

## **Regione Lazio**

### **DIREZIONE POLITICHE AMBIENTALI E CICLO DEI RIFIUTI**

Atti dirigenziali di Gestione

Determinazione 29 ottobre 2019, n. G14739

**Approvazione del documento tecnico per la definizione della stazione di riferimento ai fini dell'individuazione delle situazioni di perdurante accumulo degli inquinanti atmosferici.**

OGGETTO: Approvazione del documento tecnico per la definizione della stazione di riferimento ai fini dell'individuazione delle situazioni di perdurante accumulo degli inquinanti atmosferici.

IL DIRETTORE DELLA DIREZIONE REGIONALE POLITICHE AMBIENTALI E  
CICLO DEI RIFIUTI

**VISTA** la Legge Statutaria della Regione Lazio del 11 novembre 2004, n.1;

**VISTA** la legge regionale del 18 febbraio 2002, n.6 "Disciplina del sistema organizzativo della Giunta e del Consiglio e disposizioni relative alla dirigenza ed al personale regionale" e successive modifiche ed integrazioni;

**VISTO** il regolamento regionale del 06 settembre 2002 n.1 "Regolamento di organizzazione degli uffici e dei servizi della Giunta Regionale" e successive modifiche;

**VISTA** la D.G.R. n. 714 del 06 novembre 2017 con la quale è stato conferito l'incarico di Direttore della Direzione Regionale "Politiche Ambientali e Ciclo dei Rifiuti", all'Ing. Flaminia Tosini;

**VISTO** l'Atto di Organizzazione n. G10958 del 01 agosto 2017, con cui è stato conferito l'incarico di Dirigente dell'Area "Conservazione e Tutela Qualità dell'Ambiente" all'Arch. Pasquale Zangara;

**VISTA** la D.C.R. n. 66 del 10 dicembre 2009 "Approvazione del Piano per il Risanamento della Qualità dell'Aria";

**VISTO** il decreto legislativo 13 agosto 2010, n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" e successive modifiche e integrazioni;

**VISTA** la D.G.R. n. 643 del 30 ottobre 2018 Aggiornamento della DGR 459/2018 di "Approvazione dello schema di Accordo di Programma tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e la Regione Lazio, per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nella Regione Lazio";

**PRESO ATTO** che in data 15 ottobre 2019, Arpa Lazio ha trasmesso con nota prot. n. 819286 il documento tecnico "Presupposti tecnici e metodologici per la definizione della stazione di riferimento", allegato alla presente determinazione;

**RITENUTO CHE:**

La Regione Lazio, con il supporto dell'ARPA Lazio, ha definito la stazione di riferimento per l'attivazione delle misure temporanee omogenee da applicare in presenza delle situazioni di perdurante accumulo degli inquinanti:

- La stazione di riferimento, fondata sul principio di precauzione, è stata definita sulla base delle caratteristiche del territorio, della rete di monitoraggio e di una serie di presupposti tecnici e metodologici descritti in allegato;
- **La stazione di riferimento per tutti i comuni del Lazio, ad esclusione di Roma Capitale**, è costituita dal valore massimo della concentrazione media giornaliera di PM10 calcolato tra le celle della griglia del modello di analisi e valutazione della qualità dell'aria operativo presso il Centro Regionale della Qualità dell'Aria (CRQA) dell'ARPA Lazio, che afferiscono, anche parzialmente, ai confini amministrativi del Comune;

- **La stazione di riferimento per Roma Capitale** è costituita dal 99° percentile dei valori della concentrazione media giornaliera di PM10 calcolato tra tutte le celle della griglia del modello che si trovano all'interno, anche parzialmente, dei confini amministrativi di Roma Capitale.

**CONSIDERATO che:**

Ai fini dell'applicazione della Deliberazione del 30 ottobre 2018 n. 643 e del Piano di Risanamento della Qualità dell'Aria saranno quotidianamente disponibili sul sito del Centro Regionale della Qualità dell'Aria (CRQA) di Arpa Lazio i valori dell'indicatore sopra descritto su un arco temporale pari a:

- (a) 10 giorni precedenti rispetto al giorno corrente;
- (b) 5 giorni di previsione a partite dal giorno corrente.

Relativamente al punto (a) l'indicatore viene calcolato a partire dai risultati delle simulazioni modellistiche assimilate con i dati rilevati dalle stazioni di misura della rete di monitoraggio regionale secondo quanto previsto dal D. lgs. 155/2010;

Relativamente al punto (b), l'indicatore viene calcolato esclusivamente sulla base delle informazioni prodotte dal sistema modellistico previsionale in uso presso Arpa Lazio.

**DETERMINA**

le premesse fanno parte integrante e sostanziale della presente determinazione,

- di approvare l'allegato documento tecnico "Presupposti tecnici e metodologici per la definizione della stazione di riferimento", predisposto da Arpa Lazio;
- di pubblicare la presente determinazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Lazio.

Il Direttore Regionale  
Ing. Flaminia Tosini



## ALLEGATO

### **“Presupposti tecnici e metodologici per la definizione della stazione di riferimento “**

*La D.G.R.643 del 30 ottobre 2018 stabilisce, per le zone della Valle del Sacco e dell'agglomerato di Roma, le misure temporanee da mettere in atto al presentarsi di criticità per la qualità dell'aria fissando, inoltre, i criteri di attivazione di dette misure nelle zone interessate in funzione della concentrazione di PM10 registrata in una stazione identificata di riferimento per ogni area di applicazione.*

*Il presente documento illustra, alla luce del sistema di monitoraggio della qualità dell'aria attivo nella regione Lazio, i presupposti tecnici e metodologici utilizzati dalla Regione Lazio per definire la stazione di riferimento che potrà essere utilizzata per l'attuazione di misure temporanee in tutti i comuni del Lazio e per la stima dei valori dei diversi inquinanti a scala comunale.*

#### **IL SISTEMA DI MONITORAGGIO DI QUALITÀ DELL'ARIA**

Il Sistema di monitoraggio della qualità dell'aria, operativo nel Lazio consente di individuare per ogni punto del territorio regionale e per ogni ora dell'anno il valore della concentrazione media (oraria, per le specie gassose, giornaliera per il particolato sottile) degli inquinanti previsti dalla normativa vigente e di valutare il rispetto o meno dei limiti di legge. Il sistema è costituito da diversi e complessi sottosistemi di monitoraggio della qualità dell'aria tra loro interagenti: la rete fissa, il sistema mobile, il sistema di monitoraggio meteorologico e micrometeorologico e il sistema modellistico. Tra i sistemi di monitoraggio ai fini del computo dei valori giornalieri di PM10 per ogni stazione di riferimento comunale del Lazio non vengono utilizzate le concentrazioni registrate nelle campagne con mezzo mobile, che entrano invece nelle valutazioni annuali di qualità dell'aria. Per questo motivo di seguito si riporta una descrizione dei sistemi di monitoraggio regionale della qualità dell'aria con l'esclusione del sistema mobile.

