

Qualità dell'aria nella regione Lazio.

Analisi delle serie storiche dei principali inquinanti 2013-2022



Qualità dell'aria nella regione Lazio. Analisi delle serie storiche dei principali inquinanti 2013-2022

2023

Qualità dell'aria nella regione Lazio. Analisi delle serie storiche dei principali inquinanti 2013-2022

Rapporto a cura di:

ARPA Lazio - Dipartimento stato dell'ambiente, Servizio qualità dell'aria e monitoraggio ambientale degli agenti fisici. Centro regionale della qualità dell'aria

Maria Agostina Frezzini, Silvia Barberini, Simona Lucci, Arianna Marinelli, Donatella Occhiuto, Alessandro Di Giosa, Massimo Magliocchetti

Contatti autori:

mariaagostina.frezzini@arpalazio.it; silvia.barberini@arpalazio.it; simona.lucci@arpalazio.it; arianna.marinelli@arpalazio.it; donatella.occhiuto@arpalazio.it; alessandro.digiosa@arpalazio.it; massimo.magliocchetti@arpalazio.it

RIASSUNTO

Il documento presenta un'analisi approfondita dei dati di qualità dell'aria della regione Lazio, raccolti tra il 2013 e il 2022, e riserva una particolare attenzione ai principali inquinanti atmosferici.

I risultati dei monitoraggi effettuati hanno fornito un quadro complesso delle tendenze di inquinamento nell'area oggetto di studio. Sono stati registrati progressi positivi nella riduzione delle concentrazioni di CO e SO₂ attribuibili a un miglioramento nella gestione delle sorgenti emissive e alla conformità alle normative ambientali. Sussistono, tuttavia, criticità relative ai livelli di O₃, NO₂ e PM, che mettono in evidenza la necessità di attuare, a livello locale, una gestione mirata per mitigare gli impatti sulla salute pubblica e sull'ambiente.

Gli IPA e i metalli hanno mantenuto concentrazioni stabili nel tempo ma, considerata la loro rilevanza sanitaria e ambientale, richiedono comunque un costante monitoraggio.

L'analisi delle serie storiche sottolinea l'importanza del monitoraggio della qualità dell'aria nel Lazio, congiuntamente all'attuazione di politiche ambientali efficaci per ridurre le emissioni inquinanti al fine di tutelare la salute dei cittadini e preservare l'ambiente.

Keywords: qualità dell'aria, monitoraggio, serie storiche, regione Lazio, PM10, PM2.5, NO₂, O₃, metalli, IPA

Edizione web: <https://www.arpalazio.it/web/guest/pubblicazioni>

In copertina: Tetto centralina di misura di Villa Ada - Roma

Tutte le fotografie pubblicate, laddove non diversamente riportato, sono dell'Archivio fotografico dell'ARPA Lazio

ARPA Lazio – 2023



Quest'opera è distribuita con Licenza
Creative Commons Attribuzione Italia 4.0

Coordinamento editoriale: a cura dell'Area sistemi operativi e gestione della conoscenza

Progetto grafico e stampa: STI Stampa Tipolitografica Italiana srl - Roma

INDICE

LEGENDA	4
1. INTRODUZIONE	5
2. MONOSSIDO DI CARBONIO E BIOSSIDO DI ZOLFO	13
3. BENZENE	15
4. IPA E METALLI	17
5. PARTICOLATO ATMOSFERICO (PM)	21
5.1 PM ₁₀	22
5.1.1 Concentrazione media annua di PM ₁₀	22
5.1.2 Numero dei giorni di superamento del valore limite di concentrazione giornaliera di PM ₁₀	26
5.2 PM _{2,5}	31
6. BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂)	35
6.1 Concentrazione media annua di NO ₂	35
6.2 Superamenti del valore limite di concentrazione oraria di NO ₂	40
7. OZONO (O ₃)	43
7.1 Soglia di informazione e di allarme	43
7.2 Valore obiettivo per la protezione della salute umana	44
7.3 Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	46
7.4 Valore obiettivo per la protezione della vegetazione (AOT40)	47
8. CONCLUSIONI	49
BIBLIOGRAFIA	51

LEGENDA

a.d.	Diametro aerodinamico
ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale
As	Arsenico
B[a]P	Benzo[a]pirene
C₆H₆	Benzene
Cd	Cadmio
CO	Monossido di carbonio
COV	Composti organici volatili
IARC	International Agency for Research on Cancer
IPA	Idrocarburi policiclici aromatici
Ni	Nichel
NO₂	Biossido di azoto
NO	Monossido di azoto
NO_x	Ossidi di azoto
O₃	Ozono
OMS	Organizzazione Mondiale della Sanità
PM₁₀	Particolato atmosferico con particelle di a.d. inferiore o uguale a 10 µm
PM_{2.5}	Particolato atmosferico con particelle di a.d. inferiore o uguale a 2.5 µm
Pb	Piombo
PRQA	Piano di risanamento della qualità dell'aria
SO₂	Biossido di zolfo

1. INTRODUZIONE

Il documento presenta un'analisi degli standard normativi della qualità dell'aria nella regione Lazio utilizzando i dati raccolti per mezzo del monitoraggio della rete regionale nel periodo compreso tra il 2013 e il 2022.

Nella sezione introduttiva sono fornite alcune nozioni di base sulla qualità dell'aria e sulle modalità di conduzione della sua valutazione nel Lazio.

Nell'ambito dello studio, con il termine "aria" si intende la porzione inferiore della troposfera a contatto con la superficie terrestre, escludendo gli spazi interni degli edifici e i luoghi di lavoro, che sono regolamentati da una specifica legislazione. Per valutare la qualità dell'aria di un territorio è necessario conoscere il campo delle concentrazioni a terra degli inquinanti in ogni momento e in ogni punto del territorio stesso.

La Direttiva europea 2008/50/CE costituisce il quadro legislativo di riferimento in materia di inquinamento atmosferico. I contenuti e i principi della Direttiva sono confluiti, a livello nazionale, nel Decreto legislativo n. 155 del 13 agosto 2010. Attualmente, la Direttiva 2008/50/CE e il d.lgs. n. 155/2010 disciplinano il controllo, la gestione e la valutazione della qualità dell'aria a livello comunitario, regionale e nazionale.

Il quadro normativo identifica gli inquinanti da monitorare (NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, O_3 , C_6H_6 , SO_2 , CO , Pb , As , Cd , Ni , B(a)P) per i quali impone gli indicatori di breve o lungo periodo, cioè concentrazioni mediate su intervalli che vanno dall'ora all'anno, in funzione della loro dannosità per la salute umana o per gli ecosistemi. Per ognuno di questi standard sono poi definiti uno o più valori da non superare: valori limite e/o valori obiettivo, oltre a soglie di informazione e di allarme.

La norma illustra gli strumenti necessari per il controllo e la gestione della qualità dell'aria: le misure in siti fissi, le misure indicative, i metodi di stima oggettiva e le simulazioni modellistiche, e ne promuove un utilizzo sinergico e integrato traendo vantaggio dalle loro differenze per ricostruire in maniera rappresentativa e fedele il campo di concentrazione a terra di ogni inquinante in ogni punto del territorio. La misura in siti fissi rimane necessaria e determinante laddove sussistano delle criticità, poiché è lo strumento che, con maggiore precisione, restituisce un valore di concentrazione puntuale. Ad ogni modo, in base a specifiche situazioni, tali misure sono affiancate, integrate o anche sostituite dai modelli di dispersione che, ricostruendo il fenomeno fisico, permettono di avere l'intero campo di concentrazione su un territorio, ossia di ottenere un valore di concentrazione anche dove non ci sono centraline di misura. Nella valutazione annuale della qualità dell'aria del Lazio l'Agenzia utilizza tutti gli strumenti messi a disposizione dal d.lgs. n.155/2010. Nel corso della valutazione quotidiana i dati delle centraline della rete fissa sono assimilati alle previsioni fornite dalla catena modellistica per il giorno in corso, al fine di ricostruire gli andamenti delle concentrazioni degli inquinanti nelle ore precedenti.

Secondo quanto riportato dal d.lgs. n. 155/2010, il territorio delle regioni italiane deve essere suddiviso in zone omogenee accorpando comuni o frazioni simili per caratteristiche fisiche del territorio, meteorologia, fonti di inquinamento, uso del suolo, carico emissivo e densità di popolazione, al fine di condurre e ottenere una valutazione della qualità dell'aria appropriata e realistica. In attuazione di tale prescrizione, la Regione Lazio ha adottato la procedura di zonizzazione del territorio regionale e successiva classificazione, approvate con Deliberazione della Giunta regionale (d.g.r.) n. 217/2012 e aggiornate in seguito con d.g.r. n. 536/2017, d.g.r. n. 305/2021 e d.g.r. n. 119/2022. Nello specifico, nel corso del 2021 la Regione Lazio con la d.g.r. n. 305 del 28 maggio 2021 ha approvato il riesame della zonizzazione e classificazione del territorio e, con la successiva Delibera n.119 del 15 marzo 2022, ha aggiornato i codici e i nomi delle zone.

Attualmente il territorio regionale è suddiviso in 3 zone per l'ozono e in 4 zone per tutti gli altri inquinanti oggetto della norma.

Tabella 1. Zonizzazione del territorio regionale per tutti gli inquinanti a esclusione dell'ozono

ZONA	Codice	Comuni	Area (km ²)	Popolazione
Appenninica 2021	IT1216	197	7025.5	541.130
Valle del Sacco 2021	IT1217	86	2976.4	627.438
Litoranea 2021	IT1218	69	4957.9	1.196.305
Agglomerato di Roma 2021	IT1219	26	2271.9	3.514.210

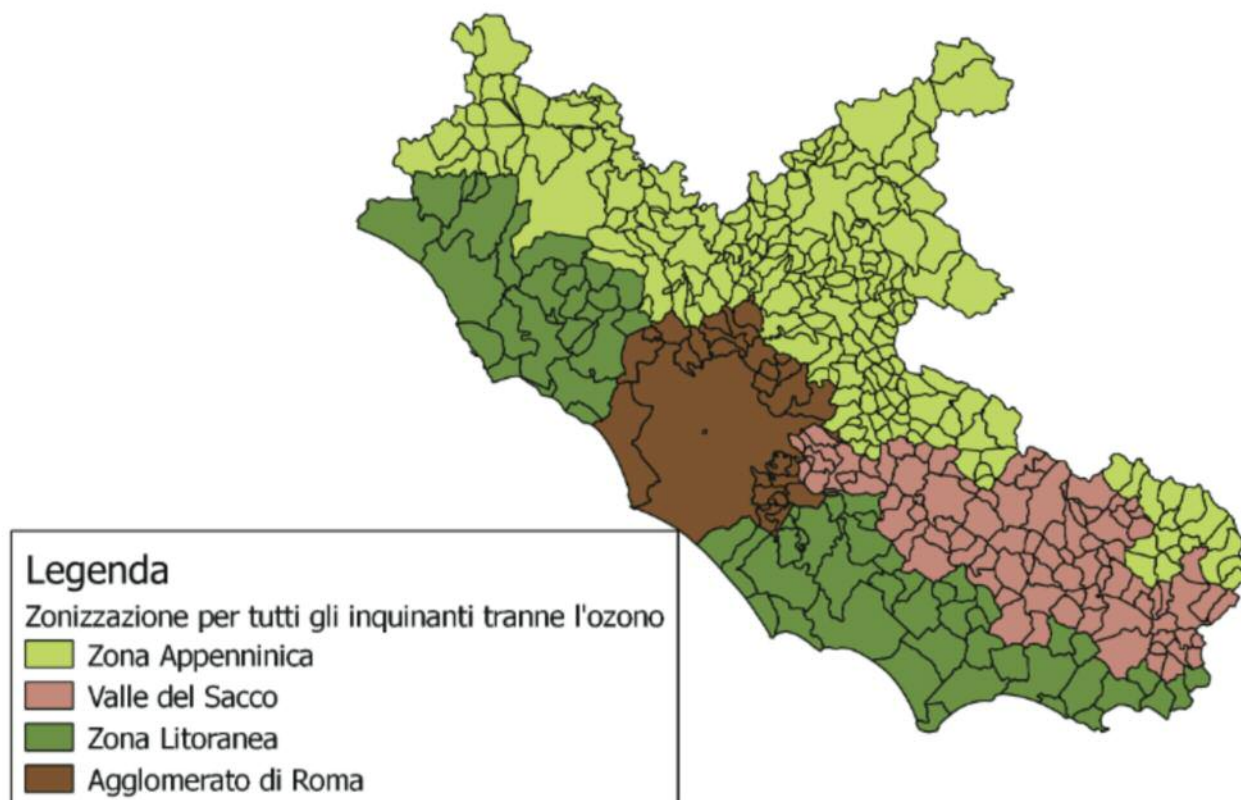


Figura 1. Zone del territorio regionale del Lazio per tutti gli inquinanti a esclusione dell'ozono

Tabella 2. Zonizzazione del territorio regionale per l'ozono.

ZONA	Codice	Comuni	Area (km ²)	Popolazione
Litoranea 2021	IT1218	69	4957.9	1.196.305
Appennino-Valle del Sacco	IT1214	283	10001.9	1.178.568
Agglomerato di Roma 2021	IT1219	26	2271.9	3.514.210

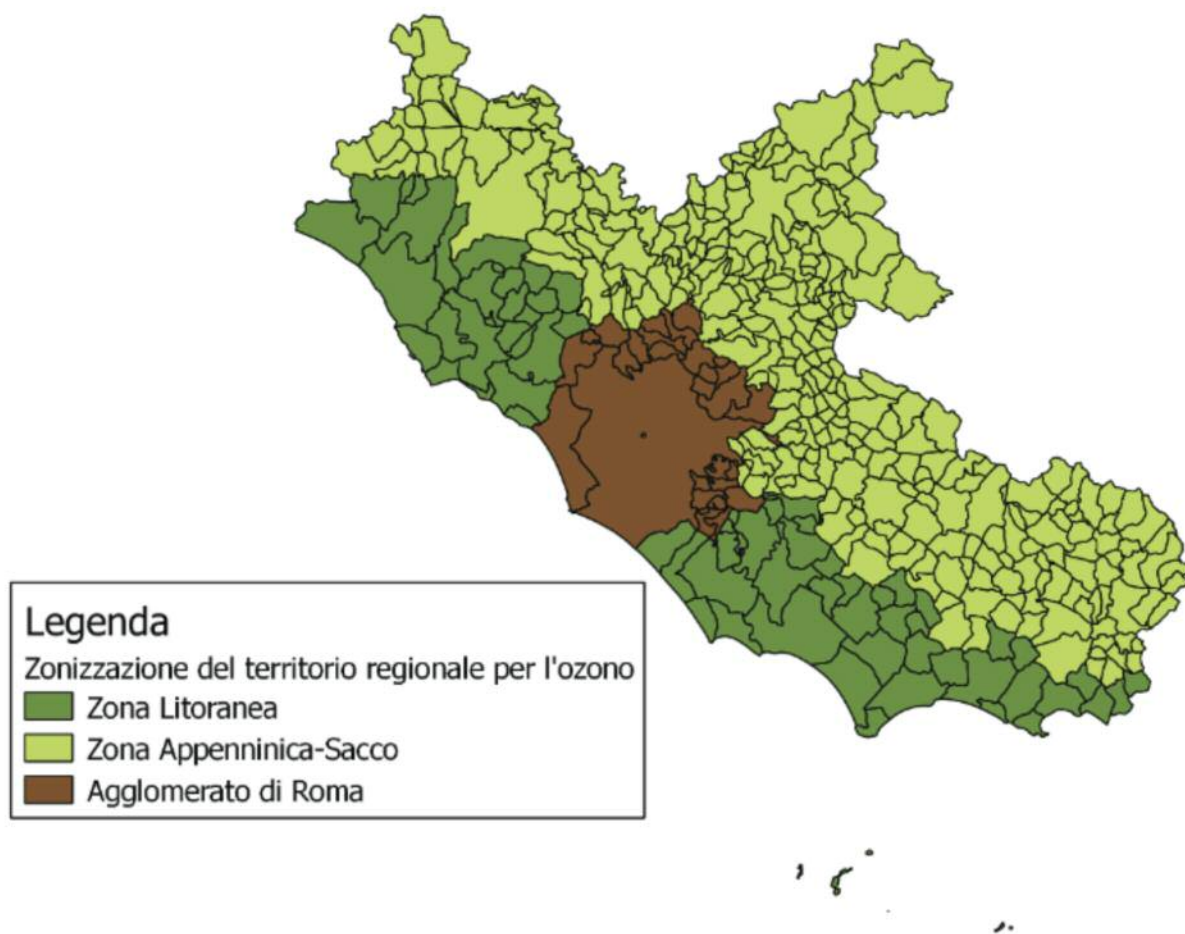


Figura 2. Zone del territorio regionale del Lazio per l'ozono

A seguito della zonizzazione del territorio, zone e agglomerato sono stati classificati allo scopo di individuare le modalità di valutazione della qualità dell'aria in conformità alle disposizioni del d.lgs. n. 155/2010 (d.g.r. n. 305 del 28 maggio 2021 e n. 119 del 15 marzo 2022). In base alla classificazione effettuata, e al numero di abitanti delle zone individuate, il d.lgs. n. 155/2010 fissa il numero minimo di stazioni da prevedere nella rete di misura per ogni inquinante. Alla luce della classificazione, è poi stato redatto il progetto per la riorganizzazione della rete di monitoraggio, approvato dal Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica nel gennaio 2014 e aggiornato con la d.g.r. n. 1124 del 30 novembre 2022.

Nel 2022 la rete di monitoraggio della qualità dell'aria regionale comprende 55 stazioni di monitoraggio di cui 46 incluse nel progetto di rete del Programma di Valutazione della qualità dell'aria regionale approvato con la d.g.r. n. 478 del 2016.

Le stazioni di misura sono dislocate nell'intero territorio regionale come di seguito indicato:

- 5 stazioni in zona Appenninica;
- 10 stazioni in zona Valle del Sacco;
- 18 stazioni nell'Agglomerato di Roma (di cui 2 non incluse nel Programma di valutazione regionale);
- 22 stazioni in zona Litoranea (di cui 7 non incluse nel Programma di Valutazione regionale).

Nel mese di marzo 2022, la stazione di misura Tolfa è stata disattivata e dal 16/03/2022 è stata attivata una nuova postazione di misura denominata Tolfa Braccianese. I dati di quest'ultima centralina verranno riportati nel presente documento a titolo informativo sebbene la copertura temporale dei dati non sia rappresentativa per il calcolo degli standard annuali.

La dislocazione delle stazioni di misura sul territorio regionale è riportata in Figura 3 e, più in dettaglio, le Figure 4 e 5 riportano, rispettivamente, la localizzazione delle centraline fisse di monitoraggio dell'Agglomerato di Roma e della zona Valle del Sacco.

