del valore limite della media giornaliera di PM10 hanno riguardato fra il 65 ed il 73 % delle stazioni di misurazione della Rete Regionale. Per

questo evento, nella stazione di misura di Casa Stabbi, il contributo naturale ha raggiunto l'85 % della concentrazione media giornaliera di PM10.

Si osserva che il numero degli episodi avvevivi identificati dell'anno 2021 è più elevato rispetto agli anni precedenti (anno 2016: 10 casi; anno 2017: 11 casi; anno 2019: 12 casi; anno 2020: 9 casi) ma l'intensità è minore rispetto all'anno precedente (contributo giornaliero massimo polveri naturali Casa Stabbi: 2021 = 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - 2020 = 136  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Per quanto attiene la distribuzione temporale, gli eventi si sono verificati nella prevalenza dei casi in estate, accompagnati tuttavia da casi in inverno e in autunno.

Il grafico sottostante mostra la distribuzione stagionale degli eventi di avvezione dal 2016 al 2021.

*Grafico 1.1. Distribuzione stagionale percentuale eventi avvevivi. Anni 2016 - 2021*



L'esame dei dati giornalieri di materiale particolato PM2,5 registrati in occasione degli eventi avvevivi evidenzia una riduzione della percentuale nel PM10 rispetto alla stessa percentuale registrata in condizioni ordinarie; infatti, una delle caratteristiche dei fenomeni di trasporto di sabbie desertiche è quella di produrre un aumento soprattutto della frazione più grossolana del particolato atmosferico, cioè quella con diametro superiore ai 2,5  $\mu\text{m}$ . Le sabbie, infatti, si formano per fenomeni di disaggregazione termica e di erosione dovuta allo sfregamento.

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 evidenziato, per la prevalenza degli episodi avvevivi esaminati, un prevalente interessamento dell'intero territorio regionale.

## 2. Quantificazione degli episodi di avvezione naturale

In una prima fase, sono stati determinati i livelli di PM10 di fondo non affetti da contributi naturali di materiale particolato; tale quantificazione è stata effettuata mediante l'elaborazione di indicatori statistici previsti dalla LG SEC(2011) 2008 final, come la **media** delle concentrazioni di PM10 registrate nei **15 giorni ante e 15 post** episodio avveztivo, il **50° percentile ed il 40° percentile dei 30 giorni antecedenti** l'episodio avveztivo.

È 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 avveztive. 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 identifichino l'indicatore statistico che riproduce al meglio la concentrazione di fondo PM10 del territorio regionale, in relazione alle indicazioni della Linea guida, al fine di un utilizzo preferenziale sono stati calcolati indicatori più conservativi, come la media delle concentrazioni di PM10 registrate durante i 15 giorni prima e i 15 giorni dopo l'episodio di avvezione, e il 50° percentile dei 30 giorni precedenti l'episodio stesso.

Gli indicatori sono stati determinati 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 avveztivo per i giorni identificati nella fase di analisi delle retrotraiettorie è stata effettuata per differenza fra il valore della media giornaliera di PM10 registrato dalle stazioni di fondo regionale di Montecerboli e Casa Stabbi, e il valore relativo al livello di fondo (senza contributi di polveri naturali) delle stesse stazioni, calcolato con i tre indicatori statistici previsti dalla LG SEC (2011) 2008 final.

Si evidenzia che la quantificazione dei contributi naturali è stata effettuata esclusivamente per gli episodi più significativi dell'anno, avvenuti nel mese di febbraio (6 e dal 23 al 27) nel quale sono stati registrati, nell'intera Rete Regionale, 107 casi di superamento del valore limite della media giornaliera di PM10. L'estensione della quantificazione agli episodi avveztivi non accompagnati da casi di superamento del valore limite della media giornaliera di PM10, non porterebbe alcuna informazione significativa alla valutazione della situazione del PM10 regionale, e pertanto è stata tralasciata.