#### **La rete di monitoraggio di qualità dell'aria**

ARPA Lazio gestisce per conto della Regione Lazio la rete di monitoraggio fissa della qualità dell'aria, costituita attualmente da 55 postazioni di misura in cui viene misurata la concentrazione in aria delle principali specie inquinanti previste dalla normativa vigente. Di queste 55 stazioni di monitoraggio, 46 sono incluse nel programma di valutazione della qualità dell'aria regionale approvato con 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; 16 stazioni nell'Agglomerato di Roma (di cui 1 non inclusa nel programma di valutazione regionale); 24 stazioni in zona Litoranea (di cui 8 non incluse nel programma di valutazione regionale).

Le centraline non incluse nel programma di valutazione sono: Boncompagni per l'Agglomerato di Roma e le restanti 8 in zona Litoranea: Civitavecchia Morandi, Civitavecchia Porto, Fiumicino Porto, Aurelia, San Gordiano, Santa Marinella, Allumiere e Tolfa (queste ultime 5 appartenenti alla rete "ex-Enel"). Delle centraline ex-ENEL non è attualmente attive la stazioni di Tarquinia. Nel corso del



2018 sono stati installati degli analizzatori di PM2.5 nelle stazioni di Colferro Europa e Ferentino, la copertura temporale del dato non è però sufficiente a calcolare la media annua. La dislocazione delle stazioni di misura sul territorio regionale viene riportata in *Figura 1*.

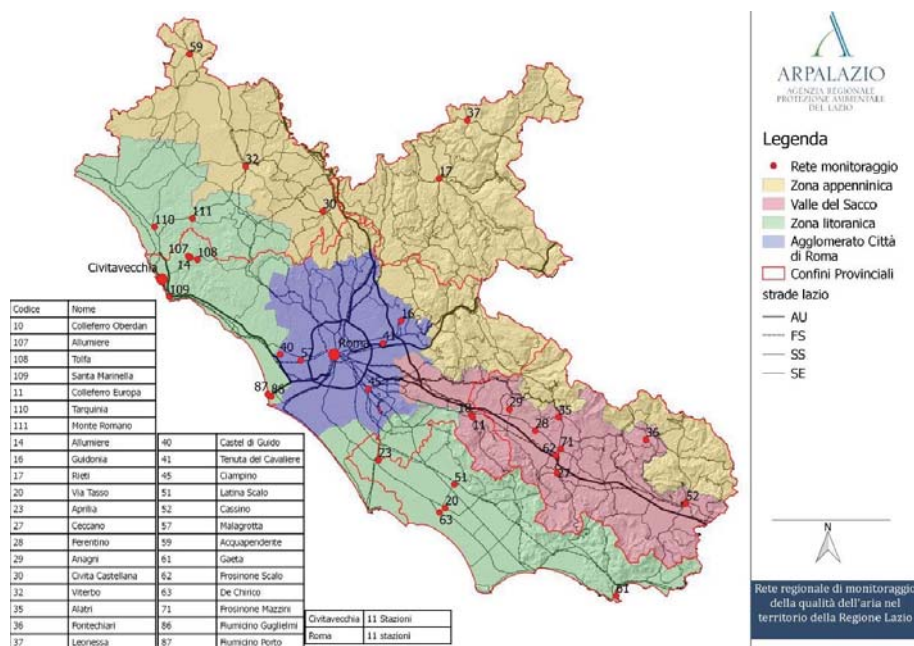


Figura 1- Localizzazione delle stazioni della rete di misura regionale del Lazio nel 2018.

Per maggiore chiarezza, nelle *Figura 2*, *Figura 3* e *Figura 4* sono riportati i dettagli cartografici delle stazioni localizzate, rispettivamente, nell'Agglomerato di Roma, nella Zona Valle del Sacco e nel comune di Civitavecchia.

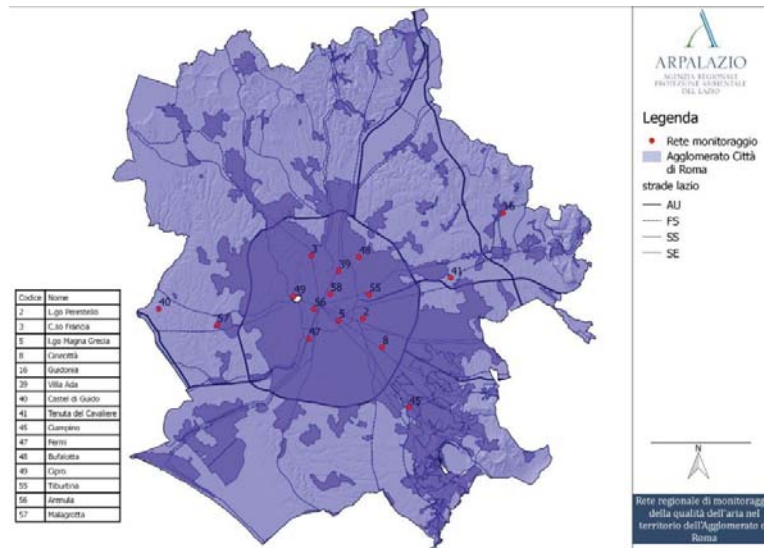


Figura 2 - Stazioni dell'Agglomerato di Roma.

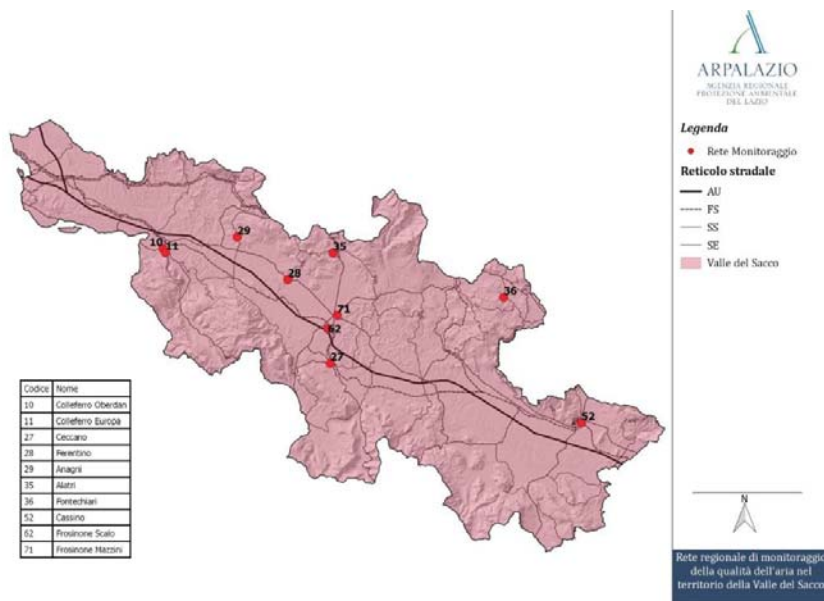


Figura 3 - Stazioni di misura nella Valle del Sacco.