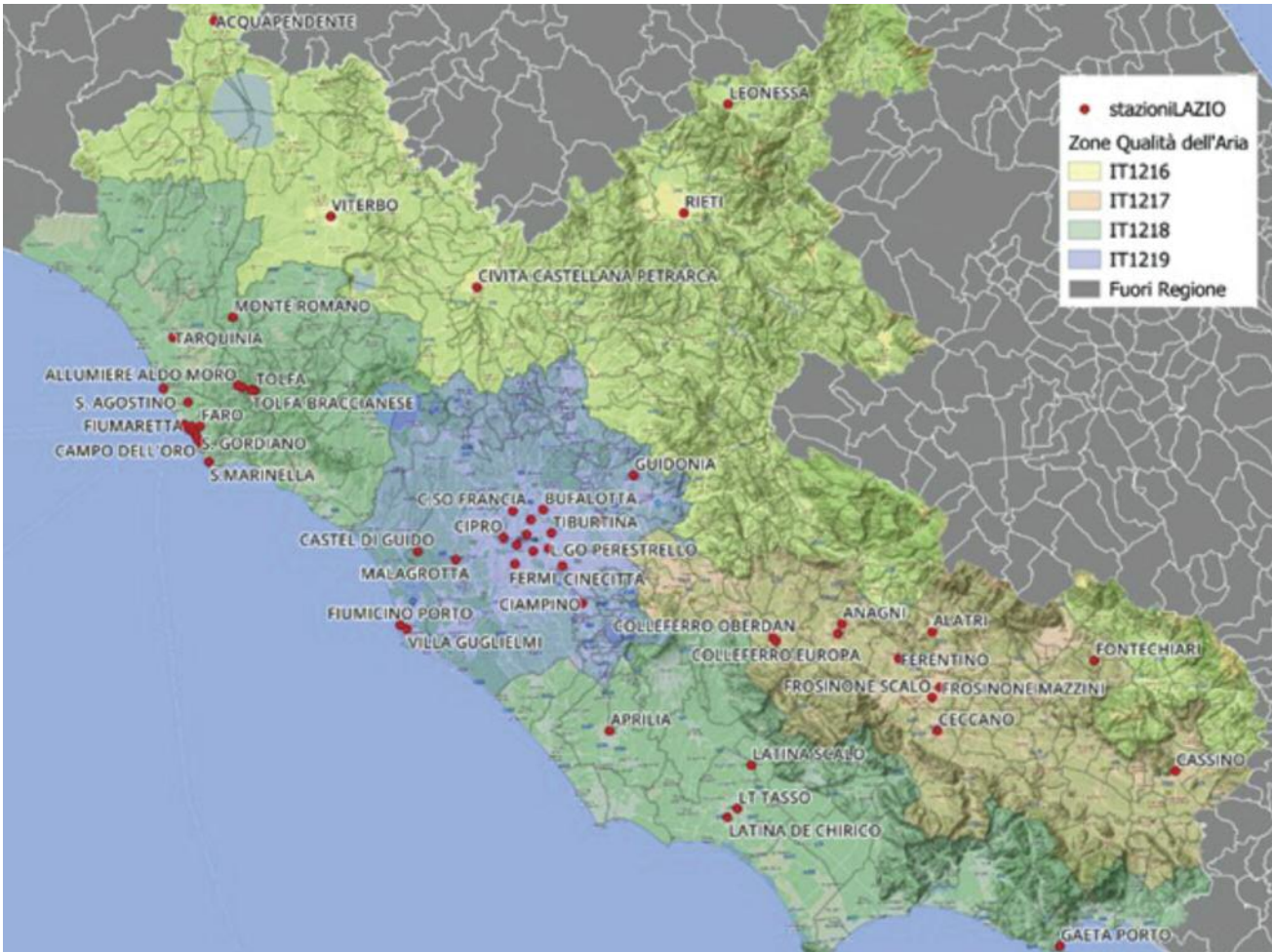
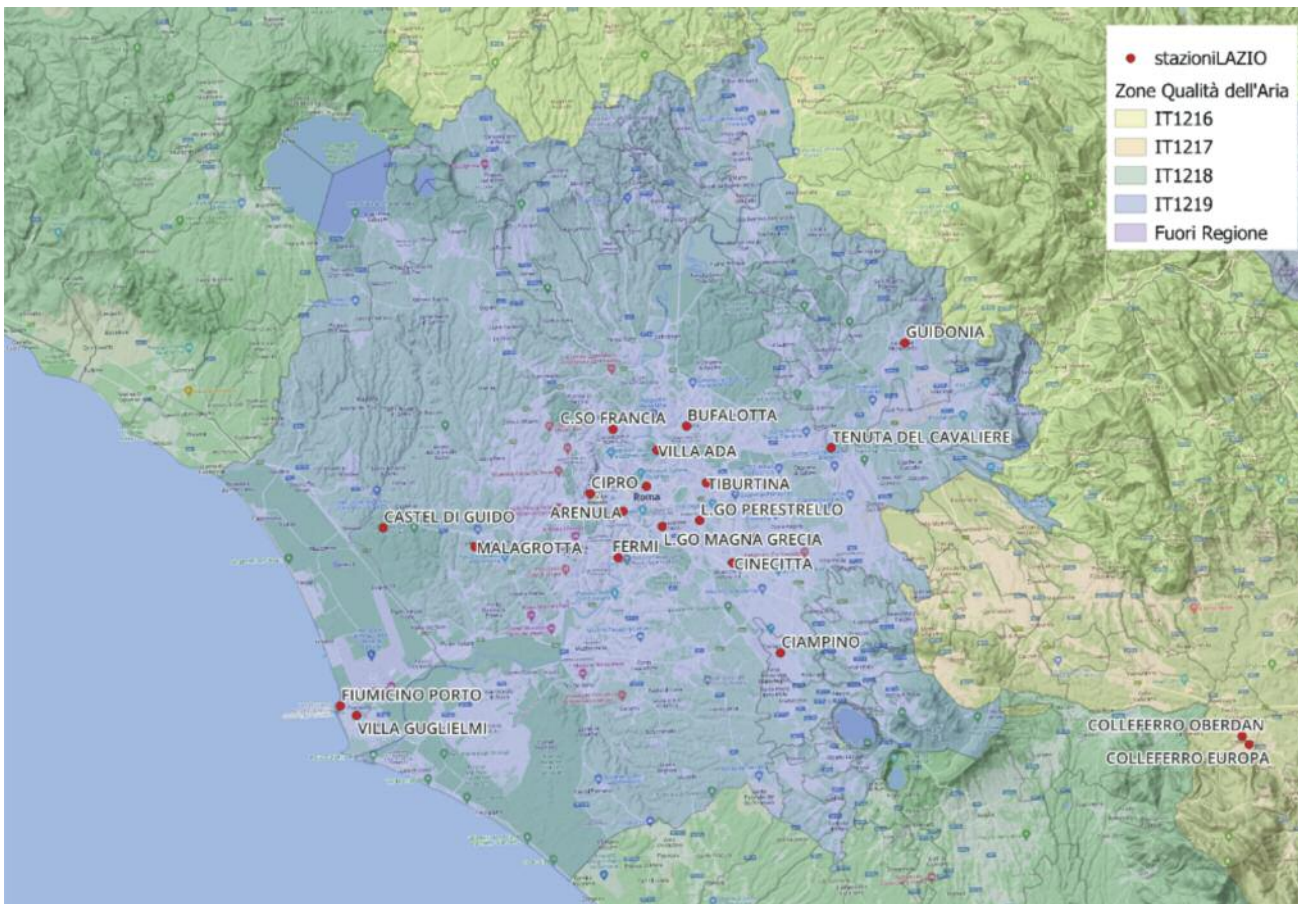


Figura 3. Localizzazione delle stazioni della rete di misura regionale del Lazio nel 2022



4. Stazioni dell'Agglomerato di Roma

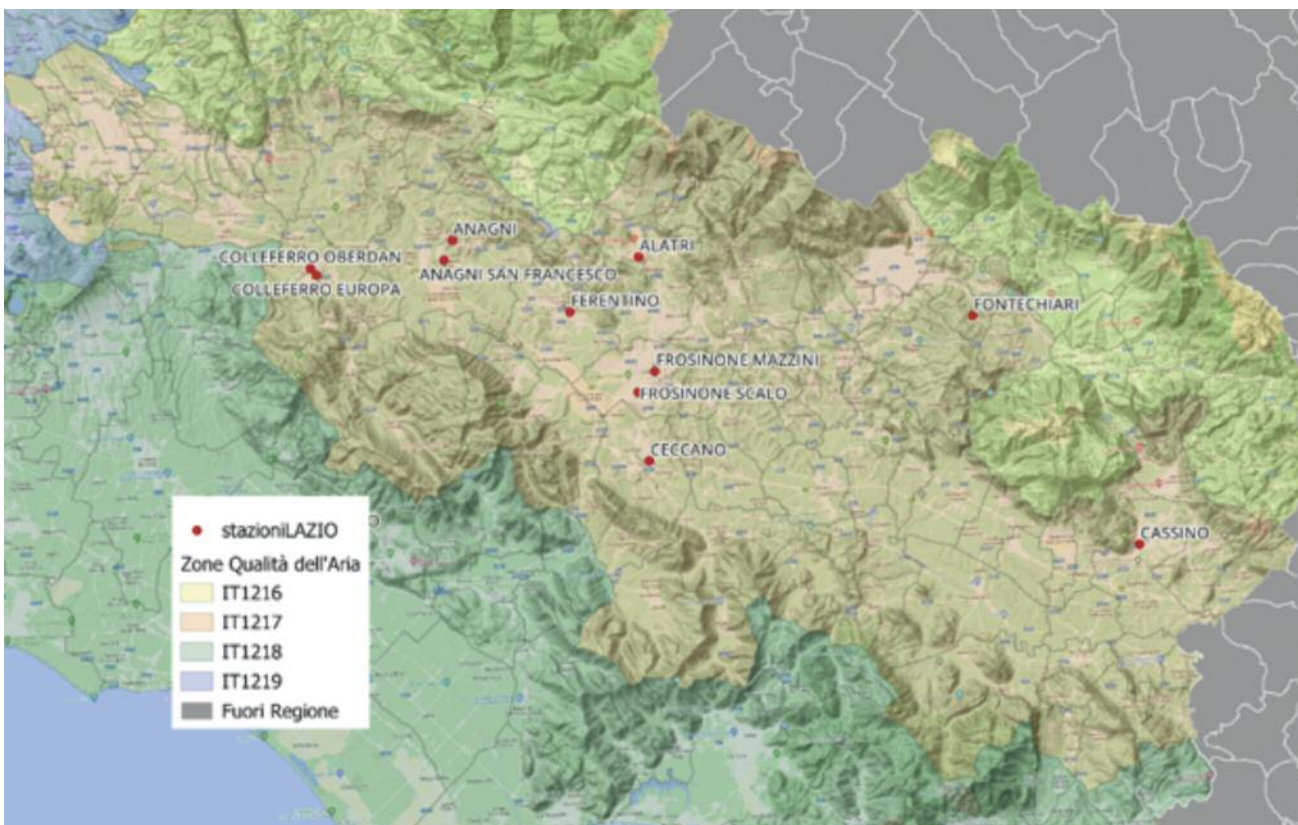


Figura 5. Stazioni della zona Valle del Sacco

Nelle tabelle che seguono è riportata la dotazione strumentale, la classificazione delle centraline fisse di misura e la loro posizione, suddivise nelle zone in cui il territorio regionale è ripartito ai fini della valutazione della qualità dell'aria.

Tabella 3. Coordinate e dotazione strumentale delle stazioni dell'Agglomerato di Roma

Agglomerato di Roma 2021												
Comune	Stazione	Lat.	Long	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x	CO	BTEX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Roma	L.go Arenula	41.89	12.48	X	X	X			X			
Roma	Preneste	41.89	12.54	X		X			X			
Roma	C.so Francia	41.95	12.47	X	X	X		X			X	X
Roma	L.go Magna Grecia	41.88	12.51	X		X						
Roma	Cinecittà	41.86	12.57	X	X	X			X		X	X
Guidonia Montecelio	Guidonia	42.00	12.73	X	X	X				X		
Roma	Villa Ada	41.93	12.51	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Roma	Castel di Guido	41.89	12.27	X	X	X			X			
Roma	Tenuta del Cavaliere	41.93	12.66	X	X	X			X			
Ciampino	Ciampino	41.80	12.61	X		X		X			X	X
Roma	Fermi	41.86	12.47	X		X	X	X				
Roma	Bufalotta	41.95	12.53	X		X			X	X		
Roma	Cipro	41.91	12.45	X	X	X			X			
Roma	Tiburtina	41.91	12.55	X		X						
Roma	Malagrotta	41.87	12.35	X	X	X		X	X	X		
Roma	Boncompagni [^]	41.91	12.50	X	X	X			X			
Fiumicino	Porto [^]	41.77	12.22	X		X						
Fiumicino	Villa Guglielmi	41.77	12.24	X	X	X			X			

([^]) - non inserita nel progetto di rete

Tabella 4. Coordinate e dotazione strumentale delle stazioni della zona Valle del Sacco.

Zona Valle del Sacco 2021												
Comune	Stazione	Lat.	Long.	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x	CO	BTEX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Colleferro	Colleferro Oberdan	41.73	13.00	X		X	X		X	X		
Colleferro	Colleferro Europa	41.73	13.01	X	X [^]	X					X	X
Alatri	Alatri	41.73	13.34	X		X	X					
Anagni	Anagni (^{^^})	41.75	13.15	X		X						
Cassino	Cassino	41.49	13.83	X	X	X				X		
Ceccano	Ceccano	41.57	13.34	X		X						
Ferentino	Ferentino	41.69	13.25	X	X [^]	X	X					
Fontechiari	Fontechiari	41.67	13.67	X	X	X			X		X	X
Frosinone	FR Mazzini	41.64	13.35	X	X	X	X		X	X		
Frosinone	Frosinone Scalo	41.62	13.33	X		X	X	X			X	X

([^]) - non inserita nel progetto di rete; (^{^^}) dal 1.01.23 la stazione Anagni è stata spenta ed è attiva Anagni S. Francesco

Tabella 5. Coordinate e dotazione strumentale delle stazioni della zona Appenninica

Zona Appenninica 2021												
Comune	Stazione	Lat.	Long.	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	CO	BTEX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Leonessa	Leonessa	42.57	12.96	X	X	X			X			
Rieti	Rieti	42.40	12.86	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Acquapendente	Acquapendente	42.74	11.88	X	X	X			X			
Civita	Civita Castellana Petrarca	42.30	12.41	X		X				X		
Castellana												
Viterbo	Viterbo	42.42	12.11	X	X	X	X	X	X	X		

Tabella 6. Coordinate e dotazione strumentale delle stazioni della zona Litoranea

Zona Litoranea 2021												
Comune	Stazione	Lat.	Long.	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	CO	BTEX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Aprilia	Aprilia	41.60	12.65	X		X						
Latina	Latina Scalo	41.53	12.95	X	X	X						
Latina	LT de Chirico	41.27	12.53	X		X	X	X				
Latina	LT Tasso	41.46	12.91	X		X			X			
Gaeta	Gaeta Porto	41.22	13.57	X		X			X	X [^]		
Allumiere	Allumiere	42.16	11.91	X		X			X	X		
Civitavecchia	Civitavecchia	42.09	11.80	X		X	X		X	X	X	X
Civitavecchia	Villa Albani	42.10	11.80	X		X			X			
Civitavecchia	Via Roma	42.09	11.80			X	X [^]					
Civitavecchia	Via Morandi [^]	42.10	11.79			X			X			
Civitavecchia	Porto [^]	42.09	11.81	X		X				X		
Civitavecchia	Aurelia [^]	42.14	11.79	X		X						
Civitavecchia	Fiumaretta	42.10	11.78	X	X [^]	X	X [^]	X		X	X [^]	X [^]
Civitavecchia	Faro	42.10	11.82	X	X	X				X		
Civitavecchia	Campo dell'Oro	42.08	11.81	X [^]	X [^]	X				X		
Civitavecchia	S. Gordiano [^]	42.07	11.82	X		X						
Allumiere	Allumiere Moro [^]	42.16	11.90	X	X	X			X	X		
Tolfa	Tolfa [^]	42.15	11.94	X		X						
Tolfa	Tolfa Braccianese [^]	42.15	11.92	X		X						
Tarquinia	S. Agostino	42.16	11.74	X	X	X			X			
Tarquinia	Tarquinia	42.24	11.77	X		X				X		
Monte Romano	Monte Romano	42.27	11.91	X [^]		X						
Santa Marinella	Santa Marinella [^]	42.04	1.83			X			X			

([^]) - non inserita nel progetto di rete

Nel presente documento si riporta l'analisi degli standard di legge relativi a CO, SO₂, C₆H₆, benzo(a)pirene, As, Cd, Ni, Pb, PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e O₃, per il periodo 2013-2022.

Per ogni inquinante è fornita una breve descrizione, l'inquadramento delle sorgenti responsabili della diffusione in atmosfera e delle eventuali politiche intraprese per limitarne l'emissione e la dispersione, la definizione degli standard legislativi, dei valori limite e/o valori obiettivo. A partire dai dati monitorati, sono presentati e commentati i valori annuali calcolati sulla base degli standard normativi per ogni centralina.

2. MONOSSIDO DI CARBONIO E BIOSSIDO DI ZOLFO

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore prodotto principalmente dalla combustione incompleta di materiale organico e combustibili fossili. Le sorgenti di emissione di CO includono il traffico veicolare, il riscaldamento domestico a biomassa e i processi industriali. L'emissione di CO è di particolare preoccupazione a causa degli effetti avversi che determina sulla salute umana poiché interferisce con il trasporto di ossigeno nel sangue.

Il biossido di zolfo (SO₂) è prodotto principalmente dalla combustione di carbone e petrolio ed è un gas che può causare problemi respiratori e contribuire alla formazione di piogge acide, in grado di danneggiare l'ambiente, gli ecosistemi circostanti e il patrimonio culturale.

Nel corso degli ultimi anni, le politiche intraprese per la limitazione delle emissioni di CO e per la riduzione dello zolfo nei combustibili hanno comportato una significativa diminuzione delle concentrazioni in atmosfera dei due composti oggetto del paragrafo, tale da non determinare criticità significative per la salute umana.

Per CO e SO₂ il d.lgs. n.155/2010 impone dei valori limite sulle concentrazioni di breve periodo, come riassunto in Tabella 7.

Tabella 7. Standard di legge e valori limite di SO₂ e CO

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore stabilito	Numero superamenti consentiti
SO ₂	1 ora	350 µg/m ³	24
	24 ore	125 µg/m ³	3
CO	Massima media su 8h consecutive	10 mg/m ³	-

Nel periodo 2013-2022, sia per il CO che per l'SO₂, non sono stati mai raggiunti né superati i valori limite in nessuna delle centraline della rete fissa di monitoraggio della Regione Lazio.



3. BENZENE

Il benzene (C_6H_6) è un idrocarburo aromatico strutturato ad anello esagonale, costituito da 6 atomi di carbonio e 6 atomi di idrogeno. È un inquinante primario, cioè emesso tal quale in atmosfera, e l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) lo ha inserito nel gruppo 1 (sostanze per le quali vi è una sufficiente evidenza di cancerogenicità per l'uomo). Le principali sorgenti di emissione di benzene includono l'industria chimica, l'industria petrolifera e il traffico veicolare

Il valore limite della concentrazione media annua del benzene imposto dal d.lgs. n.155/2010 è di $5 \mu g/m^3$.

Durante il periodo 2013-2022 in nessuna delle centraline fisse di monitoraggio è stata rilevata una concentrazione media annua superiore al valore limite imposto dalla norma (Tabella 8).