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

**Tabella 2.1. Tassi giornalieri dei contributi naturali e livelli di fondo calcolati con l'indicatore del 40° percentile dei 30 giorni antecedenti l'evento -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Data	Montecerboli PM10 media giornaliera	Casa Stabbi PM10 media giornaliera	Montecerboli valore fondo (40° perc. 30 gg ante evento)	Casa Stabbi valore fondo (40° perc. 30 gg ante evento)	Contributo naturale Montecerboli	Contributo naturale Casa Stabbi
06/02/2021	35	--	9	5	26	*
23/02/2021	24	35	9	5	15	30
24/02/2021	36	53	9	6	27	47
25/02/2021	44	--	11	7	33	*
26/02/2021	52	38	11	7	41	31
27/02/2021	55	32	11	7	44	25

**Tabella 2.2. Tassi giornalieri dei contributi naturali e livelli di fondo calcolati con l'indicatore della media dei 15 giorni ante e post evento –  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Data	Montecerboli PM10 media giornaliera	Casa Stabbi PM10 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 naturale Montecerboli	Contributo naturale Casa Stabbi
06/02/2021	35	--	10	7	25	*
23/02/2021	24	35	18	13	6	22
24/02/2021	36	53	17	11	19	42
25/02/2021	44	--	17	14	27	*
26/02/2021	52	38	16	14	36	24
27/02/2021	55	32	16	15	39	17

**Tabella 2.3. Tassi giornalieri dei contributi naturali e livelli di fondo calcolati con l'indicatore del 50° percentile dei 30 giorni ante evento –  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Data	Montecerboli PM10 media giornaliera	Casa Stabbi PM10 media giornaliera	Montecerboli valore fondo (50° Perc. 30 gg ante evento)	Casa Stabbi valore fondo (50° Perc. 30 gg ante evento)	Contributo naturale Montecerboli	Contributo naturale Casa Stabbi
06/02/2021	35	--	10	6	25	*
23/02/2021	24	35	11	7	13	28
24/02/2021	36	53	11	8	25	45
25/02/2021	44	--	11	8	33	*
26/02/2021	52	38	13	8	39	30
27/02/2021	55	32	14	8	41	24

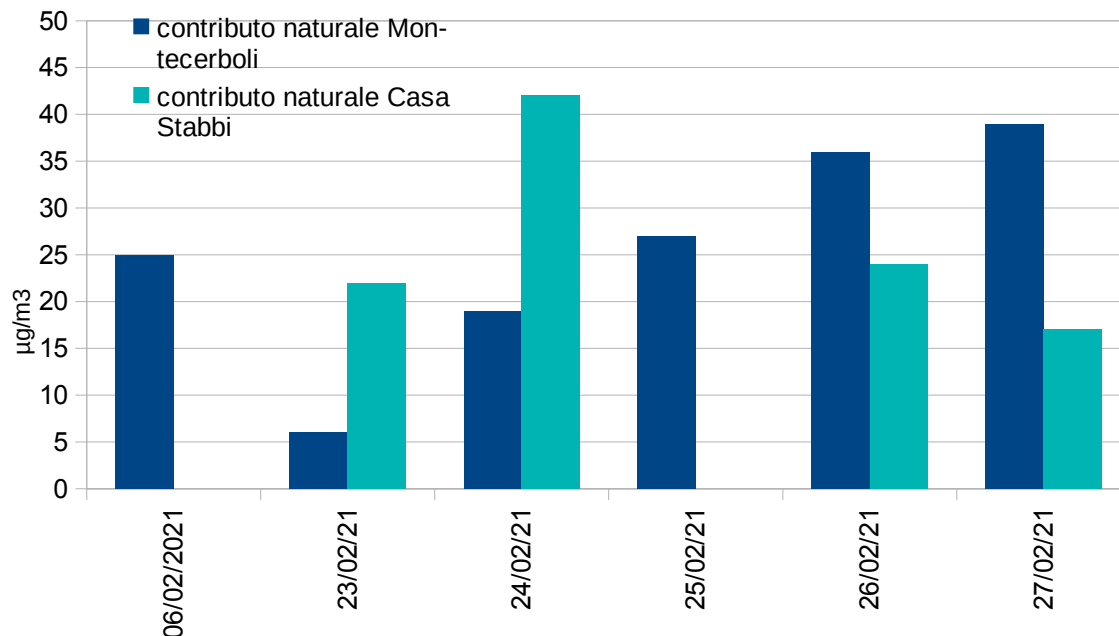
\* non calcolato per mancanza dato giornaliero PM10