Nella *Figura 4* il dettaglio cartografico dell'area urbana di Civitavecchia.

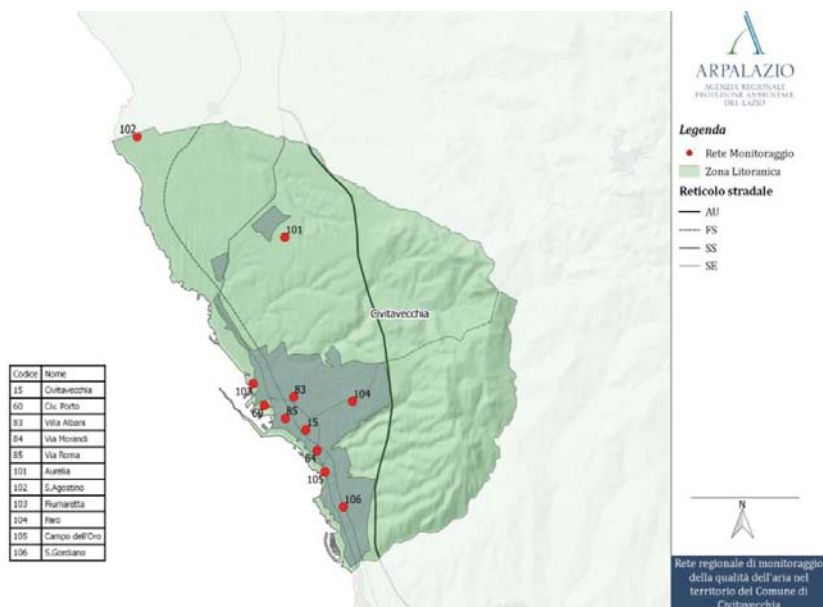


Figura 4 - Stazioni della rete di misura nel comune di Civitavecchia.

Nelle tabelle seguenti vengono riportate, per ogni Zona in cui il territorio regionale è suddiviso ai fini della valutazione della qualità dell'aria, la dotazione strumentale delle stazioni di misura e la loro tipologia (U-urbana, S- suburbana, R- rurale, I- industriale, B- background, T- traffico).

Tabella.1 - Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni nella Zona Litoranea.

Zona Litoranea												
Comune	Stazione	Lat.	Long.	PM10	PM2.5	NOX	CO	BTEX	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	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 <sup>^</sup>			
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					



Zona Litoranea												
Comune	Stazione	Lat.	Long	PM10	PM2.5	NOX	CO	BTEX	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	Metalli	IPA
Civitavecchia	Via Morandi <sup>^</sup>	42.10	11.79			X			X			
Civitavecchia	Porto <sup>^</sup>	42.09	11.81	X		X				X		
Fiumicino	Porto <sup>^</sup>	41.77	12.22	X		X						
Fiumicino	Villa Guglielmi	41.77	12.24	X	X	X			X			
Civitavecchia	Aurelia <sup>^</sup>	42.14	11.79	X		X						
Civitavecchia	S,Agostino	42.16	11.74	X		X			X			
Civitavecchia	Fiumaretta	42.10	11.78	X	X <sup>^</sup>	X	X <sup>^</sup>	X <sup>^</sup>		X	X <sup>^</sup>	X <sup>^</sup>
Civitavecchia	Faro	42.10	11.82	X	X	X				X		
Civitavecchia	Campo dell'Oro	42.08	11.81	X <sup>^</sup>	X <sup>^</sup>	X				X		
Civitavecchia	S,Gordiano	42.07	11.82	X		X						
Allumiere	Allumiere <sup>^</sup>	42.16	11.90	X	X	X			X	X		
Tolfa	Tolfa <sup>^</sup>	42.15	11.94	X		X						
Tarquinia	Tarquinia	42.24	11.77	X		X				X		
Monte Romano	Monte Romano	42.27	11.91	X <sup>^</sup>		X						
S. Marinella	S. Marinella <sup>^</sup>								X			

(<sup>^</sup>) -non inserita nel progetto di rete

Tabella.2 - Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni nell'Agglomerato di Roma.

Agglomerato di Roma												
Comune	Stazione	Lat.	Long	PM10	PM2.5	NOX	CO	BTEX	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	Metalli	IPA
Roma	L.go Arenula	41.89	12.48	X	X	X			X			
Roma	L.go Perestrello	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	41.8	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						





Agglomerato di Roma												
Comune	Stazione	Lat.	Long	PM10	PM2.5	NOX	CO	BTEX	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	Metalli	IPA
Roma	Malagrotta	41.87	12.35	X	X	X		X	X	X		
Roma	Boncompagni	41,91	12,50	X	X	X			X			

Tabella.3 - Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni nella Zona Valle del Sacco.

Zona Valle del Sacco												
Comune	Stazione	Lat.	Long	PM10	PM2.5	NOX	CO	BTEX	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	Metalli	IPA
Colleferro	Colleferro Oberdan	41.73	13.00	X		X	X		X	X		
Colleferro	Colleferro Europa	41.73	13.01	X	X <sup>^</sup>	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 <sup>^</sup>	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

(<sup>^</sup>) -non inserita nel progetto di rete

Tabella.4 - Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni nella Zona Appenninica.

Zona Appenninica												
Comune	Stazione	Lat.	Long	PM10	PM2.5	NOX	CO	BTEX	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	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 Castellana	Civita Castellana Petrarca	42.30	12.41	X		X				X		
Viterbo	Viterbo	42.42	12.11	X	X	X	X	X	X	X		

#### La rete di monitoraggio meteorologica e micrometeorologica

La complessa struttura orografica del Lazio influisce notevolmente sulle caratteristiche meteorologiche e micro-meteorologiche del territorio che sono alla base dei processi di dispersione delle sostanze inquinanti rilasciate in atmosfera. Per meglio comprendere i processi che hanno luogo nel territorio regionale è necessario avere a disposizione misure di tipo meteorologico e micrometeorologico che rappresentino l'intero territorio. E' risultato indispensabile costruire e gestire una rete di tipo innovativo in grado di supportare le attività di



monitoraggio e controllo della qualità dell'aria. Così è nata la rete micrometeorologica di ARPA Lazio.