Tabella 8. Concentrazione media annua di C_6H_6 dal 2013 al 2022 ($\mu g/m^3$)

	Centraline	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato di Roma 2021	Villa Ada	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	1	0.9	0.7	0.6	0.5
	Ciampino	1.4	1.4	1.5	1.5	1.7	1.1	1.3	1.2	1.1	1
	Fermi	2.4	2.3	2.4	2.3	2.1	1.9	1.6	1	1.2	1.7
	Corso Francia	2.2	2.4	2.7	2.6	2.3	2.1	1.6	1.3	1.3	1.4
	Malagrotta	0.8	0.6	0.9	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.6	0.7
Zona Valle del Sacco 2021	Frosinone Scalo	3	2.7	2.6	2.5	2.3	2.2	2.2	2.6	2	2
Zona Appenninica 2021	Rieti	1.2	1.1	1.3	1.1	1	1	0.9	1.1	0.9	0.3
	Viterbo	1.4	1.3	1.4	1.3	1.1	1	1	0.9	0.9	1
Zona Litoranea 2021	LT De Chirico	--	0.9	1.1	1	0.2	0.4	1	1	0.8	1.2
	Fiumaretta	--	--	--	--	--	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4

Il grafico in Figura 6 rivela che la concentrazione media annua del benzene è notevolmente diminuita nel tempo e, negli ultimi anni dell'arco temporale considerato, è relativamente stabile. Questo è attribuibile alle azioni imposte dalla normativa di settore che hanno comportato una significativa riduzione delle emissioni provenienti da veicoli a combustione alimentati a benzina, al rinnovo del parco veicolare e al miglioramento della composizione dei combustibili impiegati.

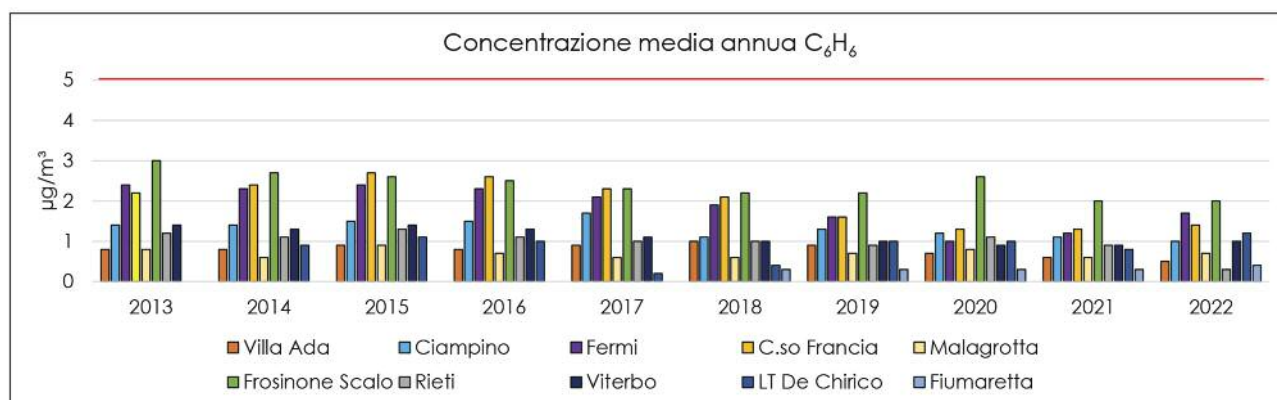


Figura 6. Andamento della concentrazione media annua di C_6H_6 dal 2013 al 2022. La linea rossa indica il valore limite imposto dalla norma ($5 \mu g/m^3$)



4. IPA E METALLI

In questo paragrafo sono analizzate alcune delle sostanze che costituiscono il PM la cui concentrazione, in accordo con quanto contenuto nella normativa di riferimento, viene determinata quantitativamente su filtri di PM campionati in centraline fisse di monitoraggio rappresentative della rete di misura. Le analisi sono condotte sulla base di quanto definito dal Programma di valutazione della qualità dell'aria e dei suoi aggiornamenti nel corso degli anni e alla luce di specifici approfondimenti che l'Agenzia ha deciso di effettuare. Per questo, le serie di alcune stazioni non risultano complete nel periodo esaminato.

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono composti organici con due o più anelli aromatici uniti tra loro, formati da carbonio e idrogeno. Tutti gli IPA hanno una nota rilevanza tossicologica e gran parte di essi è cancerogena. Infatti, lo IARC ha classificato il benzo(a)pirene (BaP), che è l'indicatore che rappresenta l'intera classe degli IPA, come cancerogeno per l'uomo (categoria 1). Il d.lgs. n. 155/2010 impone un valore obiettivo per il benzo(a)pirene riferito al tenore totale dell'inquinante presente nella frazione di PM₁₀, e calcolato come media su un anno civile pari a 1 ng/m³ (Tabella 9).

I metalli sono presenti in traccia nel PM e la norma impone la determinazione della loro concentrazione elementare su campioni di PM₁₀. Il d.lgs. n. 155/2010 prevede un valore limite per il piombo (Pb) e un valore obiettivo per arsenico (As), cadmio (Cd) e nichel (Ni), calcolati come media su un anno civile. Rispettivamente per As, Cd e Ni la norma stabilisce i valori obiettivo di 6 µg/m³, di 5 µg/m³ e di 20 µg/m³; il valore limite del Pb è di 0.5 µg/m³.

Tabella 9. Concentrazione media annua di benzo(a)pirene determinata in campioni di PM₁₀ dal 2013 al 2022 (ng/m³). In grassetto sono evidenziati i superamenti del valore obiettivo di concentrazione media annua di benzo(a)pirene imposto dalla norma (1 ng/m³). Il simbolo del trattino (-) è utilizzato per segnalare i dati mancanti e indica che non sono state condotte analisi in quel sito durante uno specifico anno

		2013	N. campioni	2014	N. campioni	2015	N. campioni	2016	N. campioni	2017	N. campioni	2018	N. campioni	2019	N. campioni	2020	N. campioni	2021	N. campioni	2022	N. campioni
Centraline	Cinecittà	0.4	71	0.6	60	0.7	60	0.7	60	0.5	60	0.4	60	0.5	62	1.4	60	0.6	60	0.6	60
	Corso Francia	0.5	71	0.8	60	0.7	65	0.9	61	0.3	60	0.4	145	0.5	133	1.0	132	0.4	132	0.4	132
	Villa Ada	0.4	107	0.4	97	0.5	86	0.6	89	0.5	69	0.3	122	0.5	123	0.9	150	0.4	139	0.4	150
	Ciampino	0.6	80	0.9	50	0.9	50	1.2	43	0.7	69	0.6	128	0.9	130	1.5	120	0.8	139	1.0	127
	Guidonia	0.5	47	0.6	40	0.7	44	0.7	67	0.7	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Colleferro Europa	0.8	73	0.9	71	1.2	73	1.0	84	1.1	83	0.8	132	1.0	113	1.8	150	1.4	134	1.2	135
	Frosinone scalo	2.3	158	2.2	170	3.1	168	1.9	175	1.9	169	2.2	144	2.9	151	5.2	144	3.0	131	2.4	137
	Fontechiari	0.6	147	0.6	165	0.6	159	0.4	168	0.4	169	0.4	83	0.4	78	0.7	68	0.5	62	0.5	61
	Civitavecchia	0.2	66	0.2	58	0.2	60	0.3	59	0.2	61	0.2	58	0.2	55	0.3	59	0.2	60	0.2	60
	Fiumaretta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	82	0.1	52	0.1	58	0.1	57	-	59
	Rieti	-	-	0.3	26	0.2	21	0.1	68	0.5	57	0.5	61	0.7	64	2.0	67	1.1	70	1.0	74
	Leonessa	-	-	0.1	31	0.3	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

In tutti gli anni considerati è stato registrato il superamento del valore obiettivo del B(a)P dalle stazioni della zona Valle del Sacco: dalla centralina Frosinone scalo in ogni anno del periodo di riferimento e da Colleferro Europa nel 2015, 2017, 2020, 2021 e 2022. I valori registrati a Ciampino nel 2016 e nel 2020 risultano superiori al valore obiettivo; tuttavia, il numero di campioni analizzati nel 2016 non è sufficiente per una valutazione rappresentativa. Nell'Agglomerato di Roma il superamento del valore oggetto di discussione si è verificato anche nel 2020, presso la centralina Cinecittà; in zona Appenninica la stazione di Rieti ha rilevato il superamento del valore obiettivo del B(a)p nel 2020 e nel 2021.

In generale, i superamenti riscontrati nell'Agglomerato di Roma sono attribuibili alle emissioni da traffico, quelli nelle zone Valle del Sacco e Appenninica alla combustione di biomassa per l'alimentazione degli impianti di riscaldamento non industriali.

Consultando le tabelle che seguono si nota che la concentrazione media annua di Cd, As e Ni non supera mai i valori obiettivo fissati dalla normativa e che la concentrazione annua di Pb è decisamente inferiore al valore limite fissato a 0.5 µg/m³.

Tabella 10. Concentrazione media annua di As (ng/m³) determinata in campioni di PM₁₀ dal 2013 al 2022. Il simbolo del trattino (-) è utilizzato per segnalare i dati mancanti e indica che non sono state condotte analisi in quel sito durante uno specifico anno

	2013	N. campioni	2014	N. campioni	2015	N. campioni	2016	N. campioni	2017	N. campioni	2018	N. campioni	2019	N. campioni	2020	N. campioni	2021	N. campioni	2022	N. campioni	
Centraline	Cinecittà	0,32	59	0,31	58	0,41	59	0,39	60	0,44	59	0,5	55	0,3	61	0,3	60	0,4	60	0,3	60
	Francia	0,37	60	0,32	64	0,46	60	0,43	60	0,43	60	0,6	67	0,3	64	0,4	60	0,5	60	0,37	60
	Villa Ada	0,29	92	0,26	90	0,33	75	0,42	90	0,47	76	0,5	61	0,4	61	0,4	72	0,5	63	0,39	72
	Ciampino	0,29	60	0,32	55	0,33	30	0,77	44	0,44	55	1	57	0,4	57	0,4	58	0,4	62	0,34	56
	Guidonia	-	-	-	-	0,31	26	0,49	47	0,37	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Colleferro Europa	0,26	60	0,36	60	0,39	58	0,37	59	0,38	60	0,4		0,5	71	0,3	67	0,4	62	0,34	65
	Frosinone scalo	0,95	154	0,82	160	0,76	172	1,2	168	0,5	161	0,8	92	0,4	73	0,4	64	0,5	59	0,82	66
	Fontechiari	0,70	137	0,52	156	0,47	168	0,41	170	0,5	171	0,3	75	0,3	68	0,3	64	0,4	60	0,22	60
	Civitavecchia	0,37	52	0,31	53	0,41	60	0,55	53	0,6	56	0,4	59	0,3	60	0,3	57	0,3	64	0,48	65
	Fiumaretta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	60	0,4	78	0,3	59	0,4	63	0,47	54
	Rieti	-	-	0,81	7	1,2	21	1,8	57	0,6	60	0,3	56	0,3	59	0,5	67	0,4	70	0,63	74
	Leonessa	-	-	0,81	21	1,9	69	<0,8	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 11. Concentrazione media annua di Cd (ng/m³) determinata in campioni di PM₁₀ dal 2013 al 2022. Il simbolo del trattino (-) è utilizzato per segnalare i dati mancanti e indica che non sono state condotte analisi in quel sito durante uno specifico anno

		2013	N. campioni	2014	N. campioni	2015	N. campioni	2016	N. campioni	2017	N. campioni	2018	N. campioni	2019	N. campioni	2020	N. campioni	2021	N. campioni	2022	N. campioni
Centraline	Cinecittà	0,17	59	0,15	58	0,23	59	0,26	60	0,24	59	0,2	55	0,2	61	0,2	60	0,2	60	0,22	60
	Francia	0,14	60	0,13	64	0,17	60	0,16	60	0,15	60	0,4	67	0,2	64	0,2	60	0,2	60	0,21	60
	Villa Ada	0,23	92	0,15	90	0,19	75	0,21	90	0,27	76	0,3	61	0,3	61	0,3	72	0,2	63	0,23	72
	Ciampino	0,17	60	0,14	55	0,17	30	0,23	44	0,21	55	0,2	57	0,3	57	0,2	58	0,3	62	0,23	56
	Guidonia	-	-	-	-	0,13	26	0,17	47	0,16	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Colleferro Europa	0,18	60	0,19	60	0,23	58	0,22	59	0,2	60	0,2	60	0,2	71	0,2	67	0,2	62	0,31	65
	Frosinone scalo	0,26	154	0,25	160	0,25	172	0,42	168	0,33	161	0,4	92	0,2	73	0,3	64	0,3	59	0,39	66
	Fontechiari	0,19	137	0,09	156	0,12	168	0,1	170	0,21	171	0,2	75	0,2	68	0,2	64	0,2	60	0,2	60
	Civitavecchia	0,1	52	0,11	53	0,12	60	0,11	53	0,12	56	0,2	59	0,2	60	0,2	57	0,2	64	0,39	65
	Fiumaretta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	60	0,2	78	0,2	59	0,2	63	0,41	54
	Rieti	-	-	0,16	7	0,21	21	0,19	57	0,23	60	0,2	56	0,2	59	0,3	67	0,2	70	0,26	74
	Leonessa	-	-	0,18	21	0,33	69	<0,16	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 12. Concentrazione media annua di Ni (ng/m³) determinata in campioni di PM₁₀ dal 2013 al 2022. Il simbolo del trattino (-) è utilizzato per segnalare i dati mancanti e indica che non sono state condotte analisi in quel sito durante uno specifico anno

		2013	N. campioni	2014	N. campioni	2015	N. campioni	2016	N. campioni	2017	N. campioni	2018	N. campioni	2019	N. campioni	2020	N. campioni	2021	N. campioni	2022	N. campioni
Centraline	Cinecittà	2,6	59	2,2	58	2,5	59	3,4	60	2,3	59	2,2	55	1,9	61	1,5	60	3,1	60	2,2	60
	Francia	3,4	60	3,1	64	3	60	2,9	60	3	60	2,5	67	1,8	64	1,8	60	2,2	60	2,9	60
	Villa Ada	2,1	92	2,1	90	2,3	75	2,2	90	2	76	2	61	1,8	61	1,5	72	1,8	63	2,6	72
	Ciampino	2	60	2,2	55	2,3	30	3,1	44	2,7	55	2	57	1,7	57	1,5	58	2	62	3,2	56
	Guidonia	-	-	-	-	2,2	26	2,5	47	2,3	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Colleferro Europa	1,3	60	2,4	60	1,7	58	2,2	59	1,5	60	2,2	60	2,6	71	0,2	67	2	62	2,3	65
	Frosinone scalo	2,3	154	1,8	160	2,7	172	2,9	168	2,5	161	2	92	2	73	1,2	64	2,1	59	3,2	66
	Fontechiari	0,88	137	1	156	1	168	2,1	170	2,4	171	1,5	75	1,5	68	2,2	64	1,7	60	2,5	60
	Civitavecchia	2	52	2,2	53	2,3	60	2,9	53	3,1	56	2,6	59	1,7	60	1,7	57	2,8	64	5,4	65
	Fiumaretta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,3	60	1,9	78	1,5	59	3,5	63	5,04	54
	Rieti	-	-	1,8	7	3,9	21	4,9	57	2,8	60	2	56	1,2	59	2,6	67	1,7	70	9,1	74
	Leonessa	-	-	1,5	21	3,9	69	2,6	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 13. Concentrazione media annua di Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) determinata in campioni di PM_{10} dal 2013 al 2022. Il simbolo del trattino (-) è utilizzato per segnalare i dati mancanti e indica che non sono state condotte analisi in quel sito durante uno specifico anno

	2013	N. campioni	2014	N. campioni	2015	N. campioni	2016	N. campioni	2017	N. campioni	2018	N. campioni	2019	N. campioni	2020	N. campioni	2021	N. campioni	2022	N. campioni	
Centraline	Cinecittà	0,01	59	0,007	58	0,009	59	0,009	60	0,007	59	0,005	55	0,003	61	0,004	60	0,004	60	0,005	60
	Francia	0,008	60	0,007	64	0,007	60	0,007	60	0,01	60	0,009	67	0,004	64	0,004	60	0,004	60	0,005	60
	Villa Ada	0,01	92	0,008	90	0,008	75	0,015	90	0,009	76	0,01	61	0,005	61	0,004	72	0,005	63	0,004	72
	Ciampino	0,009	60	0,01	55	0,007	30	0,008	44	0,008	55	0,004	57	0,005	57	0,004	58	0,003	62	0,004	56
	Guidonia	-	-	-	-	0,005	26	0,005	47	0,005	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Colleferro Europa	0,006	60	0,007	60	0,008	58	0,005	59	0,006	60	0,005	60	0,004	71	0,003	67	0,003	62	0,004	65
	Frosinone scalo	0,006	154	0,006	160	0,006	172	0,008	168	0,006	161	0,006	92	0,005	73	0,004	64	0,004	59	0,005	66
	Fontechiari	0,003	137	0,002	156	0,002	168	0,003	170	0,004	171	0,002	75	0,002	68	0,002	64	0,002	60	0,002	60
	Civitavecchia	0,004	52	0,004	53	0,005	60	0,004	53	0,005	56	0,004	59	0,002	60	0,003	57	0,003	64	0,004	65
	Fiumaretta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,004	60	0,004	78	0,002	59	0,002	63	0,004	54
	Rieti	-	-	0,004	7	-	-	0,003	57	0,004	60	0,003	56	0,002	59	0,003	67	0,003	70	0,003	74
	Leonessa	-	-	0,004	21	-	-	0,003	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

5. PARTICOLATO ATMOSFERICO (PM)

Il particolato atmosferico (PM) è una miscela complessa di particelle aerodisperse solide e liquide aventi un diametro compreso tra $0.01 \mu\text{m}$ e $100 \mu\text{m}$. Il PM presenta un'elevata eterogeneità in termini di dimensioni, forma e caratteristiche chimico-fisiche delle particelle che lo compongono [1-2].

Il PM può essere classificato considerando diversi criteri, primo fra tutti il tipo di sorgente emissiva che l'ha originato. Generalmente, le sorgenti di emissione possono essere suddivise in due gruppi:

- **sorgenti naturali:** spray marino, eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, fenomeni di erosione e disintegrazione di rocce, sorgenti biogeniche che producono polline, residui vegetali, spore;
- **sorgenti antropiche:** motori a combustione, riscaldamento domestico, abrasione meccanica di freni e pneumatici, lavori di costruzione, attività industriali e agricole, inceneritori e centrali elettriche.

Le particelle sospese in atmosfera possono essere classificate anche a seconda del loro meccanismo di formazione e, in base a tale criterio, il PM può essere definito:

- **primario:** rilasciato direttamente nell'atmosfera da fonti di emissione naturali e/o antropogeniche;
- **secondario:** formato in atmosfera a seguito di reazioni chimiche che coinvolgono precursori gassosi, come il biossido di zolfo (SO_2), gli ossidi di azoto (NO_x) e l'ammoniaca (NH_3).

In ultimo, le particelle atmosferiche possono essere classificate facendo riferimento al loro diametro aerodinamico (a.d.), cioè alla dimensione di una sfera di densità unitaria (1 g/cm^3) con le stesse caratteristiche aerodinamiche (stessa velocità di sedimentazione in aria) di una particella data [3-4]. Relativamente alle caratteristiche dimensionali, il PM può essere suddiviso considerando tre criteri:

- **classificazione dimensionale:** basata sull'efficienza delle teste di campionamento di selezionare e raccogliere le particelle all'interno di un certo *range* dimensionale;
- **classificazione dosimetrica:** basata sulla capacità delle particelle di entrare e penetrare nelle vie respiratorie;
- **classificazione modale:** basata sui meccanismi di formazione delle particelle e di conseguenza sul loro numero, superficie e distribuzione della massa [5].