-- dato non disponibile

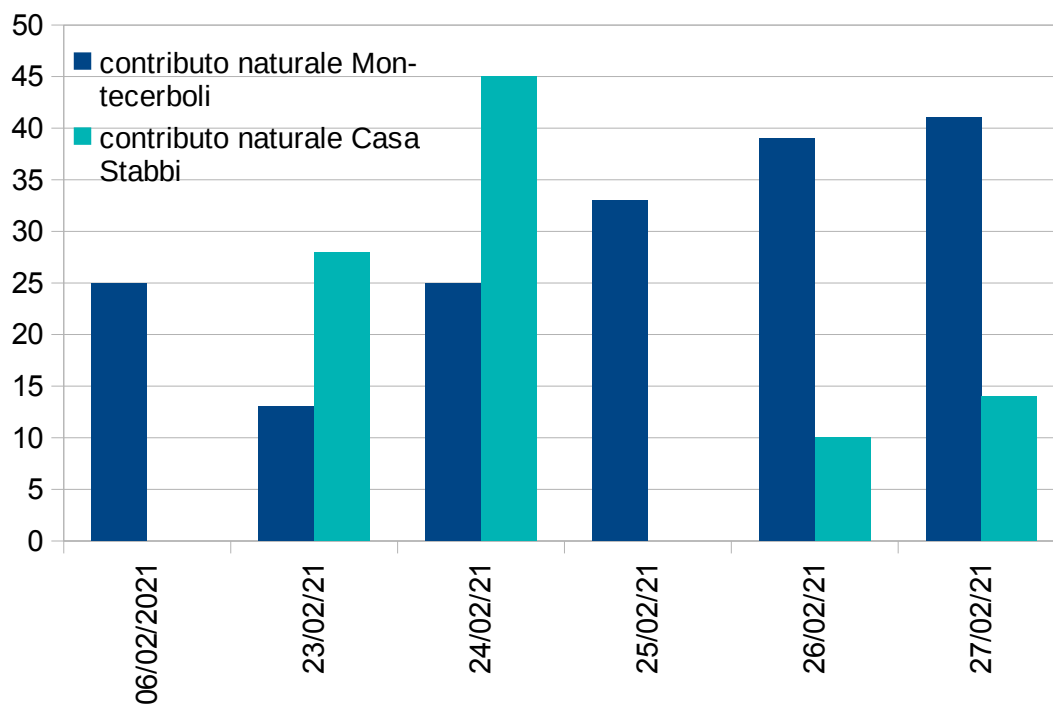
Sono presentate le elaborazioni grafiche relative ai contributi naturali giornalieri nel PM10 stimati per le stazioni rurali di Pi Montecerboli e Ar Casa Stabbi, riferiti ai principali eventi avvevativi individuati nell'anno 2021 a partire dai livelli di fondo calcolati con gli indicatori della media dei 15 giorni precedenti e dei 15 giorni successivi l'evento avvevativo, e del 50° Percentile dei 30 giorni precedenti l'evento avvevativo.



**Grafico 2.1.** Contributi naturali giornalieri stimati al PM10, anno 2021, stazioni PI Montecerboli e AR Casa Stabbi. Livello di fondo elaborato con indicatore media 15 giorni ante e post evento avvevivo.



**Grafico 2.2.** Contributi naturali giornalieri stimati al PM10, anno 2021, stazioni PI Montecerboli e AR Casa Stabbi. Livello di fondo elaborato con indicatore 50° percentile 30 giorni precedenti l'evento avvevivo.