Quattro stazioni sono posizionate nell'Agglomerato di Roma e le restanti nei quattro capoluoghi di provincia della regione. Le stazioni sono dotate di sensori meteorologici classici (temperatura, umidità, pressione e precipitazione) associati a strumentazione dedicata alla dispersione degli inquinanti (anemometri sonici, piranometri e pirogeometri). Oltre alla valutazione della dispersione meccanica (vento) e del dilavamento (precipitazioni) tramite questi sofisticati sensori si possono ricavare informazioni relative alla turbolenza atmosferica attraverso variabili ricavate che danno indicazioni delle capacità dispersiva dei primi strati dell'atmosfera.

Tabella 5 - Localizzazione delle stazioni della rete micrometeorologica.

Zona	Sigla	Località	Latitudine	Longitudine
IT1215 - Agglomerato di Roma	AL001	Roma – CNR Tor Vergata	41.8417	12.6476
	AL003	Roma – Tenuta del Cavaliere	41.9290	12.6583
	AL004	Roma – Castel di Guido	41.8894	12.2664
	AL007	Roma – Boncompagni	41.9093	12.4965
IT1212 - Valle del Sacco	AL006	Frosinone	41.6471	13.2999
IT1213 - Litoranea	AL002	Latina	41.4850	12.8457
IT1211 - Appenninica	AL005	Rieti	42.4294	12.8191
	AL008	Viterbo	42.4308	12.0625

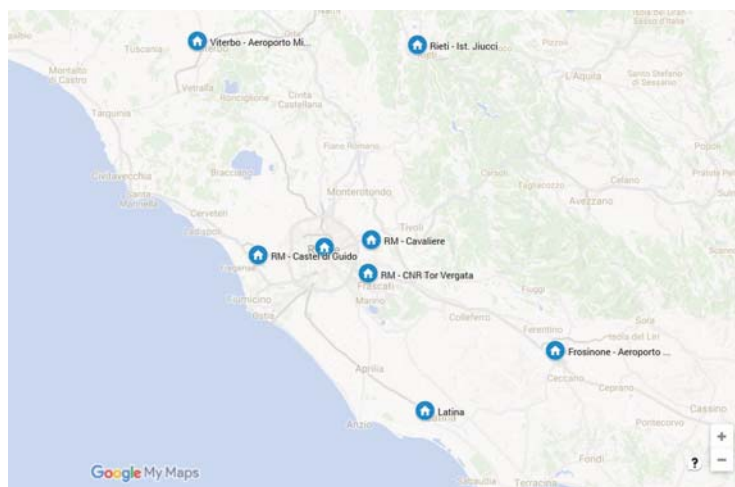


Figura 5 - Localizzazione delle stazioni della rete micrometeorologica.

Le misure acquisite dalle singole postazioni di misura vengono acquisite ed elaborate da un sistema informatico. In particolare da ciascuna di esse vengono fornite le grandezze seguenti: la media oraria della velocità e della direzione del vento, la media oraria della temperatura e dell'umidità relativa, la media oraria della pressione atmosferica, il valore cumulato orario di precipitazione, la



radiazione globale media oraria, l'albedo medio orario, il valore medio orario della radiazione infrarossa terrestre ed atmosferica, il valore medio orario della radiazione netta, il valore medio orario del flusso di calore nel suolo, la deviazione standard della direzione del vento, la deviazione standard delle due componenti orizzontali e della componente verticale del moto, la deviazione standard della temperatura virtuale dell'aria, il flusso turbolento di calore sensibile, la velocità di frizione, l'energia cinetica turbolenta, la lunghezza di Monin-Obukhov. Tutte queste grandezze vengono calcolate su base oraria e rese disponibili per le applicazioni modellistiche. Inoltre, tutte le misure elementari che ne consentono la stima vengono archiviate nel formato originario per consentire ulteriori elaborazioni future.

Queste grandezze consentono la stima delle caratteristiche medie del PBL e della sua capacità disperdente e vengono impiegate nelle ricostruzioni e nelle previsioni meteorologiche realizzate dalle catene modellistiche operative al Centro regionale della Qualità dell'Aria.

A completamento del monitoraggio meteorologico realizzato dalla rete micrometeorologica, alcune delle postazioni delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria sono dotate di stazioni meteorologiche convenzionali. Il quadro attuale dell'insieme di misure meteorologiche realizzate da queste postazioni di misura di tipo tradizionale è descritto nella Tabella 6: misure meteorologiche della rete meteorologica convenzionale.



Tabella 6: misure meteorologiche della rete meteorologica convenzionale

ZONA	Stazione	Temperatura	Umidità	Pressione	Radiazione Solare	Pioggia	Vento
Agglomerato di Roma	Villa Ada	x	x			x	
	Fermi	x	x	x		x	
	Magna Grecia	x	x			x	
	Cipro	x	x			x	
	Preneste	x	x			x	
	Bufalotta	x				x	
	Corso Francia	x				x	
	Cinecittà	x					
	Tiburtina	x					
Zona Litoranea	Largo Arenula	x					
	Latina de Chirico	x	x	x	x	x	
	Civitavecchia	x	x	x	x	x	
	Porto						
	Allumiere					x	
Zona Valle del Sacco	Fiumicino Porto	x				x	x
	Gaeta	x	x	x	x	x	x
	Fontechiari	x	x	x	x	x	x
	Colleferro	x	x	x	x	x	x
	Cassino	x	x	x	x	x	x
	Ceccano			x	x		
Zona Appenninica	Alatri			x	x		
	Anagni				x		
	Acquapendente	x	x	x	x	x	x
Zona Appenninica	Leonessa			x		x	
	Civita Castellana	x		x			

#### Il sistema modellistico di analisi e valutazione

È operativo presso il Centro Regionale della Qualità dell'Aria (CRQA) di ARPA Lazio un sistema modellistico per determinare la distribuzione spaziale e temporale delle concentrazioni degli inquinanti previsti dal d.lgs. n.155/2010. Il sistema viene utilizzato in modalità sia previsionale che ricostruttiva. In particolare il sistema fornisce:

- ✓ Previsioni di inquinamento atmosferico: quotidianamente il CRQA mette a disposizione sul sito internet dell'Agenzia le previsioni fino a 120 ore (5 giorni) della distribuzione spaziale della concentrazione dei principali inquinanti sul territorio regionale, con attenzione particolare in alcune aree, quella metropolitana di Roma e la Valle del Sacco, poiché più critiche per la qualità dell'aria, quella di Civitavecchia, per la concentrazione di sorgenti.
- ✓ Ricostruzione dello stato della qualità dell'aria del giorno precedente: quotidianamente il sistema modellistico fornisce, per il giorno precedente, le informazioni necessarie ai fini della verifica del rispetto dei valori limite imposti dal d.lgs. n.155/2010 su tutto il territorio regionale a partire dai campi di concentrazione prodotti dalla catena modellistica integrati/combinati con le misure, sia fisse che indicative, mediante tecniche di assimilazione e tecniche statistiche di stima oggettiva. Tali informazioni, di cui sono disponibili le stime numeriche per ogni comune del territorio regionale, sono consultabili sul sito internet dell'Agenzia.