Secondo quest'ultimo criterio di classificazione, le particelle con a.d. tra 2.5 e $10 \mu\text{m}$ sono definite particelle grossolane (*coarse*), quelle con a.d. inferiore a $2.5 \mu\text{m}$ costituiscono la frazione fine (*fine*) e, infine, le particelle con a.d. inferiore a $0.1 \mu\text{m}$ sono definite ultrafini (*ultrafine*).

La correlazione tra l'esposizione al PM e l'insorgenza di patologie cardiovascolari e respiratorie, così come l'aumento dell'incidenza del tumore ai polmoni a seguito di esposizione cronica, è ormai nota. Infatti, il PM outdoor è stato inserito dallo IARC tra i cancerogeni di gruppo 1 (agenti sicuramente cancerogeni per l'uomo") e con il d.lgs. n.155/2010 sono stati introdotti i limiti per il PM_{10} e il $\text{PM}_{2.5}$. Tuttavia, nonostante in Europa non siano ancora previsti valori limite di concentrazione per le frazioni ancora più fini e ultrafini, è crescente l'attenzione della comunità scientifica verso la necessità di mitigare, prevenire e ridurre le conseguenze dannose per la salute umana e l'ambiente nel suo complesso.

Infatti, l'esposizione a lungo termine a particelle fini e ultrafini può determinare anche difetti cardiaci congeniti [6-7], arteriosclerosi e cardiopatia ischemica [8]; rischio di parto pretermine e complicazioni alla nascita [9-10], cancro ai polmoni, effetti negativi sullo sviluppo e sulle capacità cognitive che portano al morbo di Alzheimer e alla demenza [11]. L'esposizione al PM può essere collegata anche all'obesità e all'insorgenza del diabete di tipo 2 negli adulti [11-12].

5.1 PM₁₀

Il d.lgs. n.155/2010 definisce il PM₁₀ "il materiale particolato che penetra attraverso un ingresso dimensionale selettivo conforme al metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM₁₀ (norma UNI EN 12341), con un'efficienza di penetrazione del 50 per cento per materiale particolato di un diametro aerodinamico di 10 µm". Questa definizione introduce una suddivisione prettamente fisica delle particelle, legata alla capacità di penetrazione nel sistema respiratorio umano che implica una diversificazione del rischio sanitario. Nella fattispecie, il PM₁₀ rappresenta la frazione inalabile del particolato: le particelle con queste caratteristiche fisiche entrano nell'organismo, da bocca e naso e si fermano a livello della laringe.

Per il PM₁₀ la normativa prevede due indicatori: la media annua per l'esposizione a lungo termine della popolazione e il numero di superamenti del valore limite di concentrazione media giornaliera dei 50 µg/m³ per l'esposizione a breve termine (Tabella 14).

Tabella 14. Standard di legge e valori limite del PM₁₀

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite	Numero superamenti consentiti
PM ₁₀	1 anno	40 µg/m ³	-
	24 ore	50 µg/m ³	35

5.1.1 Concentrazione media annua di PM₁₀

La concentrazione media annua di PM₁₀, come emerge dai dati riportati nella Tabella 14, e in maniera ancora più evidente nei grafici a seguire (Figura 7), mostra un trend in miglioramento da diversi anni in tutta la regione Lazio.

Nel periodo 2013-2022, le concentrazioni medie annuali di PM₁₀ registrate dalle centraline di monitoraggio dell'Agglomerato di Roma (Figura 7, pannello A), della zona Appenninica (Figura 7, pannello C) e della zona Litoranea (Figura 7, pannello D) sono rimaste sempre al di sotto del limite normativo (40 µg/m³).

La concentrazione media annuale di PM₁₀ supera il valore limite solamente nella zona della Valle del Sacco (Figura 7, pannello B), precisamente nelle stazioni di misura di Ceccano, fino al 2016, e Frosinone scalo fino al 2018.

Tabella 14. Concentrazione media annua di PM₁₀ dal 2013 al 2022 (µg/m³). In grassetto sono evidenziati i superamenti del valore limite di concentrazione media annua di PM₁₀ imposto dalla norma (40 µg/m³). Il simbolo del trattino (-) è utilizzato per segnalare i dati mancanti e indica che non sono state condotte analisi in quel sito durante uno specifico anno

	Centraline	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato di Roma	Arenula	28	28	29	26	24	25	24	26	22	24
	Bufalotta	24	27	29	28	27	25	26	27	26	26
IT1219	Tenuta del Cavaliere	26	24	27	25	23	22	22	23	22	23
	Ciampino	29	28	32	29	28	27	26	27	26	28
	Cinecittà	31	30	35	30	28	28	26	27	25	27
	Cipro	26	28	28	26	23	24	24	23	23	24
	Fermi	33	31	31	29	29	30	30	28	28	29
	Fiumicino Guglielmi	-	-	-	-	-	21	21	21	22	21
	Fiumicino Porto	-	-	-	18	22	20	18	19	18	20
	Corso Francia	33	31	32	29	27	26	25	24	24	24
	Castel di Guido	21	21	22	20	19	19	18	20	20	23
	Guidonia	25	26	28	24	23	22	21	23	23	24
	Magna Grecia	29	29	31	30	28	27	27	28	21	20
	Malagrotta	26	24	24	23	22	22	22	25	24	23
	Preneste	31	31	33	30	31	29	29	27	25	25
	Tiburtina	32	31	34	32	31	28	29	32	30	31
	Villa Ada	23	24	26	25	25	23	23	23	22	23
Zona Valle del Sacco	Alatri	32	30	30	28	26	24	22	23	22	24
	Anagni	28	29	30	24	23	20	18	19	21	22
IT1217	Cassino	38	34	40	35	25	25	32	36	32	34
	Ceccano	47	44	47	43	40	37	36	38	35	39
	Colleferro Europa	31	31	34	31	30	29	31	33	30	32
	Colleferro Oberdan	27	29	30	27	26	25	24	23	23	18
	Ferentino	34	33	29	25	24	26	26	28	28	29
	Fontechiari	18	19	18	17	17	17	16	15	15	16
	FR-Mazzini	31	30	33	27	25	26	24	24	23	24
	FR-Scalo	50	46	50	43	39	41	34	36	29	30
Zona Appenninica IT1216	Acquapendente	14	14	15	14	15	15	15	15	15	15
	Civita Castellana Petrarca	-	-	22	20	20	19	19	22	21	25
	Leonessa	11	13	13	12	12	12	11	12	12	13
	Rieti	21	20	22	21	20	19	18	18	19	20
	Viterbo	19	20	20	19	18	18	17	17	17	19
Zona Litoranea	Allumiere	10	11	10	11	11	12	12	12	14	23
	Allumiere Aldo Moro	-	-	-	-	16	16	15	16	16	16
IT1218	Aprilia	21	20	21	19	18	23	23	22	23	23
	Aurelia	-	-	-	-	12	13	14	12	14	14
	Campo Oro	-	-	-	-	18	19	18	18	18	19
	Civ. Albani	23	23	23	23	22	23	21	23	24	24
	Civitavecchia	21	20	20	20	22	18	19	19	19	22
	Civitavecchia Porto	22	22	23	24	20	23	20	17	17	18
	Faro	-	-	-	-	17	17	17	17	17	18
	Fiumaretta	-	-	-	-	18	19	19	18	19	19
	Gaeta Porto	-	22	25	24	22	24	24	22	23	24
	LT-De Chirico	-	27	28	25	23	23	24	23	22	22
	LT-Scalo	25	24	25	23	22	22	22	21	21	23
	LT-Tasso	25	23	25	23	24	23	23	24	23	22
	Monte Romano	-	-	-	-	16	17	16	16	17	18
	S. Agostino	-	-	-	-	16	15	17	15	16	16
	S. Gordiano	-	-	-	-	19	19	19	23	20	21
	Tolfa	-	-	-	-	14	15	14	14	15	-
Tolfa Braccianese	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16*	

(*) - la copertura temporale dei dati non è rappresentativa per il calcolo degli standard annuali

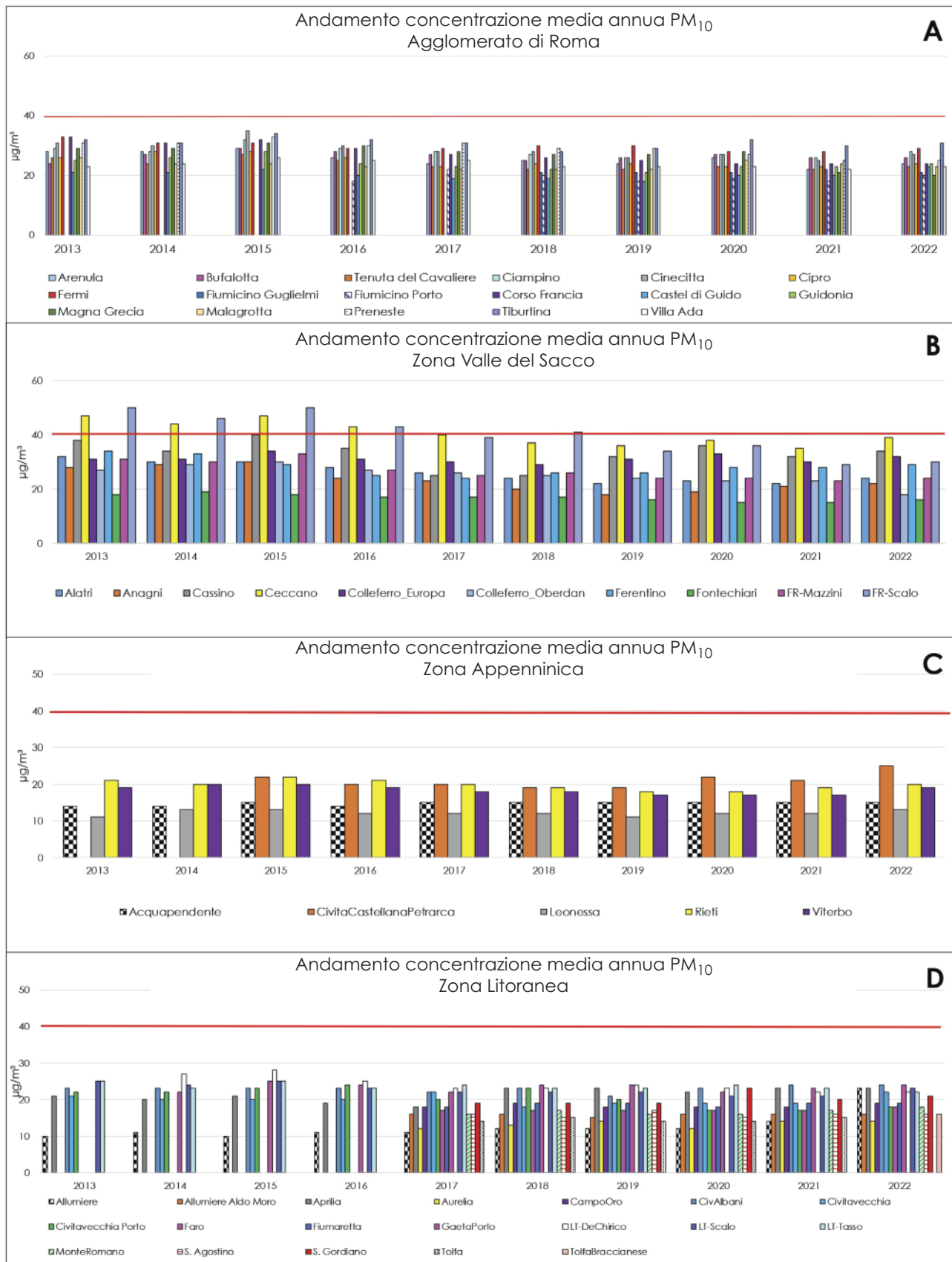


Figura 7. Andamento della concentrazione media annua di PM₁₀ dal 2013 al 2022, rilevata dalle centraline fisse di monitoraggio dell'Agglomerato di Roma (pannello A) e delle zone Valle del Sacco (pannello B), Appenninica (pannello C) e Litoranea (pannello D). La linea rossa indica il valore limite imposto dal d.lgs. n. 155/2010 (40 µg/m³)

In generale, i valori di concentrazione media annua misurati sono minori nelle zone Appenninica e Litoranea, più elevati nell'Agglomerato di Roma e in zona Valle del Sacco. Questa variabilità è imputabile sia alla differenza nella portata delle emissioni, maggiore nelle zone più densamente popolate, sia alle differenze nella capacità di dispersione dell'atmosfera. Quest'ultima, infatti, è molto più elevata nelle zone costiere rispetto a quelle vallive.

Per analizzare la variabilità tra i valori registrati dalle diverse tipologie di centraline e l'influenza del contesto ambientale sulla concentrazione di polveri, si riporta di seguito l'andamento della concentrazione media del PM₁₀ rilevata negli ultimi 5 anni dalle stazioni raggruppate per tipologia (Figura 8).

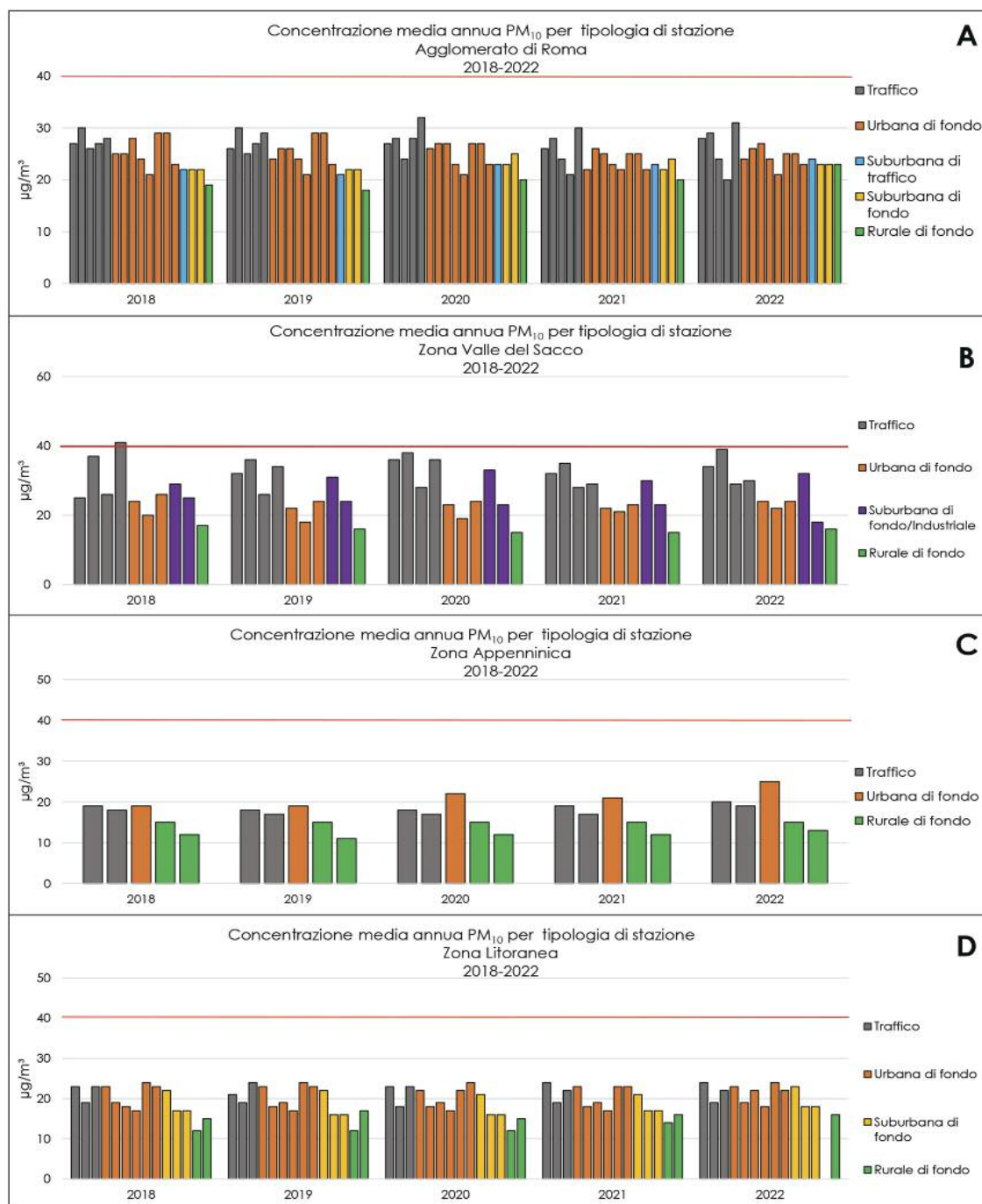


Figura 8. Andamento della concentrazione media annua di PM₁₀ dal 2018 al 2022, rilevata dalle centraline fisse di monitoraggio raggruppate per tipologia dell'Agglomerato di Roma (pannello A) e delle zone Valle del Sacco (pannello B), Appenninica (pannello C) e Litoranea (pannello D). La linea rossa indica il valore limite imposto dal d.lgs. n. 155/2010 (40 µg/m³)

Dal grafico dell'Agglomerato di Roma (Figura 8, pannello A) si nota che il valore di concentrazione misurata è sicuramente più elevato nelle centraline urbane di traffico rispetto a quello rilevato dalle centraline di altra tipologia, anche se le differenze non sono significative.

Dal grafico della zona Valle del Sacco (Figura 8, pannello B) emerge che il valore di concentrazione misurata aumenta tendenzialmente secondo il seguente ordine: centralina rurale di fondo, urbana di fondo e industriale suburbana, e urbana di traffico.

Nelle zone Appenninica e Litoranea (Figura 8, pannelli C e D, rispettivamente) non si rilevano differenze significative tra quanto misurato dalle varie tipologie di centraline. Tali valori, dal 2018 al 2022 sono comunque sempre ben al di sotto del valore limite imposto dalla norma.

I risultati mettono in evidenza il ruolo determinante svolto dalle sorgenti emissive locali sull'emissione di PM, in particolare in alcune aree della regione.

Sebbene la concentrazione media annua di PM₁₀ non rappresenti una criticità significativa dal punto di vista del rispetto del limite normativo, è opportuno considerare che l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nel 2021 ha aggiornato le linee guida che individuano i livelli di qualità dell'aria da raggiungere per proteggere la salute umana, abbassando a 15 µg/m³ il valore raccomandato per la concentrazione media annua di PM₁₀. Allo stato attuale dei dati disponibili, solo alcune centraline delle zone Appenninica e Litoranea potrebbero rientrare nel valore raccomandato.

5.1.2 Numero dei giorni di superamento del valore limite di concentrazione giornaliera di PM₁₀

Nella Tabella 15 è riportato il numero di giorni di superamento del valore limite di concentrazione media giornaliera di PM₁₀ (50 µg/m³ da non superare più di 35 volte in un anno) di ogni centralina della rete di monitoraggio, dal 2013 al 2022. La Figura 9 riporta gli stessi dati della Tabella, suddivisi per zona.