Dall'esame dei dati mostrati nelle tabelle 2.1, 2.2 e 2.3 e dalle relative elaborazioni grafiche, traspare che i livelli di fondo stimati per le due stazioni sono caratterizzati da valori in linea con le rispettive medie annuali e scarti poco significativi. Per quanto riguarda invece i contributi naturali di polveri, si rileva che la stazione di Montecerboli tendenzialmente presenta contributi percentuali più bassi rispetto alla stazione di Casa Stabbi.

Se si esaminano ad esempio i contributi giornalieri calcolati dai valori di fondo elaborati con l'indicatore del 50° percentile relativo ai 30 giorni precedenti l'evento avveztivo, si osserva per la stazione di Montecerboli un contributo medio del 70% sulla concentrazione giornaliera di PM10, mentre per la stazione di Casa Stabbi tale valore sale all'80%.

Questi valori dei contributi percentuali giornalieri risultano in linea con quanto riportato nella Linea guida della Commissione di lavoro, nella quale è indicato che nei paesi del Mediterraneo, nel corso di un evento di forte inquinamento da polveri, la polvere desertica può contribuire per più del 60% alla concentrazione totale di PM10.

Il sito di Casa Stabbi risulterebbe più sensibile agli episodi di avvezione; questa conclusione sarebbe coerente al fatto che i contributi variano con l'altezza e che spesso le masse d'aria con un carico di polvere del deserto 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 di Montecerboli (353 slm),

### 3. Sottrazione dei contributi stimati

La sottrazione dei contributi è riferita ai carichi di polvere naturale giornaliera netta determinati nelle stazioni di fondo regionale in corrispondenza dei giorni nel quale è stato individuato l'episodio di intrusione.

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; dalle stazioni di Rete Regionale sono stati registrati 107 casi di superamento del valore limite per l'indicatore della media giornaliera di PM10, distribuiti nel mese di febbraio 2021.

Ai singoli valori di concentrazione media giornaliera superiori al valore limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è stato sottratto il corrispondente contributo naturale calcolato per la stazione di misurazione di **Montecerboli** mediante differenza dal valore di fondo elaborato con l'indicatore del **50° percentile relativo ai 30 giorni precedenti** l'episodio avveztivo (tabella 2.3). Fa eccezione la stazione di Casa Stabbi, per la quale è stato sottratto il contributo specifico calcolato per la stazione.

La seguente tabella 3.1 presenta i superamenti dell'indicatore della media giornaliera di PM10 registrati in concomitanza degli eventi avveztivi individuati nell'anno 2021, e il relativo numero di giorni da sottrarre dovuti ai contributi naturali avveztivi.

L'esame della tabella 3.1 evidenzia che per oltre la metà delle stazioni di Rete Regionale dovrà essere applicata la sottrazione di 3-4 casi di superamento del valore limite della media giornaliera di PM10 per contributi avveztivi naturali; in questo contesto si rileva, da una parte, un solo caso di sottrazione alle stazioni della provincia di Livorno e, dall'altra, fino a 6 - 5 casi per alcune stazioni ubicate principalmente nella provincia di Lucca, ma anche ad Arezzo e Massa Carrara.

Per quanto attiene il numero di superamenti del Valore Limite dell'indicatore della media giornaliera, la sottrazione dei contributi avveztivi di polveri naturali relativi all'anno 2021 conferma il quadro determinato dai conteggi dei casi di superamento, caratterizzato da una situazione di difformità per la stazione Lu-Capannori e di conformità per tutte le altre stazioni della Rete Regionale.