L'obiettivo di tali informazioni è comunicare ai cittadini le previsioni sull'inquinamento e agli enti competenti le informazioni per l'attuazione di eventuali azioni a tutela della salute umana necessarie nel caso di previsione di eventi acuti di inquinamento atmosferico.

Oltre a ciò, il sistema modellistico viene utilizzato per effettuare:

- ✓ Ricostruzioni Near-Real Time: è la ricostruzione della concentrazione degli inquinanti in tempo quasi-reale. La ricostruzione NRT avviene mediante l'acquisizione, con un ritardo temporale massimo di 3 ore, delle misure di concentrazione della rete di monitoraggio di qualità dell'aria ed integrando tali misure con il sistema modellistico mediante tecniche di assimilazione. L'obiettivo è riprodurre la fotografia continua e più probabile dello stato di qualità dell'aria regionale e delle cause meteorologiche e micrometeorologiche che la determinano.
- ✓ Valutazione della qualità dell'aria: al termine di ogni anno civile il sistema modellistico viene utilizzato per la verifica del rispetto dei limiti previsti dalla norma su tutto il territorio regionale a partire dai campi di concentrazione prodotti dalla catena modellistica integrati/combinati con le misure, sia fisse che indicative, mediante tecniche di assimilazione e tecniche statistiche di stima oggettiva.

#### La catena modellistica

Le previsioni e ricostruzioni di qualità dell'aria sono realizzate dal sistema modellistico costituito dai seguenti moduli, la cui architettura è illustrata nella *Figura 6*.

- Modello meteorologico prognostico RAMS/WRF per il downscaling delle previsioni meteorologiche dalla scala sinottica (previsioni realizzate dalla US-NOAA) alla scala locale;
- Modulo di interfaccia per l'adattamento dei campi meteorologici prodotti da RAMS/WRF ai domini di calcolo innestati di FARM (codice GAP);
- Processore meteorologico per la descrizione della turbolenza atmosferica e per la definizione dei parametri dispersivi (codice SURFPRO);
- Processore per il trattamento delle emissioni (codice EMMA) da fornire come input al modello Euleriano, a partire dai dati dell'inventario nazionale delle emissioni CORINAIR (APAT) e dal modello di traffico ATAC per l'area urbana di Roma;
- Modello Euleriano per la dispersione e le reazioni chimiche degli inquinanti in atmosfera (codice FARM);
- Modulo di post-processing per il calcolo dei parametri necessari alla verifica del rispetto dei limiti di legge (medie giornaliere, medie su 8 ore).

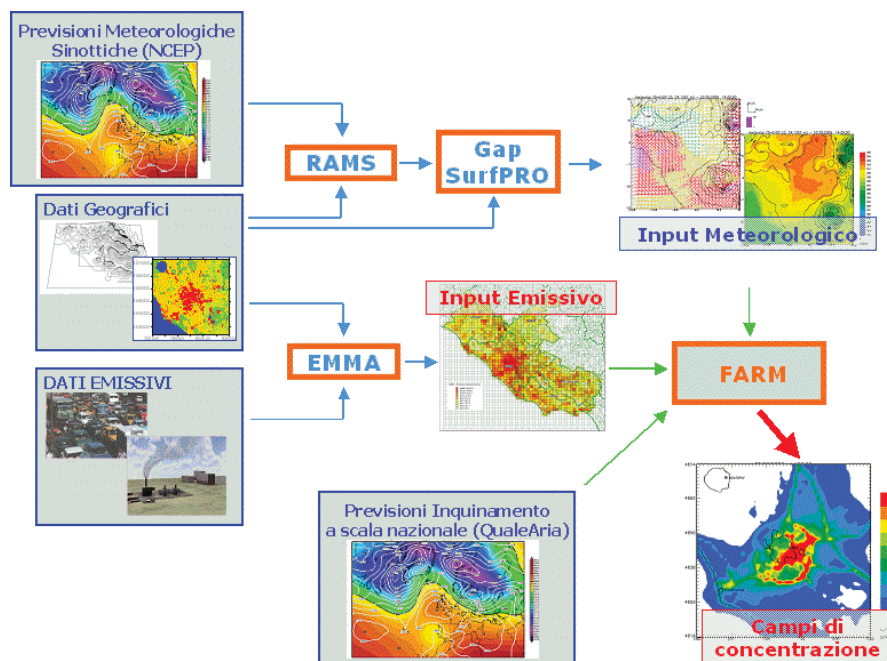


Figura 6 - Schema del sistema modellistico.

#### Domini di calcolo

Il sistema modellistico è applicato simultaneamente alla regione Lazio e a tre porzioni del territorio con una maggiore risoluzione spaziale: l'area metropolitana di Roma, l'intera Valle del Sacco e il comprensorio di Civitavecchia, comprendente la costa da Sant'Agostino a Santa Marinella. La tecnica di nesting dei domini di calcolo permette così di descrivere gli effetti delle sorgenti esterne all'area di interesse e i processi dominati da scale spaziali più grandi della scala urbana, come lo smog fotochimico.

Tabella.7 - Caratteristiche spaziali dei domini di simulazione.

Area	Dominio	Risoluzione
Lazio	240 x 200 km <sup>2</sup>	4 km x 4 km
Roma	60 x 60 km <sup>2</sup>	1 km x 1 km
Valle del Sacco	116 x 70 km <sup>2</sup>	1 km x 1 km
Civitavecchia	24 x 24 km <sup>2</sup>	1 km x 1 km

Mentre per l'intera regione la risoluzione è di 4 km, per l'area metropolitana di Roma, per la zona della Valle del Sacco e per Civitavecchia la risoluzione spaziale considerata è di 1 km e permette la descrizione delle principali caratteristiche del territorio e delle aree urbanizzate, senza entrare nella scala di influenza dei canyon stradali.