Tabella 15. Numero dei giorni di superamento del valore limite di concentrazione media giornaliera di PM₁₀ dal 2013 al 2022. In grassetto sono evidenziati i superamenti del numero di giorni consentiti di superamento del valore limite di concentrazione media giornaliera del PM₁₀ imposto dalla norma (35 superamenti annui). Il simbolo del trattino (-) è utilizzato per segnalare i dati mancanti e indica che non sono state condotte analisi in quel sito durante uno specifico anno

	Centraline	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato di Roma	Arenula	25	28	33	11	6	4	7	27	6	12
IT1219	Bufalotta	9	23	32	23	21	11	15	28	15	18
	Tenuta del Cavaliere	26	17	22	16	3	3	4	10	9	8
	Ciampino	32	27	43	35	25	19	19	30	19	22
	Cinecittà	40	40	65	33	20	17	16	35	9	22
	Cipro	23	32	36	17	11	5	9	22	5	15
	Fermi	28	33	31	17	13	11	22	33	24	26
	Fiumicino Guglielmi	-	-	-	-	-	1	4	6	3	4
	Fiumicino Porto	-	-	-	3	0	3	2	3	0	4
	Corso Francia	41	36	43	24	11	4	6	13	6	7
	Castel di Guido	3	4	0	3	1	0	1	2	4	10
	Guidonia	26	16	26	15	7	4	3	13	11	10
	Magna Grecia	29	32	41	26	17	11	18	33	7	4
	Malagrotta	30	26	18	13	9	1	7	24	13	10
	Preneste	39	40	57	29	26	21	22	31	14	15
	Tiburtina	41	43	54	41	26	22	32	46	37	36
Villa Ada	16	14	27	17	12	4	6	13	6	7	
Zona Valle del Sacco	Alatri	65	52	57	49	35	23	14	25	12	16
IT1217	Anagni	25	30	28	13	9	9	2	4	9	6
	Cassino	63	57	70	57	31	38	59	62	56	56
	Ceccano	97	110	121	89	89	75	81	87	71	94
	Colleferro Europa	56	49	60	44	40	42	42	49	35	45
	Colleferro Oberdan	28	33	38	23	19	16	8	19	12	7
	Ferentino	53	52	42	26	19	25	27	43	28	39
	Fontechiari	1	10	3	2	3	1	2	0	5	1
	FR-Mazzini	47	46	59	36	22	29	21	29	16	21
	FR-Scalo	112	110	115	85	93	82	68	77	55	61
Zona Appenninica IT1216	Acquapendente	0	1	0	0	0	0	1	2	2	2
	Civita Castellana Petrarca	-	11	19	9	9	5	5	25	11	19
	Leonessa	0	5	0	1	0	2	0	1	6	3
	Rieti	22	12	11	17	9	5	2	3	9	4
Zona Litoranea	Viterbo	1	7	0	1	0	0	1	1	2	4
	Allumiere	0	2	0	0	0	0	2	2	8	6
IT1218	Allumiere Aldo Moro	-	-	-	1	0	1	1	2	4	6
	Aprilia	4	2	5	1	1	3	9	4	9	5
	Aurelia	-	-	-	0	0	0	2	2	3	4
	Campo Oro	-	-	-	0	0	3	2	1	3	6
	Civ. Albani	4	9	4	2	2	6	3	6	5	10
	Civitavecchia	1	4	0	1	2	1	3	2	0	4
	Civitavecchia Porto	0	7	1	4	1	3	3	2	1	5
	Faro	-	-	-	0	1	1	0	2	1	4
	Fiumaretta	-	-	-	0	0	1	3	1	3	4
	Gaeta Porto	0	11	14	16	6	7	11	7	8	14
	LT-De Chirico	5	26	31	13	12	4	12	6	8	6
	LT-Scalo	13	11	15	6	4	2	4	3	8	6
	LT-Tasso	18	16	25	9	8	9	10	19	11	10
	Monte Romano	-	-	-	0	0	0	2	2	3	5
	S. Agostino	-	-	-	2	1	0	7	1	3	3
	S. Gordiano	-	-	-	0	0	2	2	12	5	7
Tolfa	-	-	-	0	0	2	1	2	4	0	
Tolfa Braccianese	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5*

(*) - la copertura temporale dei dati non è rappresentativa per il calcolo degli standard annuali.

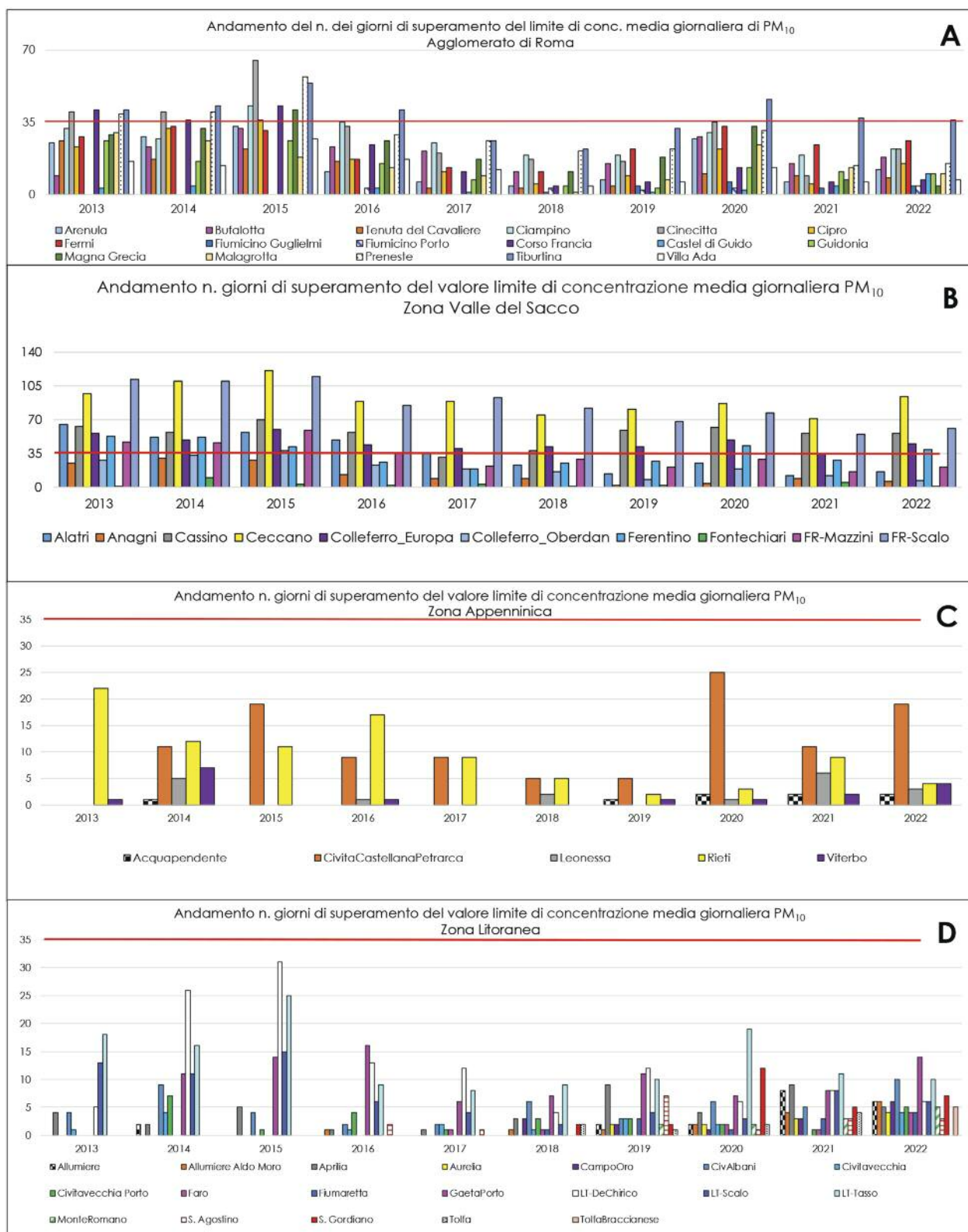


Figura 9. Andamento del numero dei giorni di superamento del valore limite di concentrazione giornaliera di PM_{10} dal 2013 al 2022, rilevata dalle centraline fisse di monitoraggio dell'Agglomerato di Roma (pannello A) e delle zone Valle del Sacco (pannello B), Appenninica (pannello C) e Litoranea (pannello D). La linea rossa indica il valore limite imposto dal d.lgs. n. 155/2010 (35 superamenti annui).

Il numero di superamenti annuali del valore limite giornaliero nel Lazio aumenta passando dalla zona Appenninica e Litoranea all'Agglomerato di Roma ed è piuttosto elevato in Valle del Sacco.

In zona Appenninica (Figura 9, pannello C) e Litoranea (Figura 9, pannello D) non sono mai stati raggiunti i 35 superamenti annui dal 2013 al 2022.

Nel periodo considerato, nell'Agglomerato di Roma (Figura 9, pannello A) diverse centraline hanno misurato più di 35 superamenti, rientrando nei limiti legislativi solo dal 2017. A quanto detto fa eccezione la centralina di monitoraggio Tiburtina che nel triennio 2020-2022 ha registrato il superamento del limite.

Nella Zona Valle del Sacco le criticità sono più consistenti: escludendo la centralina Fontechiari, tutte le centraline sono state fuori norma negli anni. Il numero dei superamenti registrati da alcune centraline (Cassino, Ceccano, Colleferro Europa, Ferentino e Frosinone scalo) è sistematicamente al di sopra del limite normativo.

In generale, l'indicatore oggetto del paragrafo presenta una variabilità più marcata della concentrazione media annua, in quanto risente maggiormente delle variazioni stagionali.

Per analizzare la variabilità tra i valori registrati dalle diverse tipologie di centraline e l'influenza del contesto ambientale sulla concentrazione di polveri, si riporta di seguito l'andamento del numero dei giorni di superamento del valore limite della concentrazione media giornaliera del PM_{10} rilevato negli ultimi 5 anni dalle stazioni raggruppate per tipologia.

I grafici dell'Agglomerato di Roma e della Valle del Sacco (Figura 10, pannello A e B, rispettivamente) mettono in evidenza una differenza significativa tra quanto rilevato dalle centraline urbane di traffico e quanto misurato dalle centraline di altra tipologia. Infatti, il numero dei superamenti che le centraline di traffico registrano annualmente è, in modo consistente, maggiore rispetto a quello che rilevano le altre centraline e, in generale, aumenta secondo il seguente ordine: centralina rurale di fondo, urbana di fondo e urbana di traffico.

Nelle zone Appenninica e Litoranea (Figura 10, pannello C e D, rispettivamente) non si rilevano differenze significative tra quanto misurato dalle varie tipologie di centraline. Tali valori, dal 2018 al 2022 sono comunque sempre ben al di sotto del valore limite imposto dalla norma.

I risultati mostrati in questo paragrafo confermano quanto sopra riportato: il contributo di specifiche sorgenti emissive alla concentrazione di PM e ai superamenti dei valori limite è determinante, e questo è particolarmente evidente in determinate zone.

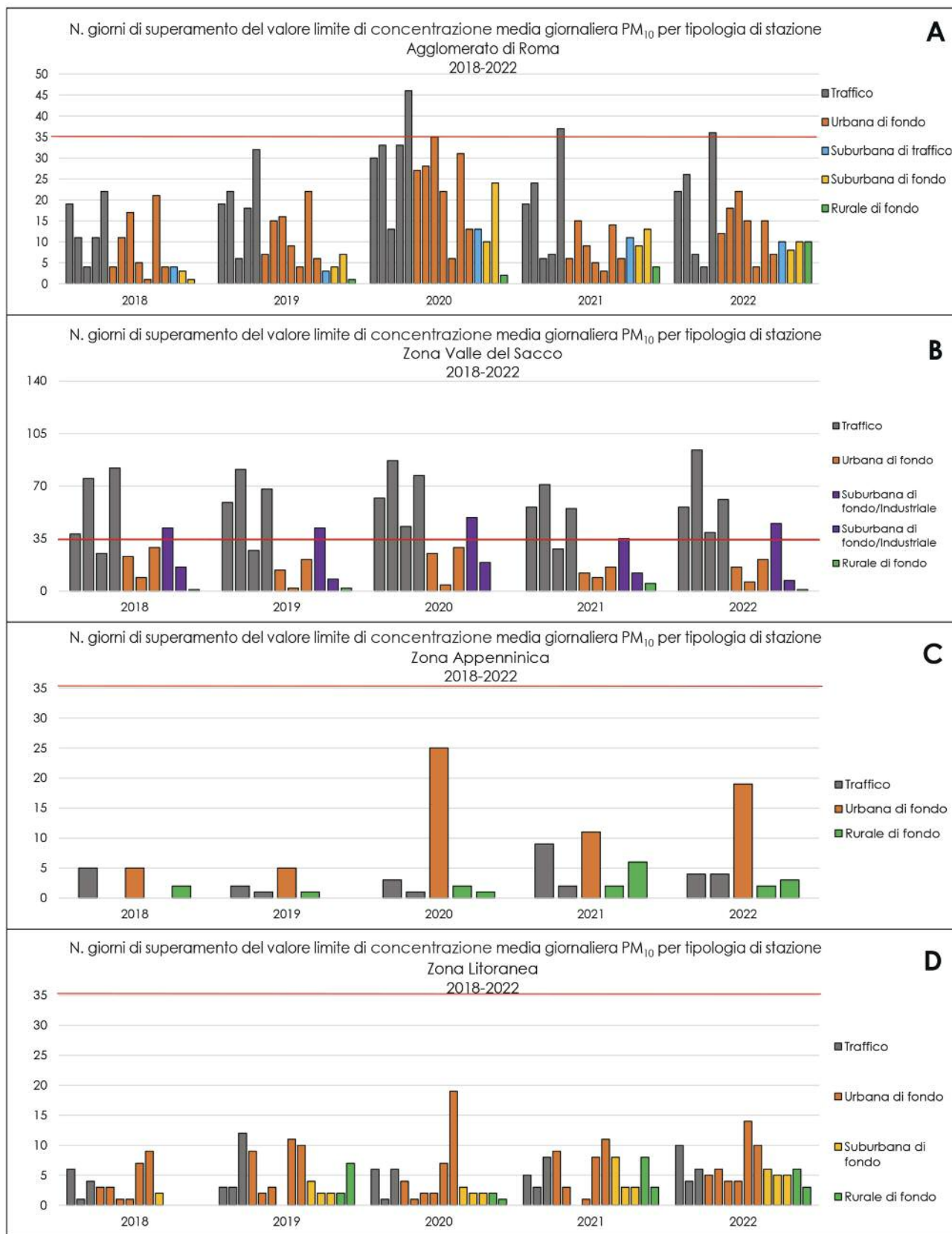


Figura 10. Andamento del numero dei giorni di superamento del valore limite di concentrazione giornaliera del PM₁₀ dal 2018 al 2022, rilevata dalle centraline fisse di monitoraggio raggruppate per tipologia dell'Agglomerato di Roma (pannello A) e delle zone Valle del Sacco (pannello B), Appenninica (pannello C) e Litoranea (pannello D). La linea rossa indica il valore limite imposto dal d.lgs. n. 155/2010 (35 superamenti annui)

5.2 PM_{2.5}

La definizione legislativa del PM_{2.5} è analoga a quella del PM₁₀, considerando però un diametro aerodinamico delle particelle fino a 2.5 µm.

Il PM_{2.5} è definita frazione "fine" del PM. Secondo la definizione dosimetrica, che raggruppa le particelle in inalabili, toraciche e respirabili in base ai tagli dimensionali e alla loro capacità di penetrare e depositarsi nelle diverse zone del sistema respiratorio, il PM_{2.5} viene definito "frazione toracica" e cioè in grado di passare attraverso la laringe, raggiungendo le vie aeree polmonari e le regioni alveolari.

Il d.lgs. n. 155/2010 ha introdotto l'obbligo di valutare la qualità dell'aria anche con riferimento a questa frazione del materiale particolato. Il valore limite della concentrazione media annua di PM_{2.5} è di 25 µg/m³ (Tabella 16). Attualmente non c'è ancora un valore limite di superamenti consentiti. Tuttavia, a ottobre 2022 è stata pubblicata dalla Commissione europea una proposta di nuova direttiva della qualità dell'aria con la quale vengono definiti i nuovi limiti per gli inquinanti atmosferici e, nella fattispecie, si riduce a 10 µg/m³ il valore limite della concentrazione media annua di PM_{2.5}.

Tabella 16. Standard di legge e valori limite del PM_{2.5}

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite	Numero superamenti consentiti
PM ₁₀	24 ore	25 µg/m ³	-

Nella Tabella 17 sono riportati i valori di concentrazione media annua del periodo 2013-2022. Gli stessi dati vengono graficamente riportati in Figura 11.

Tabella 17. Concentrazione media annua del PM_{2.5} dal 2013 al 2022 (µg/m³). In grassetto sono evidenziati i superamenti del valore limite di concentrazione media annua di PM_{2.5} imposto dalla norma (25 µg/m³). Il simbolo del trattino (-) è utilizzato per segnalare i dati mancanti e indica che non sono state condotte analisi in quel sito durante uno specifico anno

	Centraline	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato di Roma	Villa Ada	16	14	16	15	15	13	12	14	12	12
	Arenula	17	16	17	16	13	14	13	13	11	14
	Tenuta del Cavaliere	18	16	18	16	15	14	14	15	13	13
	Cinecittà	19	17	22	18	17	16	14	16	13	17
	Cipro	16	15	17	14	14	13	13	13	11	13
	C.so Francia	20	19	21	17	16	16	14	13	11	14
	Fiumicino Villa Guglielmi	-	-	-	-	-	12	11	12	11	11
	Castel di Guido	13	13	15	11	11	11	11	11	10	11
	Guidonia	16	15	18	15	13	13	13	14	13	12
	Malagrotta	17	16	17	15	14	14	13	16	14	13
Zona Valle del Sacco	Colleferro Europa	-	-	-	-	-	-	20	22	19	20
	Cassino	29	19	27	27	18	16	21	25	22	26
2021	Ferentino							19	21	19	20
	Fontechiari	14	14	15	12	12	11	11	10	11	11
	Frosinone Mazzini	24	21	26	19	17	19	17	18	16	17
	Leonessa	8	8	10	9	9	9	8	8	8	8
Zona Appenninica 2021	Rieti	15	14	17	15	13	13	11	12	12	13
	Viterbo	11	11	12	11	11	12	11	10	9	10
	Acquapendente	10	9	10	9	10	10	10	10	9	10
Zona Litoranea	LT Scalo	16	15	16	13	13	12	12	12	12	12
2021	Allumiere Aldo Moro	-	-	-	-	9	9	8	9	8	9
	Campo Oro	-	-	-	-	9	9	8	8	8	9
	Faro	-	-	-	-	8	8	9	8	8	9
	Fiumaretta	-	-	-	-	10	10	9	9	9	9
	S. Agostino	-	-	-	-	-	-	-	8	8	8