**Tabella 3.1. 2021 - 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 e relativo conteggio giorni da sottrarre per contributi avvevativi naturali**

Stazione	PM10 06-02-2021 (contributo naturale $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM10 23-02-2021 (contributo naturale $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM10 24-02-2021 (contributo naturale $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM10 25-02-2021 (contributo naturale $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM10 26-02-2021 (contributo naturale $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM10 27-02-2021 (contributo naturale $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Numero di gg da sottrarre per contributi avvevativi naturali
AR-ACROPOLI	43	--	50	52	60	49	2
AR-REPUBBLICA	51	51		69	71	58	5
AR-ENELSB- CASTELNUOVO DEISABBIONI	30	27	40	47	52	50	1
AR-CASA-STABBI	--	35	53*	--	38	32	1
AR-ENELSB- SANGIOVANNI	47	41	68	56	61	59	4
FI-SCANDICCI	41	48	56	63	59	41	3
FI-BOBOLI	40	35	51	63	60	43	3
FI-BASSI	39	36	51	62	60	49	3
FI-SIGNA	44	46	56	60	59	50	3
FI-FIGLINE	40	43	61	54	53	52	4
FI-MOSSE	45	43	57	68	65	51	4
GR-SONNINO	36	33	57	78	57	43	3
GR-URSS	30	21	39	--	44	36	0
LI-CAPPIELLO	46	22	31	34	--	66	1
LI-COTONE	37	23	26	43	47	59	1
LI-CARDUCCI	44	43	40	40	49	69	1
LI-ENI-STAGNO	42	34	29	39	41	65	1
LI-LAPIRA	39	--	34	36	--	69	1
LI-PIOMBINO-PARCO- VIII-MARZO	48	24	31	43	46	61	1
LU-SAN-CONCORDIO	49	45	64	53	55	70	4
LU-FORNOLI	41	35	87	72	63	64	3
LU-CAPANNORI	75	61	70	53	58	77	6
LU-MICHELETTO	58	47	74	55	64	79	5
LU-VIAREGGIO	45	52	42	40	52	76	3
MS-COLOMBAROTTO	42	39	84	82	69	64	3
MS-MARINA-VECCHIA	53	39	61	55	64	76	5
PI-SANTA-CROCE- COOP	58	48	47	52	51	66	4
PI-BORGHETTO	48	45	39	39	46	62	1
PI-MONTECERBOLI	35	24	36	44	52	55	2
PI-PASSI	43	40	36	36	42	59	1
PO-FERRUCCI	45	44	53	67	71	54	4
PO-ROMA	44	46	58	71	75	59	4
PT-SIGNORELLI	41	38	72	76	73	54	4
SI-BRACCI	39	39	56	57	61	57	4
SI-POGGIBONSI	40	34	45	55	57	52	3
FI-GRAMSCI	44	42	54	63	63	49	3
PT-MONTALE	58	44	64	65	67	44	4

\* contributo naturale relativo alla stazione di Casa Stabbi =  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$

## Conclusioni

L'analisi degli episodi avvezzivi 2021 ha evidenziato una stima di 25 principali giorni riferibili a contributi naturali di polveri per il materiale particolato PM10 in aria ambiente, per i quali le stazioni di Rete Regionale hanno registrato 107 casi di superamento del valore limite relativo della media giornaliera.

L'episodio più significativo è occorso nei giorni 23, 24, 25, 26 e 27 febbraio, quando presso la stazione di Ar - Casa Stabbi sono stati calcolati **carichi giornalieri massimi** di polvere fino a **45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , la cui origine è stata attribuita, in base alle elaborazioni modellistiche, a un contributo nord africano.

Mediamente, i **contributi giornalieri medi calcolati** si riferiscono al **70** (Pi – Montecerboli) e all'**80 %** (Ar – Casa Stabbi) della concentrazione giornaliera di PM10; il contributo medio giornaliero stimato per gli episodi avvezzivi si attesta su 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per la stazione di Pi – Montecerboli e 32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per la stazione di Ar – Casa Stabbi.

La sottrazione dei contributi avvezzivi di polveri non determina variazioni riferite allo stato di conformità al Valore Limite relativo alla media giornaliera di PM10, dal quale emerge la sola difformità per la stazione di misurazione di Lu-Capannori.