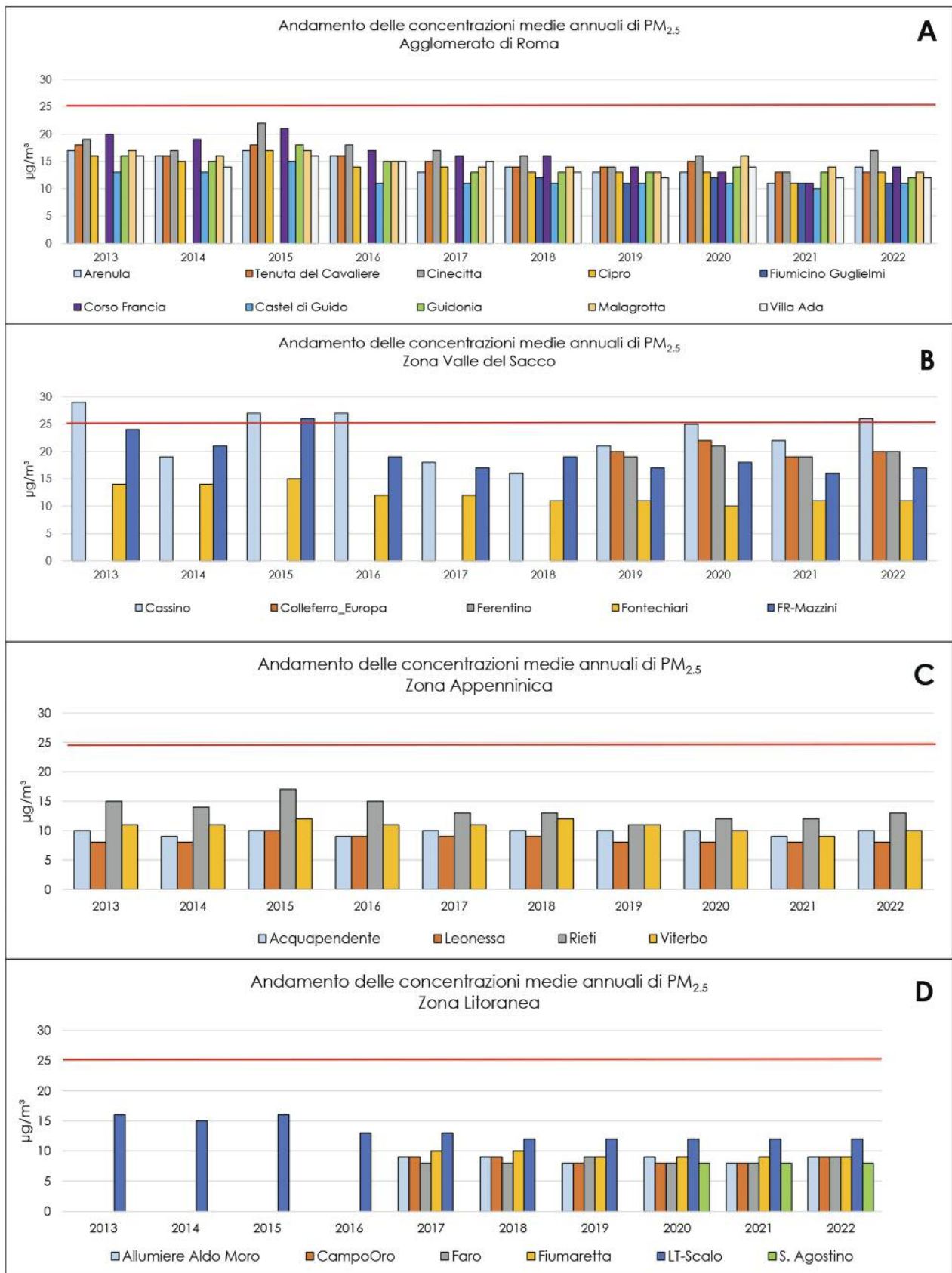


Figura 11. Andamento della concentrazione media annua di $PM_{2.5}$ dal 2013 al 2022, rilevata dalle centraline fisse di monitoraggio dell'Agglomerato di Roma (pannello A) e delle zone Valle del Sacco (pannello B), Appenninica (pannello C) e Litoranea (pannello D). La linea rossa indica il valore limite imposto dal d.lgs. n. 155/2010 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

L'andamento della concentrazione media annua del $PM_{2.5}$ è decrescente negli anni in ognuna delle zone del Lazio, più marcatamente nella Valle del Sacco e nell'Agglomerato di Roma, con una discontinuità nel 2015, durante il quale le condizioni metereologiche hanno portato all'innalzamento della concentrazione di tutti gli inquinanti monitorati. Permangono ancora delle criticità nella Valle del Sacco, l'unica zona in cui si registrano superamenti in tutto il periodo considerato.

Come per il PM_{10} , di seguito si riporta l'andamento della concentrazione media annua di $PM_{2.5}$ rilevata negli ultimi 5 anni (2018-2022) dalle stazioni raggruppate per tipologia (Figura 12). I dati dell'Agglomerato di Roma (Figura 12, pannello A) e delle zone Appenninica e Litoranea (Figura 12, pannello C e D, rispettivamente) non mettono in evidenza una differenza significativa dei valori misurati connessa alla tipologia di stazione. Tali valori, dal 2019 al 2023 sono comunque sempre ben al di sotto del valore limite imposto dalla norma.

Al contrario, il grafico della zona Valle del Sacco (Figura 12, pannello B) mostra che il valore di concentrazione misurata aumenta tendenzialmente secondo il seguente ordine: centralina rurale di fondo, industriale suburbana, urbana di fondo e urbana da traffico e i risultati mettono in evidenza il ruolo determinante svolto dalle sorgenti emmissive locali sull'emissione di PM e dalle condizioni micrometeorologiche e geomorfologiche locali sulla dispersione degli inquinanti.

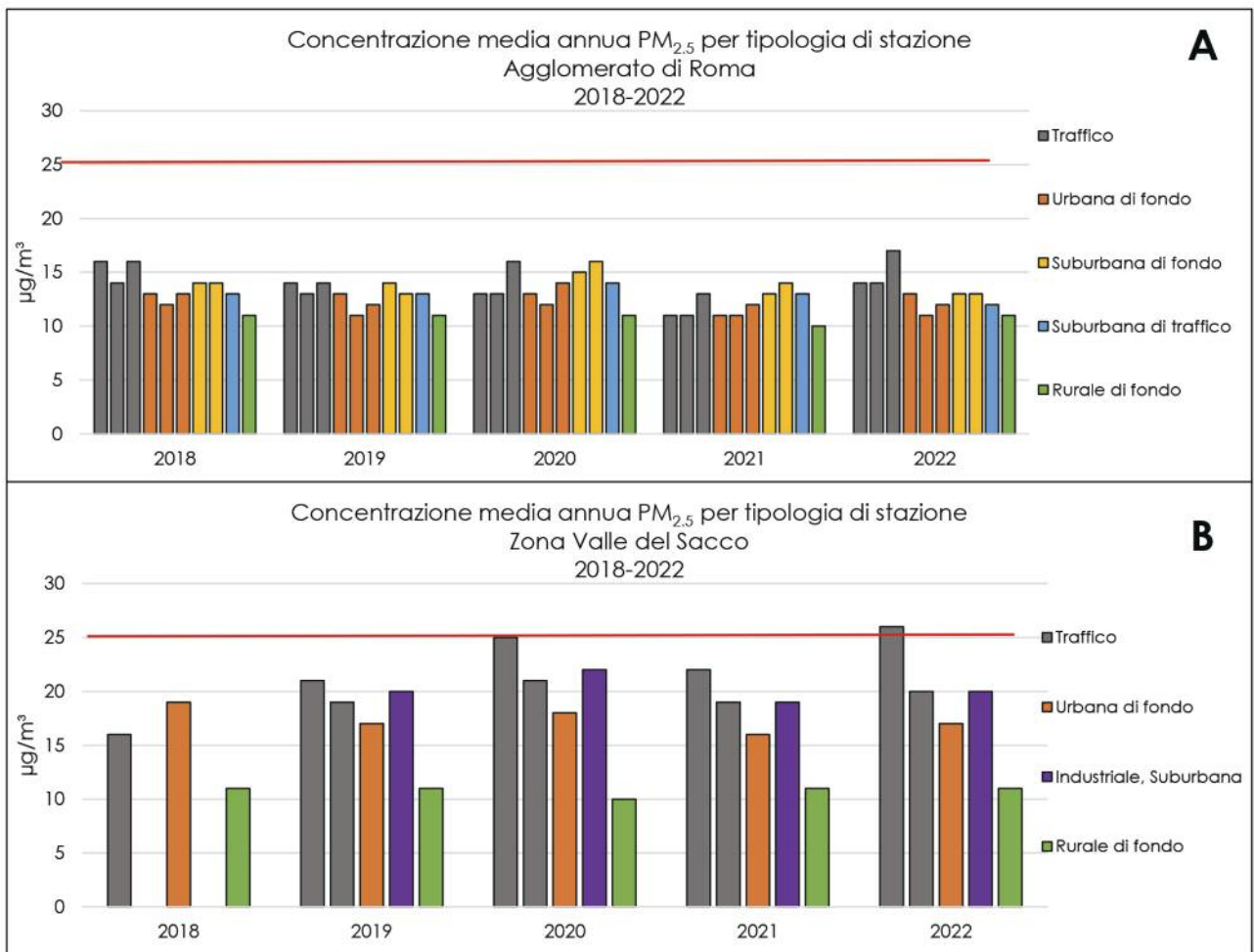


Figura 12. Continua

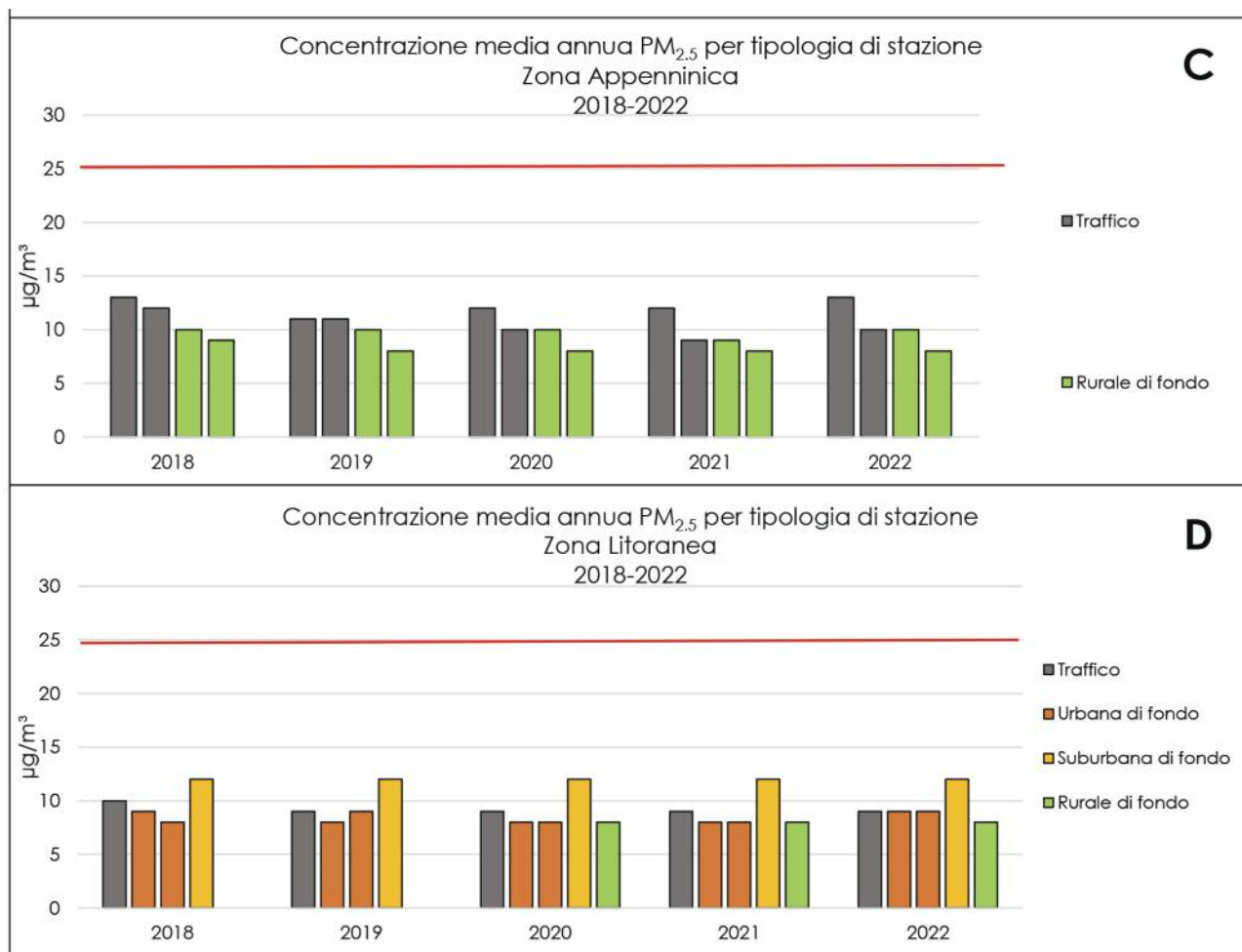


Figura 12. Segue. Andamento della concentrazione media annua di PM_{2.5} dal 2018 al 2022, rilevata dalle centraline fisse di monitoraggio, raggruppate per tipologia, dell'Agglomerato di Roma (pannello A) e delle zone Valle del Sacco (pannello B), Appenninica (pannello C) e Litoranea (pannello D). La linea rossa indica il valore limite imposto dal d.lgs. n. 155/2010 (25 µg/m³)

6. BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)

Il biossido di azoto (NO₂) è un composto gassoso fortemente reattivo, emesso direttamente in atmosfera da fenomeni naturali (es. eruzioni vulcaniche) e da sorgenti antropiche (es. fenomeni combustivi industriali, riscaldamento civile, traffico veicolare). L'NO₂ è considerato anche un inquinante secondario poiché deriva dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO).

L'NO₂, oltre ad avere note caratteristiche di tossicità per la salute umana, svolge un ruolo determinante nella formazione del cosiddetto smog fotochimico, in quanto è uno dei precursori della formazione di inquinanti come l'ozono troposferico e l'acido nitroso.

Per ciò che riguarda la protezione della salute umana il d.lgs. n. 155/2010 prevede uno standard di breve periodo per le concentrazioni orarie e uno di lungo periodo sull'anno civile (Tabella 18).

Tabella 18. Standard di legge e valori limite del NO₂

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite	Numero superamenti consentiti
NO ₂	1 anno	40 µg/m ³	-
	1 ora	200 µg/m ³	18

6.1 Concentrazione media annua di NO₂

Gli analizzatori di NO₂ sono presenti in ogni centralina della rete fissa di monitoraggio. In Tabella 19 e in Figura 13 sono riportate le concentrazioni medie annue registrate dal 2013 al 2022.

Tabella 19. Concentrazione media annua del NO₂ dal 2013 al 2022 (µg/m³). In grassetto sono evidenziati i superamenti del valore limite di concentrazione media annua di NO₂ imposto dalla norma (40 µg/m³). Il simbolo del trattino (-) è utilizzato per segnalare i dati mancanti e indica che non sono state condotte analisi in quel sito durante uno specifico anno

	Centraline	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato di Roma 2021	Villa Ada	40	30	31	40	40	28	26	25	21	24
	Arenula	54	45	49	46	45	38	42	30	30	33
	Bufalotta	37	35	41	39	37	33	34	27	32	28
	Tenuta del Cavaliere	38	24	27	26	28	25	24	21	23	22
	Ciampino	34	34	39	35	37	32	29	25	24	25
	Cinecittà	42	35	40	41	41	39	37	30	27	30
	Cipro	49	43	46	47	47	43	40	32	32	32
	Fermi	67	64	64	65	62	58	58	47	47	45
	C.so Francia	66	65	61	59	60	51	48	38	43	37
	Fiumicino Villa Guglielmi	-	-	-	-	-	29	28	25	23	24
	Fiumicino Porto	-	-	-	29	20	19	19	16	16	16
	L.go Magna Grecia	67	64	65	62	62	57	48	41	36	38
	Castel di Guido	23	14	14	13	12	10	10	10	8	9
	Guidonia	29	26	26	27	28	29	26	22	21	22
	Malagrotta	22	21	22	22	20	20	22	17	16	17
Preneste	41	38	44	41	42	36	37	31	26	30	
Tiburtina	57	50	53	51	54	50	50	41	35	34	

Tabella 19. Segue.

	Centraline	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Zona Valle del Sacco 2021	Colleferro Oberdan	30	26	29	30	31	32	29	25	27	27
	Colleferro Europa	30	26	30	30	32	25	23	21	21	24
	Alatri	44	39	39	37	38	38	33	27	29	29
	Anagni	26	27	28	29	28	25	23	25	18	20
	Cassino	40	36	40	39	39	36	37	29	32	31
	Ceccano	34	34	34	30	30	29	30	24	24	25
	Ferentino	40	39	30	19	19	17	15	14	12	14
	Fontechiari	7	6	6	5	6	6	6	6	5	5
	Frosinone Mazzini	27	23	29	27	28	28	26	22	23	25
	Frosinone Scalo	42	41	43	40	40	41	37	30	29	29
Zona Appenninica 2021	Leonessa	6	5	6	5	7	5	4	5	4	5
	Rieti	24	21	24	21	23	21	15	12	15	14
	Civita Castellana Petrarca	-	-	12	17	15	16	12	10	10	12
	Viterbo	28	29	26	27	28	23	23	15	19	20
	Acquapendente	6	6	6	6	7	6	5	5	5	4
Zona Litoranea 2021	Aprilia	23	20	24	19	22	20	20	17	16	15
	LT De Chirico	-	30	28	28	30	26	28	24	22	22
	LT Scalo	31	29	30	24	27	27	25	22	24	22
	LT Tasso	32	29	29	25	21	20	21	20	19	21
	Gaeta Porto	-	25	26	23	29	28	23	22	21	20
	Allumiere	9	9	9	9	8	7	8	6	7	6
	Civitavecchia	25	22	22	22	21	19	18	20	20	19
	Civ. Villa Albani	30	26	30	29	26	22	22	23	22	22
	Civ. Via Roma	44	34	37	40	39	37	38	28	37	28
	Civ. Via Morandi	39	27	24	25	29	24	22	20	18	20
	Porto	27	25	27	26	26	25	24	23	22	22
	Allumiere Aldo Moro	-	-	-	-	7	5	5	4	5	5
	Aurelia	-	-	-	-	8	6	8	7	9	8
	Campo Oro	-	-	-	-	12	12	12	11	12	13
	Faro	-	-	-	-	10	10	8	9	10	8
	Fiumaretta	-	-	-	-	17	18	16	16	17	15
	Monte Romano	-	-	-	-	6	6	5	4	6	5
	S. Gordiano	-	-	-	-	14	14	10	13	12	14
	Santa Marinella	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10
	S. Agostino	-	-	-	-	7	3	3	4	5	4
Tolfa	-	-	-	-	8	9	6	5	5	-	
Tolfa Braccianese	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4*	

(*) - la copertura temporale dei dati non è rappresentativa per il calcolo degli standard annuali.

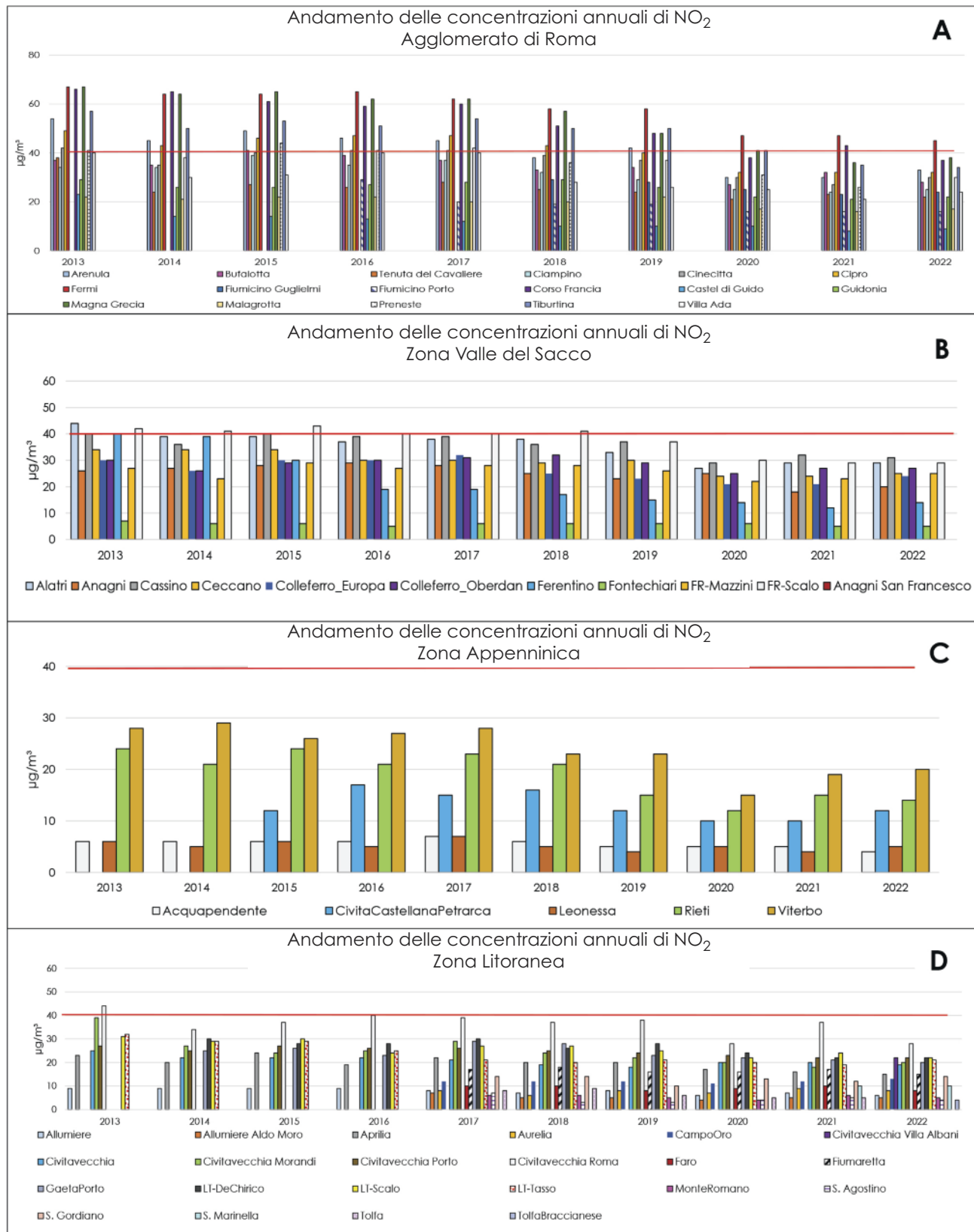


Figura 13. Andamento della concentrazione media annua di NO₂ dal 2013 al 2022, rilevata dalle centraline fisse di monitoraggio dell'Agglomerato di Roma (pannello A) e delle Zone Valle del Sacco (pannello B), Appenninica (pannello C) e Litoranea (pannello D). La linea rossa indica il valore limite imposto dal d.lgs. n. 155/2010 (40 µg/m³)

I valori delle concentrazioni rilevate sono minori in zona Appenninica, dove la densità abitativa e le fonti industriali sono ridotte, e aumentano gradualmente passando alla zona Litoranea, a quella Appenninica, diventando massime nell'Agglomerato di Roma.

Le criticità più consistenti si rilevano proprio nell'Agglomerato di Roma, in cui sono frequenti i superamenti del valore limite di concentrazione media annuale. Tuttavia, le concentrazioni rilevate durante il periodo considerato mostrano un andamento decrescente negli anni, o comunque stabile, in quasi tutte le stazioni dell'agglomerato. Infatti, il numero delle stazioni in superamento è significativamente diminuito negli anni. Si riscontrano ancora criticità presso la centralina Fermi, che continua a rilevare una concentrazione di NO₂ superiore al limite normativo, seppur di poco.

In tutto il periodo considerato non sono state rilevate concentrazioni di NO₂ oltre il limite dalle stazioni della zona Appenninica; non si registrano superamenti in Zona Litoranea dal 2014 e in zona Valle del Sacco dal 2019.

Il grafico che segue riporta la concentrazione media di NO₂ rilevata negli ultimi 5 anni dalle stazioni raggruppate per tipologia, al fine di approfondire l'influenza del contesto ambientale sulla formazione dell'inquinante in questione (Figura 14). Dai dati dell'Agglomerato di Roma (pannello A) emerge una differenza più marcata tra i valori misurati dalle diverse tipologie di stazioni rispetto a quanto osservato per le altre zone. Il valore di concentrazione misurata aumenta tendenzialmente secondo il seguente ordine: centralina rurale di fondo, suburbana di fondo e di traffico e urbana di traffico, in accordo con il ruolo determinante che il traffico veicolare esercita sulla formazione di NO₂.

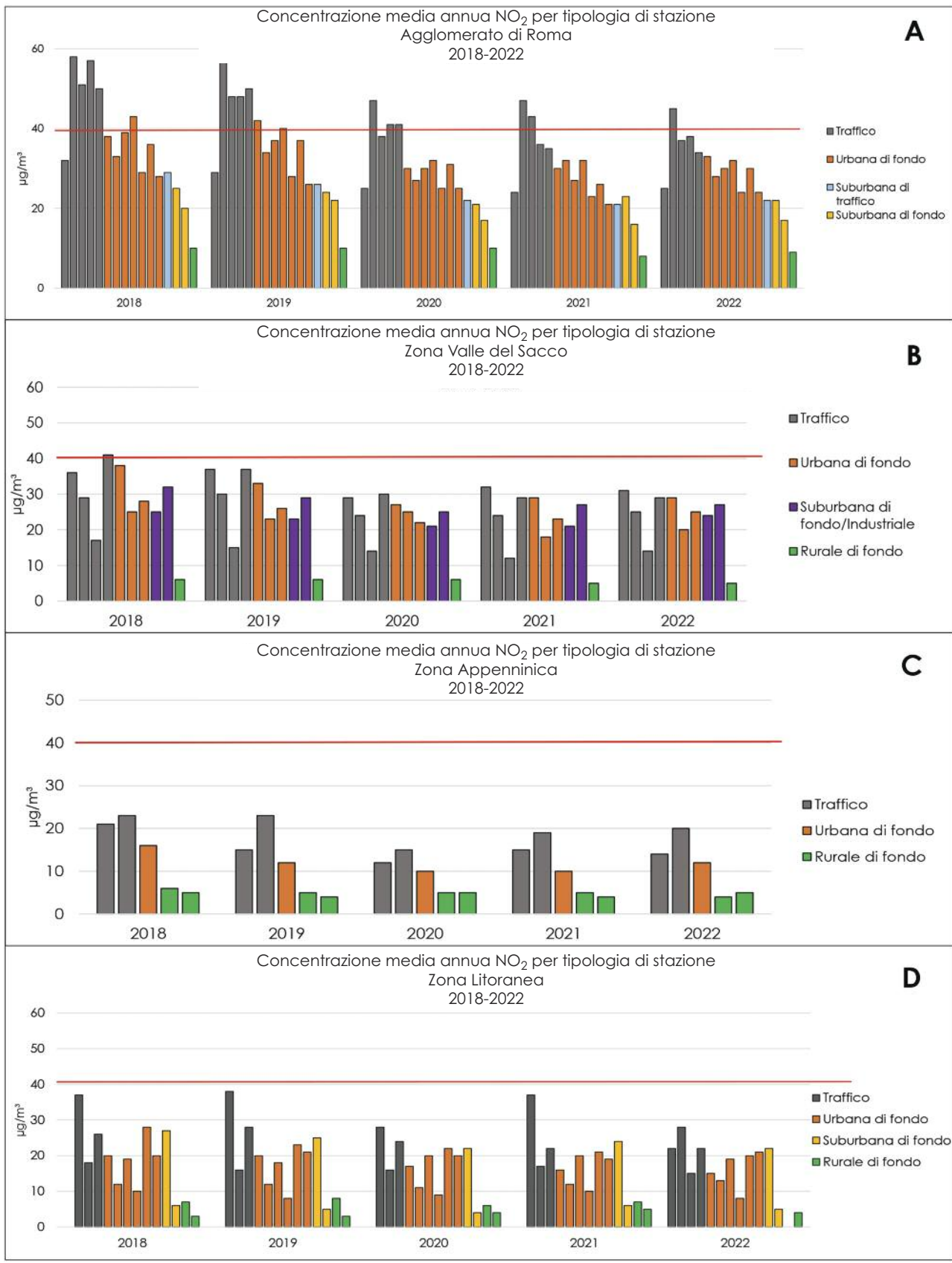


Figura 14. Andamento della concentrazione media annua di NO₂ dal 2018 al 2022, rilevata dalle centraline fisse di monitoraggio, raggruppate per tipologia, dell'Agglomerato di Roma (pannello A) e delle zone Valle del Sacco (pannello B), Appenninica (pannello C) e Litoranea (pannello D). La linea rossa indica il valore limite imposto dal d.lgs. n. 155/2010 (40 µg/m³).

6.2 Superamenti del valore limite di concentrazione oraria di NO₂

Lo standard fissato sul numero di superamenti di 200 µg/m³ di concentrazione oraria di NO₂ è stabilito per evidenziare eventuali situazioni di accumulo locale.

Nella Tabella 20 sono riportati i superamenti registrati nelle centraline della rete di monitoraggio regionale dal 2013 al 2022.

Tabella 20. Numero di superamenti del limite di concentrazione media oraria del NO₂ dal 2013 al 2022. In grassetto sono evidenziati i superamenti del valore limite di concentrazione media oraria di NO₂ imposto dalla norma (200 µg/m³ da non superare più di 18 volte in un anno). Il simbolo del trattino (-) è utilizzato per segnalare i dati mancanti e indica che non sono state condotte analisi in quel sito durante uno specifico anno

	Centraline	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato di Roma 2021	Villa Ada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Arenula	18	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Bufalotta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tenuta del Cavaliere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ciampino	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cinecittà	4	0	4	1	1	0	0	0	0	0
	Cipro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fermi	5	2	7	5	1	1	1	0	0	1
	C.so Francia	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0
	Fiumicino Villa Guglielmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Fiumicino Porto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	L.go Magna Grecia	7	0	1	3	1	0	0	1	0	0
	Castel di Guido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Guidonia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Malagrotta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Preneste	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tiburtina	21	4	8	13	14	0	0	3	0	0	
Zona Valle del Sacco 2021	Colleferro Oberdan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Colleferro Europa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Alatri	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0
	Anagni	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0
	Cassino	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ceccano	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Ferentino	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fontechiari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frosinone Mazzini	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frosinone Scalo	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Zona Appenninica 2021	Leonessa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rieti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Civita Castellana Petrarca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Viterbo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Acquapendente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

(*) - la copertura temporale dei dati non è rappresentativa per il calcolo degli standard annuali.

Tabella 20. Segue.

	Centraline	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Zona Litoranea 2021	Aprilia	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	LT De Chirico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LT Scalo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LT Tasso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gaeta Porto	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
	Allumiere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Civitavecchia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Civ. Villa Albani	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Civ. Via Roma	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0
	Civ. Via Morandi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Porto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Allumiere Aldo Moro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aurelia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Campo Oro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Faro	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Fiumaretta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Monte Romano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S. Gordiano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Santa Marinella	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S. Agostino	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tolfa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tolfa Braccianese	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0*

I superamenti del parametro oggetto d'esame sono più frequenti nell'Agglomerato di Roma, in accordo con le criticità delle aree urbane emerse e discusse nel paragrafo precedente. Nel 2013 la centralina Tiburtina ha rilevato 21 superamenti, eccedendo quanto imposto dalla norma. Dal 2014 in poi i superamenti non eccedono mai il limite consentito.



7. OZONO (O₃)

L'ozono è un componente gassoso presente nella stratosfera, in cui svolge una funzione di schermo della radiazione ultravioletta del sole. Quando si trova a livello del suolo (ozono troposferico) è considerato un composto inquinante responsabile della formazione di smog fotochimico.

L'ozono è un inquinante secondario, vale a dire formato a seguito di una serie di complesse reazioni fotochimiche, quindi catalizzate dalla luce solare, fra sostanze precursori come ossidi di azoto (NO_x), composti organici volatili (COV) e monossido di carbonio (CO).

Elevate concentrazioni di O₃ possono determinare irritazioni di occhi e mucose, favorendo l'insorgenza di disturbi sanitari nella popolazione e, in particolare, aggravando le patologie di soggetti fragili con malattie respiratorie croniche. L'inquinante ha, inoltre, un'incidenza provata su agricoltura e fauna, oltre a quella su infrastrutture e monumenti.

I periodi più critici per la produzione di O₃ sono quelli primaverili ed estivi, poiché il forte irraggiamento solare favorisce le reazioni fotochimiche alla base della formazione dell'inquinante.

La Commissione europea ha constatato che dagli anni '90, nonostante gli Stati Membri abbiano ridotto le emissioni dei precursori dell'ozono, le concentrazioni di ozono nel continente europeo non mostrano un'univoca diminuzione.

Il d.lgs. n.155/2010 prevede diversi indicatori per l'ozono in atmosfera che sono riportati nella Tabella 21. In questa sede non verranno discussi e analizzati gli standard per la protezione delle foreste.

Tabella 21. Standard di legge e valori limite dell'O₃

Standard	Periodo di mediazione	Valore limite	Numero superamenti consentiti
Valore obiettivo protezione della salute umana	Massima media su 8h consecutive nell'anno	120 µg/m ³	Da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni
AOT40-Valore obiettivo protezione della vegetazione	Maggio-luglio tra le 8:00 e le 20:00	18000 µg/m ³ come media su 5 anni	-
Obiettivo a lungo termine protezione della salute umana	Massima media su 8h consecutive nell'anno	120 µg/m ³	-
AOT40-Obiettivo a lungo termine protezione delle foreste	Maggio-luglio tra le 8:00 e le 20:00	6000 µg/m ³	-
Soglia di informazione	1 ora	180 µg/m ³	-
Soglia di allarme	1 ora	240 µg/m ³	-

7.1 Soglia di informazione e di allarme

Le soglie di informazione e di allarme sono state introdotte per proteggere i cittadini dagli effetti avversi delle concentrazioni elevate di O₃.

La soglia di allarme rappresenta il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di breve esposizione della popolazione nel suo complesso. Raggiunto tale livello, è necessario adottare immediati provvedimenti per mitigarne l'impatto.

Nei periodi compresi tra il 2013 e il 2022 mai nessuna centralina della rete di monitoraggio della regione Lazio ha registrato una concentrazione superiore alla soglia di allarme.

D'altra parte, la soglia di informazione rappresenta il livello oltre il quale si verifica un rischio per la

salute di alcuni gruppi sensibili della popolazione in caso di breve esposizione. In tale situazione è fondamentale fornire tempestive e adeguate indicazioni. I superamenti della soglia di informazione sono stati sporadici negli anni, generalmente limitati a pochi casi isolati, con alcune eccezioni per le stazioni rurali perlopiù in quota (Tabella 22).

Tabella 22. Superamenti della soglia di informazione dell'O₃

	Centraline	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Agglomerato di Roma 2021	Villa Ada	0	0	12	0	0	2	2	0	0	0
	Arenula	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Bufalotta	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
	Tenuta del Cavaliere	0	2	25	1	3	3	6	2	0	2
	Cinecittà	3	3	7	0	1	2	0	1	0	2
	Cipro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fiumicino Villa Guglielmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Castel di Guido	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	Malagrotta	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Zona Appenninica - Valle del Sacco 2021	Preneste	1	2	10	0	0	3	2	1	0	0
	Colleferro Oberdan	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
	Fontechiari	0	0	3	2	54	0	0	0	0	0
	Frosinone Mazzini	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Leonessa	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
	Rieti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zona Litoranea 2021	Viterbo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Acquapendente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LT Tasso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gaeta Porto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Allumiere	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Civitavecchia	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	Civ. Villa Albani	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
	Civ. Via Morandi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Allumiere Aldo Moro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aurelia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Campo Oro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Faro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fiumaretta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monte Romano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S. Gordiano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Santa Marinella	0	0	0	0	2	0	6	0	0	0	
S. Agostino	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	

7.2 Valore obiettivo per la protezione della salute umana

Per la definizione del valore di questo standard è necessario computare le medie su otto ore di tutti i giorni dell'anno. Tra queste ultime si individua la massima e la si confronta con il valore di 120 µg/m³ e, nel caso sia superiore a tale valore, la giornata viene considerata in superamento. Sommando tutte le giornate in superamento si ottiene il valore relativo a un anno, dopodiché si calcola la media degli ultimi

3 anni disponibili che si confronta con il valore limite di 25 superamenti annui. In Tabella 23 sono riportati tutti i valori dello standard che è stato possibile computare dal 2013 al 2022, per tutte le centraline della rete che monitorano l'O₃, divise per zone che, si ricorda, per l'inquinante in questione sono tre.

Tabella 23. Valore obiettivo per la protezione della salute umana – O₃. In grassetto sono evidenziati i valori maggiori del numero di giorni di superamento consentiti dalla norma (n. 25 superamenti). Il simbolo del trattino (-) è utilizzato per segnalare i dati mancanti e indica che non sono state condotte analisi in quel sito durante uno specifico anno

	Centraline	2012-2014	2013-2015	2014-2016	2015-2017	2016-2018	2017-2019	2018-2020	2019-2021	2020-2022
Agglomerato di Roma 2021	Villa Ada	24	24	18	14	8	12	12	7	5
	Arenula	8	8	7	8	2	3	1	0	0
	Bufalotta	14	13	9	8	9	9	7	4	4
	Tenuta del Cavaliere	22	23	24	26	19	25	27	25	24
	Cinecittà	33	29	20	21	18	17	12	17	23
	Cipro	3	2	2	1	1	1	1	0	1
	Fiumicino Villa Guglielmi	-	-	-	-	-	1	1	1	2
	Castel di Guido	14	22	29	25	20	14	10	6	6
	Malagrotta	19	24	22	18	11	8	5	5	5
	Preneste	34	30	24	27	17	26	23	19	17
Zona Appenninica-Valle del Sacco 2021	Colleferro Oberdan	16	13	12	16	9	13	8	7	2
	Fontechiari	49	61	76	87	52	51	31	30	21
	Frosinone Mazzini	30	31	28	28	22	20	9	6	1
	Leonessa	32	26	23	34	23	34	23	23	15
	Rieti	20	22	24	29	20	16	5	0	0
	Viterbo	2	1	1	1	1	0	0	1	5
	Acquapendente	15	16	13	14	4	6	4	3	1
Zona Litoranea 2021	LT Tasso	10	4	2	0	0	0	0	0	1
	Gaeta Porto	-	-	-	-	6	4	4	1	0
	Allumiere	49	52	52	44	34	27	26	21	16
	Civitavecchia	1	2	2	8	7	8	2	2	0
	Civ. Villa Albani	-	-	-	-	4	5	5	3	0
	Civ. Via Morandi	-	-	-	-	0	1	1	1	0
	Allumiere Aldo Moro	-	-	-	-	-	35	45	36	39
	Santa Marinella	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	S. Agostino	-	-	-	-	-	12	13	10	11

Per quel che riguarda le medie sulle otto ore, negli anni 2013-2022 non si individua una particolare tendenza, a differenza di quanto rilevato per gli altri inquinanti. I superamenti dei 120 µg/m³ sono più di 25 in ognuna delle tre zone della regione Lazio.

Nella zona Appenninica-Valle del Sacco, la centralina che presenta le criticità più evidenti è Fontechiari. La stazione, classificata come rurale di fondo, risulta in superamento in tutto il periodo considerato, eccetto l'ultimo triennio (2020-2022). In zona Litoranea la stazione di Allumiere, anch'essa classificata come rurale, risulta in superamento per tutto il periodo, eccetto gli ultimi due trienni (2019-2021 e 2020-2022).

Come già menzionato, le concentrazioni più alte di O₃ si misurano soprattutto nelle zone rurali. Infatti,

L'O₃ si forma durante il trasporto delle masse d'aria contenenti gli inquinanti primari suoi precursori, generalmente emessi nelle aree urbane, e si concentra maggiormente nelle aree extraurbane.

Nell'Agglomerato di Roma, alcune stazioni urbane registrano frequentemente un numero di superamenti maggiore di 25, come Preneste e Cinecittà.

Risulta abbastanza complesso stabilire l'effetto dei piani e delle politiche di mitigazione dell'inquinamento atmosferico sulle concentrazioni di O₃. Infatti, l'ozono è un inquinante secondario, la cui formazione dipende da una serie di reazioni chimiche tra precursori, favorite dalle elevate temperature e dalla radiazione solare.

Le specie che concorrono alla formazione di O₃ sono inquinanti primari generalmente emessi da fenomeni di combustione civile e industriale e da processi che utilizzano composti chimici volatili. Nonostante le politiche volte alla riduzione di tali inquinanti, è emerso che la relazione tra diminuzione dei precursori e diminuzione di O₃ non è sempre lineare.

7.3 Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana

Analogamente al valore obiettivo di cui al paragrafo precedente, questo standard si calcola prendendo il valore massimo delle medie giornaliere di otto ore, confrontandolo con il limite normativo di 120 µg/m³. È quindi un valore annuale non mediato su tre anni.

L'obiettivo a lungo termine si ritiene raggiunto se, durante l'anno, nessuna media su otto ore è superiore a 120 µg/m³. Il d.lgs. n.155/2010 non stabilisce un anno dal quale vige questo obiettivo. Nel Lazio l'obiettivo a lungo termine è rispettato solo in alcuni anni a Viterbo e nel comprensorio di Civitavecchia.

7.4 Valore obiettivo per la protezione della vegetazione (AOT40)

L'AOT40 (*Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb*; espresso in µg/m³*h) è un indicatore calcolato come somma della differenza fra le concentrazioni orarie di O₃ superiori a 80 µg/m³ (40 ppb) e 80 µg/m³ da maggio a luglio, utilizzando solo i valori orari medi rilevati ogni giorno tra le 08:00 e 20:00, ora dell'Europa centrale (CET). Il valore obiettivo per la protezione della vegetazione prevede che si esegua una media su 5 anni del valore annuo calcolato come appena descritto, e la media viene confrontata con il valore obiettivo di 18000 µg/m³ per stabilire se si è in superamento.

Nella Tabella 24 sono mostrati i valori dell'AOT40 calcolati nel periodo 2013-2022.

Tabella 24. Valori di AOT40 (µg/m³*h) dal 2013 al 2022 registrati presso i siti fissi di misura della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. In grassetto sono evidenziati i superamenti del valore limite di AOT40 imposto dalla norma (18000 µg/m³*h). Il simbolo del trattino (-) è utilizzato per segnalare i dati mancanti e indica che non sono state condotte analisi in quel sito durante uno specifico anno

	Centraline	2009-2013	2010-2014	2011-2015	2012-2016	2013-2017	2014-2018	2015-2019	2016-2020	2017-2021	2018-2022	
Agglomerato di Roma 2021	Villa Ada	17589	17897	19351	17214	14759	15111	15240	12255	10676	12692	
	Arenula	14552	11539	11354	9833	8271	7973	7734	4724	3888	4350	
	Bufalotta	11901	12887	13426	13518	13416	13303	13300	12086	10424	12110	
	Tenuta del Cavaliere	13578	15991	18008	17962	17748	18313	19151	17161	16551	17269	
	Cinecittà	20193	20590	19183	18170	18277	16457	15100	14339	15744	14174	
	Cipro	7939	9200	9388	7666	7139	6388	5602	4742	5263	5484	
	Fiumicino Villa Guglielmi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8988	9679
	Castel di Guido	8447	11686	16316	18881	20290	21381	18649	13276	10017	10817	
	Malagrotta	23832	21375	22017	20398	19898	19778	16558	12095	12129	11877	
	Preneste	22192	21834	21912	21348	19899	18201	20449	18971	18364	19322	

Tabella 24. Segue.

	Centraline	2009-2013	2010-2014	2011-2015	2012-2016	2013-2017	2014-2018	2015-2019	2016-2020	2017-2021	2018-2022
Zona Appenninica-Valle del Sacco 2021	Collefero Oberdan	10761	14109	15093	13890	13348	12678	13277	11480	11023	9752
	Fontechiari	35994	29809	33516	26527	26235	28868	27281	21663	20998	17302
	Frosinone Mazzini	27052	20286	20714	18985	19053	18251	17847	14922	13032	11559
	Leonessa	24496	24165	24953	22943	22816	21905	23276	21198	17898	18455
	Rieti	21011	17922	18772	17604	18225	19255	16099	11611	8843	6044
	Viterbo	11974	11197	8943	6918	5361	4314	4561	5179	6219	8451
	Acquapendente	21394	19094	20287	17181	15621	14493	15632	10662	11616	12765
Zona Litoranea 2021	LT Tasso	11768	15098	16212	13478	10080	8115	5746	4132	2966	3370
	Gaeta Porto	-	-	-	-	-	18142	16167	11706	9558	10395
	Allumiere	21381	23224	25150	26229	24870	23526	22156	19117	15286	16707
	Civitavecchia	11666	9311	9904	8220	10107	10395	10635	9340	8405	6673
	Civ. Villa Albani	-	-	-	-	-	11223	10984	9779	9419	10753
	Civ. Via Morandi	-	-	-	-	-	5607	5396	4478	3962	4333
	Allumiere Aldo Moro	-	-	-	-	-	-	-	17068	19318	25103
	S. Agostino	-	-	-	-	-	-	-	12249	13891	16003

L'AOT40 negli anni 2013-2022, calcolato come media su 5 anni, è superiore ai 18000 µg/m³*h in tutte le zone, sia in stazioni rurali sia in alcune di quelle urbane.

Nella Figura 15 l'indicatore viene mostrato disaggregato per zone: in zona Appenninica-Valle del Sacco e in zona Litoranea il valore dell'indicatore ha assunto un andamento decrescente negli ultimi anni. Questo è particolarmente evidente osservando i dati della centralina rurale di fondo Fontechiari che ha restituito superamenti in tutto l'arco temporale considerato, tuttavia rilevando valori sempre meno elevati e rientrando nei limiti normativi nell'ultimo quinquennio (Figura 15, pannello B). Le stesse considerazioni riguardano la centralina Allumiere in Zona Litoranea (Figura 15, pannello C). Permangono alcune criticità presso la centralina Allumiere Aldo Moro.

Nell'Agglomerato di Roma (Figura 15, pannello A) l'indicatore non presenta un andamento sistematico e i valori risultano comunque in decremento dal 2013 al 2022.

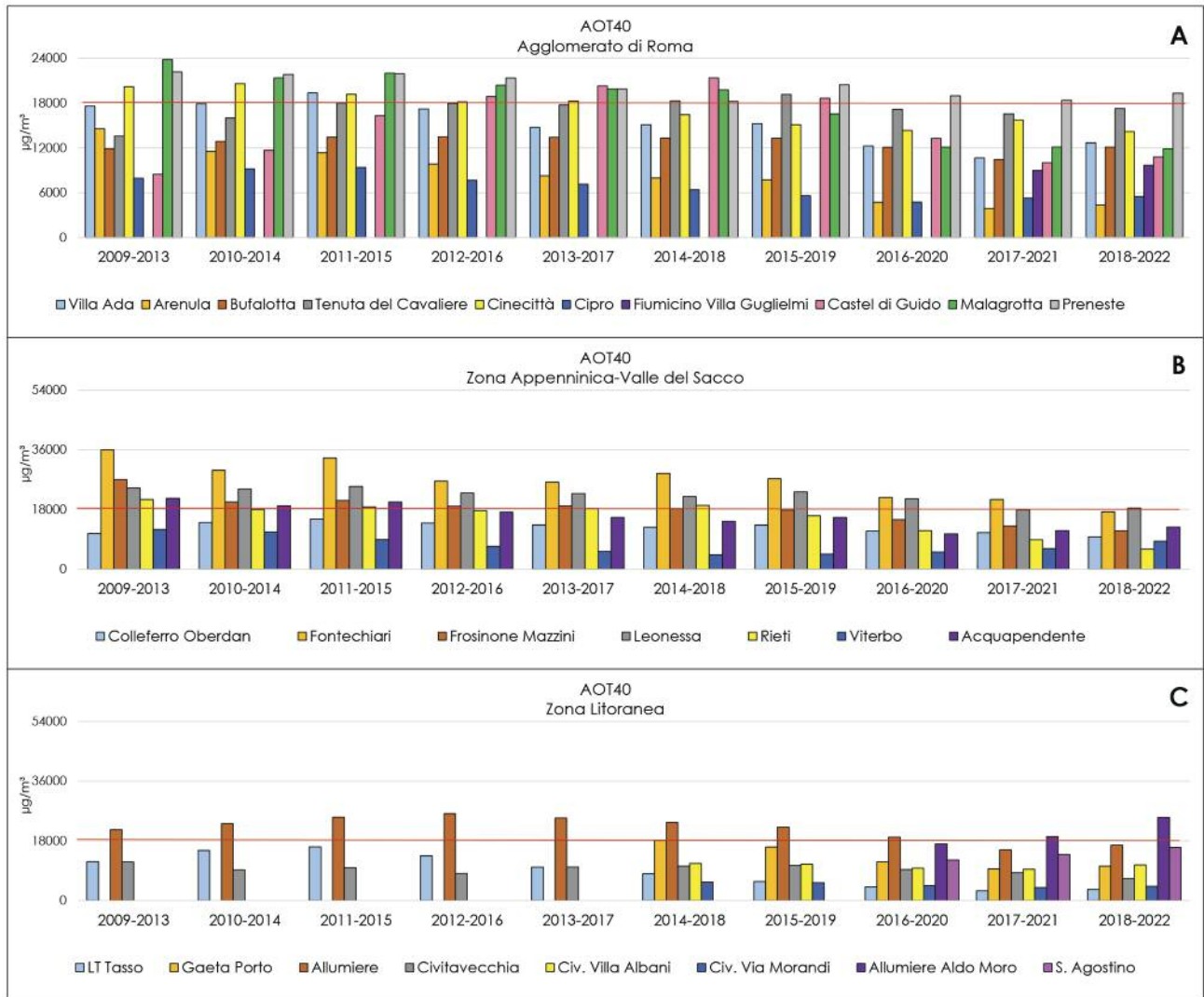


Figura 15. Andamento dell'AOT40 dal 2013 al 2022, calcolato sui dati di O_3 provenienti dalle centraline fisse di monitoraggio dell'Agglomerato di Roma (pannello A), della zona Appenninica-Valle del Sacco (pannello B) e della zona Litoranea (pannello C). La linea rossa indica il valore limite imposto dal d.lgs. n. 155/2010 ($18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$).

8. CONCLUSIONI

In questo rapporto è stata presentata un'analisi dei dati di qualità dell'aria raccolti dalla rete fissa di monitoraggio della Regione Lazio nel decennio 2013-2022, con l'obiettivo di delineare la situazione complessiva dello stato della qualità dell'aria nella regione e fornire un quadro delle tendenze in atto.

Dall'analisi dei dati è emerso quanto segue:

- le concentrazioni di **SO₂** e **CO** sono da anni al di sotto dei limiti definiti dalla norma, a testimonianza della sostanziale riduzione della loro emissione in atmosfera;
- le concentrazioni medie annue di **C₆H₆** hanno mostrato un andamento stabile nel periodo 2013-2022, con valori al di sotto del limite normativo, attribuibili all'attuazione di specifiche e mirate politiche di controllo delle emissioni del settore dei trasporti, notoriamente responsabile della diffusione di benzene in atmosfera;
- sebbene limitatamente alla sola zona della Valle del Sacco, si riscontrano ancora criticità relative alla concentrazione media annua di **benzo(a)pirene**, rilevata sui campioni di **PM₁₀**;
- la concentrazione media annua di **As, Cd, Ni e Pb**, determinata sui campioni di **PM₁₀**, è ben al di sotto dei limiti normativi in tutta la regione Lazio;
- la concentrazione media annua del **PM₁₀**, misurata nel periodo 2013-2022, ha evidenziato delle criticità circoscritte alla zona Valle del Sacco. Tuttavia, negli ultimi 4 anni non sono stati rilevati superamenti del valore limite in tutta la regione;
- in tutto il decennio oggetto di analisi, il numero dei superamenti del valore limite di concentrazione media giornaliera di **PM₁₀** ha sfiorato il massimo consentito dalla norma nella zona Valle del Sacco e nell'Agglomerato di Roma. In quest'ultima area, negli ultimi due anni solo una centralina è risultata in superamento. Al contrario, sussistono ancora criticità piuttosto rilevanti in quasi tutte le centraline di monitoraggio della zona Valle del Sacco;
- tra il 2013 e il 2022 si sono verificati superamenti non sistematici della concentrazione media di **PM_{2.5}** nella sola zona Valle del Sacco. Nell'ultimo anno del periodo considerato solo una centralina ha superato il limite normativo;
- nei primi anni del periodo in esame, la concentrazione media annua di **NO₂** ha superato il limite normativo nelle zone Valle del Sacco e Litoranea e nell'Agglomerato di Roma. Negli ultimi anni, si sono riscontrati superamenti limitati all'Agglomerato e associati alle stazioni urbane di traffico. Ciononostante, è emerso un andamento promettente dei valori misurati, caratterizzato da una tendenza decrescente, o comunque stabile, delle concentrazioni medie annuali di **NO₂** per la maggior parte delle stazioni;
- in ogni anno del decennio in esame sono stati riscontrate alcune ore di superamento del valore limite orario di **NO₂**, comunque al di sotto del limite consentito dal 2014 all'ultimo anno considerato;
- le concentrazioni di **O₃** rilevate nel decennio esaminato sono state tali da superare il valore obiettivo e l'AOT40 in tutta la regione Lazio. I valori sono tuttavia in decremento, nonostante le politiche di controllo dell'**O₃** siano particolarmente complesse a causa della natura secondaria dell'inquinante e degli articolati processi che ne causano la formazione. A complicare ulteriormente il controllo della formazione di **O₃** si aggiungono le problematiche legate al progressivo aumento delle temperature e alla diminuzione delle precipitazioni, riscontrati negli ultimi 10 anni [13].

Nel complesso, l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici mostra un miglioramento generale dello stato di qualità dell'aria nel Lazio dal 2013 al 2022, con variazioni che dipendono dalla zona geografica e dalla tipologia di inquinante, attribuibile alle misure attuate negli ultimi anni, nei diversi settori che contribuiscono alle emissioni in atmosfera. Il periodo analizzato include gli anni della pandemia di SARS Cov-2, i cui effetti sull'inquinamento atmosferico nel breve periodo sono emersi in modo più rilevante per gli inquinanti gassosi, mentre gli effetti determinati dalle modifiche apportate

agli stili di vita e all'economia potranno eventualmente essere approfonditi nei prossimi anni in un quadro generale reso ancora più complesso dagli effetti della guerra in Ucraina.

La Regione Lazio, con la Deliberazione del Consiglio regionale n. 8 del 5 ottobre 2022 (pubblicata sul BURL n. 88 del 25/10/2022), ha approvato l'aggiornamento del Piano di risanamento della qualità dell'aria (A-PRQA).

L'A-PRQA, redatto ai sensi degli articoli 9 e 10 del d.lgs. n.155/2010 e ss.mm.ii., rappresenta lo strumento attraverso cui l'autorità competente individua le misure atte a garantire il rispetto degli obiettivi di qualità dell'aria tesi a evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e sull'ambiente.

Il Piano è il risultato di un articolato e complesso processo dinamico, previsto dalla normativa europea e nazionale (articoli 9 e 10 del d.lgs. n.155/2010 e ss.mm.ii), che prevede momenti conoscitivi, valutazione preliminare della qualità dell'aria, zonizzazione del territorio sulla base dei livelli degli inquinanti, sviluppo di modelli integrati finalizzati alla stima della concentrazione degli inquinanti in atmosfera, e quindi dei livelli di qualità dell'aria sull'intero territorio, nonché alla previsione di scenari futuri, individuazione dei principali fattori determinanti l'inquinamento, pianificazione degli interventi.

La completa attuazione dei provvedimenti individuati nel Piano dovrebbe permettere di raggiungere il rispetto dei limiti nel corso di pochi anni.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ali, M.U., Liu, G., Yousaf, B. et al., "A systematic review on global pollution status of particulate matter-associated potential toxic elements and health perspectives in urban environment". *Environmental Geochemistry and Health*, 41 (2019), pp. 1131–1162
- [2] Ramli, N. A., Yusof, N. F. F. M., Shith, S., Suroto, A., "Chemical and biological compositions associated with ambient respirable particulate matter: a review". *Water, Air, & Soil Pollution*, 231 (2020), pp. 1-14
- [3] Hinds, W. C., *Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles* (2 ed.), New York: Wiley-Interscience, 1999
- [4] John W., *Size Distribution Characteristics of Aerosols in:* Baron, P. A., Willeke, K., *Aerosol Measurement*, New York: Wiley-Interscience, (Working Group on Particles. Position Paper on Ambient Air Pollution by Particulate Matter)
- [5] Whitby, K. T., "The physical characteristics of sulfur aerosols". *Atmospheric Environment*, 12, 1-3 (1978), pp. 135-159
- [6] Hamanaka, R. B., Mutlu, G. M., "Particulate matter air pollution: effects on the cardiovascular system". *Frontiers in endocrinology*, 9, 680(2018)
- [7] Agay-Shay, K., Friger, M., Linn, S., Peled, A., Amitai, Y., & Peretz, C., "Air pollution and congenital heart defects". *Environmental research*, 124 (2013), pp. 28-34
- [8] Zhang LW, Chen X, Xue XD et al., "Long-term exposure to high particulate matter pollution and cardiovascular mortality: a 12-year cohort study in four cities in northern China". *Environment International*, 62 (2014), pp. 41–47
- [9] Schifano, P., Lallo, A., Asta, F., De Sario, M., Davoli, M., Michelozzi, P., "Effect of ambient temperature and air pollutants on the risk of preterm birth, Rome 2001–2010". *Environment international*, 61 (2013), pp. 77-87
- [10] Van den Hooven, E. H., Pierik, F. H., de Kluizenaar, Y., Willemsen, S. P., Hofman, A., van Ratingen, S. W., et al., Jaddoe, V. W., "Air pollution exposure during pregnancy, ultrasound measures of fetal growth, and adverse birth outcomes: a prospective cohort study". *Environmental health perspectives*, 120,1(2012), pp. 150-156
- [11] Losacco, C., Perillo, A., "Particulate matter air pollution and respiratory impact on humans and animals". *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 34(2018), pp. 33901-33910
- [12] Janghorbani, M., Momeni, F., Mansourian, M., "Systematic review and metaanalysis of air pollution exposure and risk of diabetes". *European journal of epidemiology*, 29, 4 (2014), pp. 231-242.
- [13] Agenzia Regionale Protezione Ambientale della Regione Lazio, *Valutazione della qualità dell'aria della Regione Lazio 2022* https://www.arpalazio.it/documents/20124/55931/VQA_2022_web.pdf

Report - Aria




ARPALAZIO
AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO