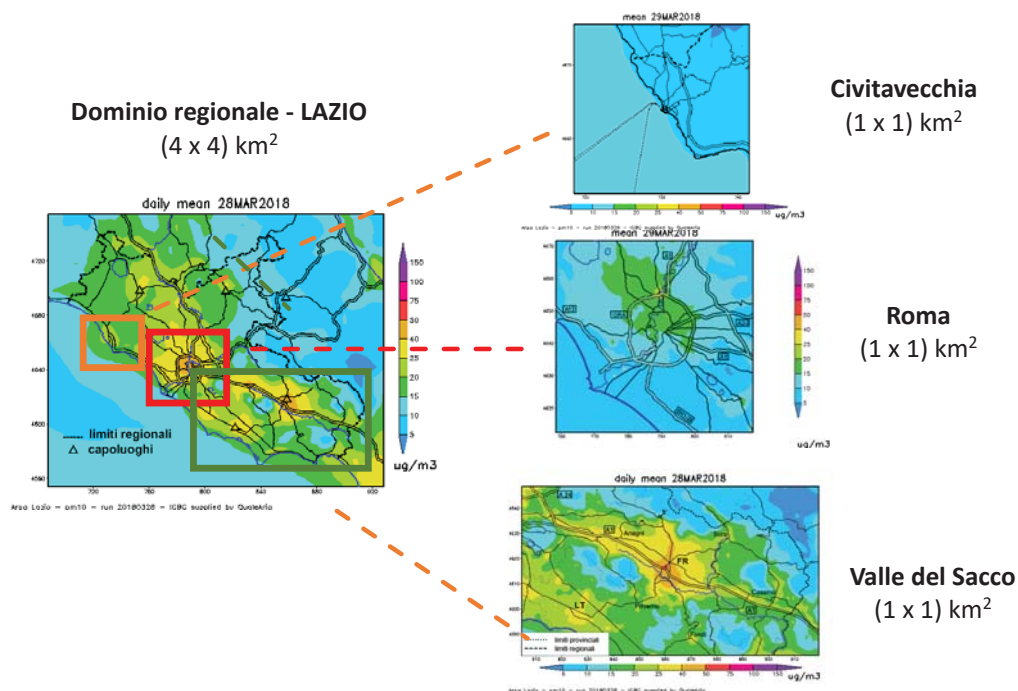


Figura 7 - Domini di calcolo del sistema modellistico.

#### Trattamento delle emissioni

Le emissioni orarie sono calcolate per mezzo di un processore (EMMA) che consente la disaggregazione spaziale, la modulazione temporale e la speciazione dei VOC per i dati degli inventari relativi a sorgenti puntuali, areali e lineari utilizzando come informazioni di supporto la cartografia numerica regionale.

La preparazione dei file emissivi da usare come input al codice FARM è stata realizzata a partire da fonti differenti di dati:

- APAT 2010: emissioni diffuse di tutti i settori eccezion fatta per tutti i tratti autostradali e per le emissioni urbane ed extraurbane del comune di Roma;
- Censimento ARPA Lazio: emissioni da sorgenti puntuali;
- Stime di traffico fornite da ATAC Roma, sulla rete primaria di Roma;
- Dati AISCAT per le emissioni autostradale sull'intero dominio.

A titolo di esempio in figura sono illustrate le emissioni totali annue di NO<sub>x</sub> delle sorgenti diffuse su base comunale, delle sorgenti puntuali, ed una rappresentazione dei flussi totali di veicoli sulla rete stradale di Roma alle ore 08:00.

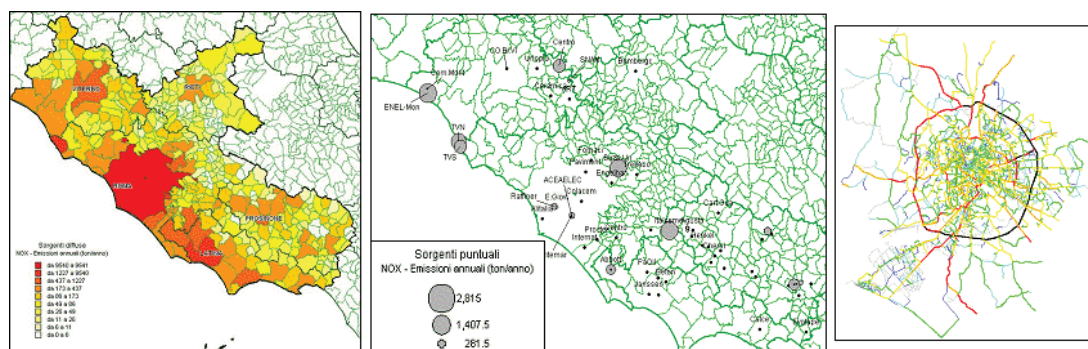


Figura 8 - Inventario delle emissioni (diffuse, puntuali e lineari).

#### Downscaling e pre-processing meteorologico

I campi meteorologici necessari alla realizzazione della previsione di qualità dell'aria vengono ricostruiti a partire dalle previsioni meteorologiche rese disponibili dal servizio meteorologico degli Stati Uniti d'America (NCEP). I campi meteorologici distribuiti descrivono la dinamica e la termodinamica dell'atmosfera con una risoluzione spaziale orizzontale di 1 grado terrestre e con risoluzione temporale di 3 ore. I campi meteorologici alla mesoscala ed alla scala locale sono quindi ottenuti attraverso l'applicazione del modello meteorologico prognostico non-idrostatico RAMS (Regional Atmospheric Modeling System), che realizza la discesa di scala utilizzando un sistema di 4 griglie di calcolo innestate, aventi risoluzioni orizzontali di 32, 16, 4 e 1 km come si vede nella figura seguente. Nel caso del dominio di Civitavecchia viene utilizzato il modello meteorologico prognostico non idrostatico WRF.

I campi meteorologici previsti da RAMS/WRF sono quindi portati sui domini di calcolo del modello di qualità dell'aria, attraverso l'applicazione del modulo di interfaccia GAP (interpolazione spaziale e calcolo della componente verticale della velocità del vento).

Successivamente, viene utilizzato il processore meteorologico SURFPRO per definire i coefficienti di dispersione e le velocità di deposizione degli inquinanti.

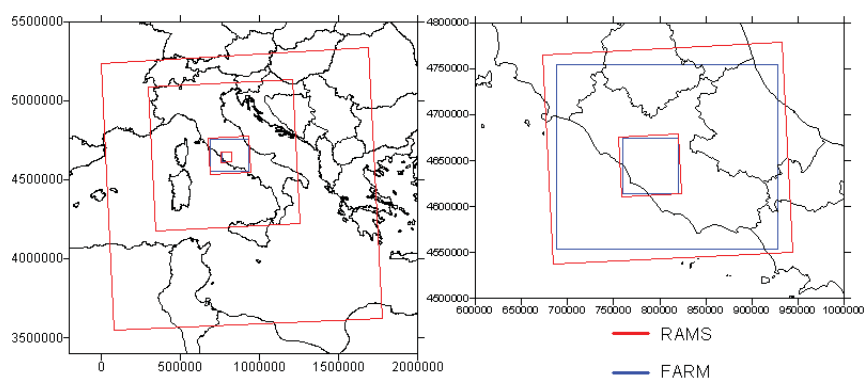


Figura 9 - Esempio del downscaling del modello meteorologico RAMS e del modello fotochimico FARM.





#### Modello fotochimico per la dispersione degli inquinanti in atmosfera

Il modello utilizzato per la simulazione della dispersione e delle reazioni chimiche degli inquinanti è il codice FARM (Flexible Air quality Regional Model), un modello Euleriano tridimensionale di trasporto e chimica atmosferica multifase, configurabile con diversi schemi chimici (SAPRC99 è lo schema chimico operativo) ed in grado di trattare i diversi tipi di materiale particolati. Nel modello sono state implementate tecniche di one-way e two-way nesting.

Per la realizzazione delle previsioni di inquinamento atmosferico sulla regione Lazio, sulla città di Roma e sulla Valle del Sacco, FARM utilizza il two-way nesting applicato a 2 griglie aventi risoluzioni di 4 e 1 km.

Le condizioni iniziali ed al contorno sono costruite a partire dalle previsioni fornite dal sistema QualeAria, su cui si basa il sistema modellistico nazionale MINNI.

#### Integrazione delle misure nel sistema modellistico

Le concentrazioni dei diversi inquinanti ricostruite dal sistema modellistico risultano essere in alcuni casi molto distanti dalle concentrazioni misurate dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria. Tali incongruenze sono legate a diversi fattori tra cui, la risoluzione spaziale adottata nelle ricostruzioni modellistiche e le emissioni con le quali viene alimentata la catena modellistica.

La risoluzione spaziale del dominio di calcolo è una misura del dettaglio con cui la ricostruzione modellistica riesce a descrivere i complessi fenomeni fisici e chimici che avvengono in atmosfera. In particolare effettuare una simulazione modellistica ad una risoluzione target equivale a trascurare l'insieme dei fenomeni sia meteorologici che chimici caratterizzati da scale spaziali inferiori alla risoluzione target scelta. Appare chiaro, a questo punto, che la scelta ottimale sarebbe un'altissima risoluzione spaziale in modo da comprendere nella ricostruzione delle concentrazioni anche fenomeni fisici che avvengono su scale locali. Di fatto la scelta della risoluzione spaziale non è assolutamente una scelta libera poiché deve essere necessariamente compatibile con il dettaglio delle informazioni con cui viene alimentata la catena modellistica, le emissioni, il land-use e l'orografia. In particolare tanto più la base dati emissiva utilizzata è in grado di selezionare spazialmente la quantità di massa che alimenta il modello di dispersione tanto più sarà possibile effettuare una simulazione modellistica ad elevata risoluzione fisicamente realistica.

Nel caso specifico, le simulazioni sono state effettuate su domini con differente risoluzione, il dominio regionale (risoluzione di 4 km x 4 km) e i domini locali a risoluzione 1 km x 1 km. Tale scelta è stata dettata dal fatto che, ad esempio, relativamente al dominio locale di Roma, si ha una descrizione dei flussi di traffico su un grafo stradale piuttosto dettagliato e ciò ha reso possibile una disaggregazione spaziale delle emissioni su scala inferiore rispetto alla scala regionale.

Se da una parte il confronto misure/modello nel Comune di Roma è confortante, lo stesso confronto nel resto del territorio regionale appare peggiore, a volte per la carenza della base dati emissiva a volte per la bassa risoluzione spaziale che non permette alla catena modellistica di descrivere i fenomeni di dispersione che avvengono su scala locale caratteristici di aree ad elevata complessità orografica.

Per tali ragioni si è ritenuto opportuno combinare/integrare le misure prodotte dalla rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria con i campi di concentrazione prodotti dalla catena



modellistica RAMS/FARM mediante opportune tecniche di data fusion (assimilazione a posteriori). Seguendo quanto prodotto in Silibello et al, 2013 (Application of a chemical transport model and optimized data assimilation methods to improve air quality assessment pubblicato su Air Quality, Atmosphere & Health, Vol. 2, 2013) le misure sono state assimilate mediante il metodo delle correzioni successive ottimizzando i parametri che gestiscono l'assimilazione, come la rappresentatività dei punti di misura, correlazione orizzontale, correlazione verticale, in base alle caratteristiche dei singoli inquinanti e delle singole misure.

Una delle criticità dell'assimilazione dati è legata al numero ed alla localizzazione delle misure disponibili da integrare con il campo di concentrazione prodotto dal modello. Un numero di punti di misura limitato può notevolmente influire sul campo di concentrazione in modo da sbilanciare la distribuzione spaziale producendo delle incongruità fisico/chimiche non compatibili con la situazione realistica che si vuole ricostruire.

In sintesi la valutazione della qualità dell'aria sul territorio regionale deriva dalla distribuzione spaziale della concentrazione degli inquinanti ottenuti dall'assimilazione dei campi di concentrazione forniti dal sistema modellistico con le misure giornaliere del PM10 fornite da tutte le stazioni della rete regionale fissa di monitoraggio della qualità dell'aria.



### Presupposti tecnici e metodologici

La D.G.R.643 del 30 ottobre 2018 stabilisce, per le zone della Valle del Sacco e dell'agglomerato di Roma, le misure temporanee da mettere in atto al presentarsi di criticità per la qualità dell'aria fissando, inoltre, i criteri di attivazione di dette misure nelle zone interessate sono definiti in funzione della concentrazione di PM10 registrata in una stazione di riferimento per ogni comune del territorio regionale coinvolto nella D.G.R. 643/2018.

Il punto di partenza per la definizione della *stazione di riferimento* è costituito dalla combinazione/integrazione dei campi di concentrazione fornito dal sistema modellistico con le misure della rete di monitoraggio della qualità dell'aria dislocate sul territorio regionale conformemente a quanto richiesto dal d.lgs. n.155/2010 e secondo quanto descritto nei paragrafi precedenti.

Tale approccio permette di associare l'indicatore rappresentativo della stazione di riferimento ad una stazione *virtuale* e non *fisica* che, talvolta, può rappresentare un'immagine puntuale della qualità dell'aria non rappresentativa del territorio comunale a meno di condizioni di omogeneità rare su un territorio complesso come il Lazio, specie nella Zona Valle del Sacco e nell'Agglomerato di Roma.

Dal punto di vista operativo verranno prodotti quotidianamente i campi di concentrazione forniti dal sistema modellistico combinati/integrati con le misure della rete di monitoraggio regionale attraverso tecniche di fusione dei dati.

Ogni giorno saranno quindi prodotte le concentrazioni medie giornaliere di PM10 su ogni cella della griglia modellistica del territorio regionale e, per ogni singolo Comune, il livello di criticità della qualità dell'aria sarà calcolato a partire dalle celle che afferiscono ai confini amministrativi del territorio comunale stesso.

Per tutti i Comuni del Lazio coinvolti nella D.G.R. 643/2018, ad eccezione del Comune di Roma, la stazione di riferimento sarà costituita dal valore massimo della concentrazione media giornaliera di PM10 delle celle afferenti al Comune stesso.

Riguardo al Comune di Roma, vista la complessità del territorio, è stato individuato un indicatore che tenesse conto sia della sua estensione territoriale che del caratteristico gradiente di concentrazione di PM10 dovuti, tra le altre cose, al mosaico di diverse realtà che ne compongono il tessuto urbano.

L'indicatore che si è mostrato più affidabile allo scopo è il 99° percentile delle concentrazioni misurate tra le celle del territorio comunale. Il Comune di Roma sarà considerato in regime di superamento nei giorni in cui il valore del 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere delle celle che afferiscono ai confini amministrativi del Comune sarà superiore al valore limite di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Dal punto di vista dell'estensione spaziale, il Comune di Roma viene valutato in superamento se in almeno l'1% (circa 15 km<sup>2</sup>) della sua superficie totale (circa 1.500 km<sup>2</sup>) la concentrazione media giornaliera di PM10 risulta essere superiore al valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup>. Tale scelta esclude eventi di inquinamento locali, quindi non rappresentativi dell'intero territorio comunale.

Si è dovuto ricorrere a questo indicatore, invece di considerare in analogia con gli altri comuni il massimo tra tutte le celle, perché una sola cella in superamento è una percentuale di territorio davvero molto piccola rispetto al totale del territorio romano, che riferisce di una situazione di accumulo decisamente locale e troppo circoscritta per far scattare delle misure seppur temporanee.

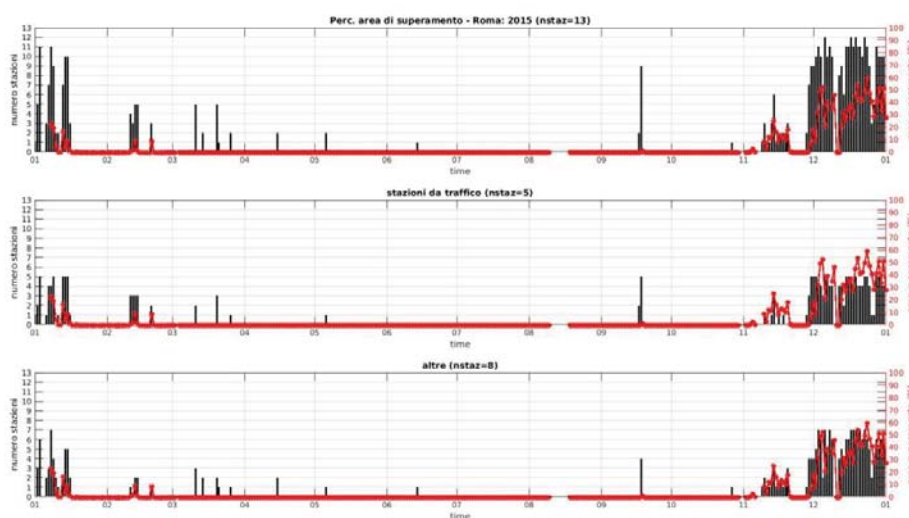
Di seguito è riportata l'analisi effettuata per valutare il comportamento di tale indicatore per il Comune di Roma dal 2015 al 2018.

### Analisi dei dati 2015-2018

Di seguito è riportato il confronto tra l'area di superamento in termini percentuali (in rosso) ed il numero delle stazioni di superamento (in nero) all'interno del Comune di Roma dal 2015 al 2018.

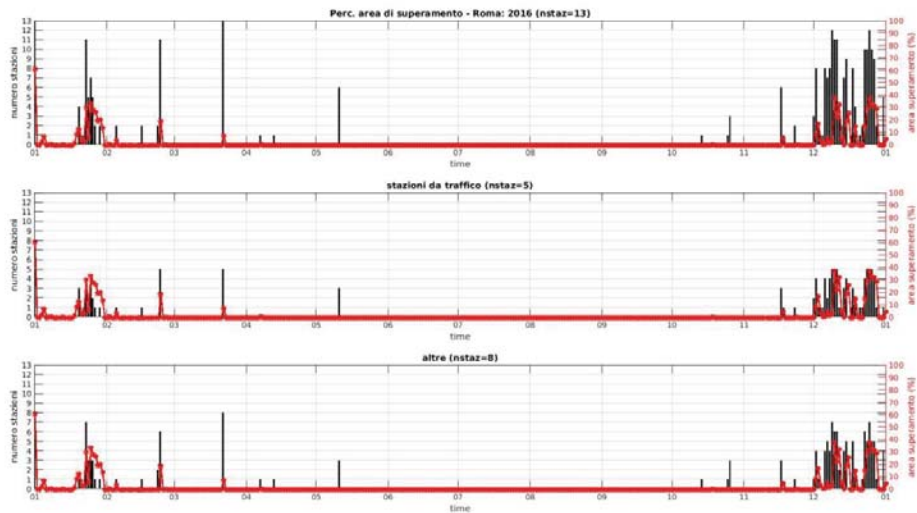
Nelle figure in alto è riportato in nero il numero di superamento totale di tutte le stazioni nel Comune di Roma, nella centrale il numero di superamenti è limitato alle stazioni da traffico mentre nella figura in basso è limitato alle stazioni di fondo.

(a)

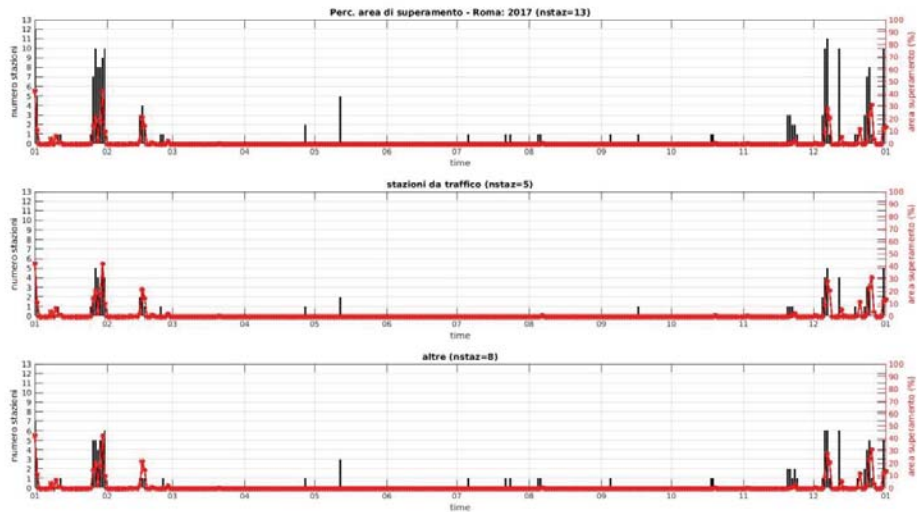




(b)



(c)





(d)

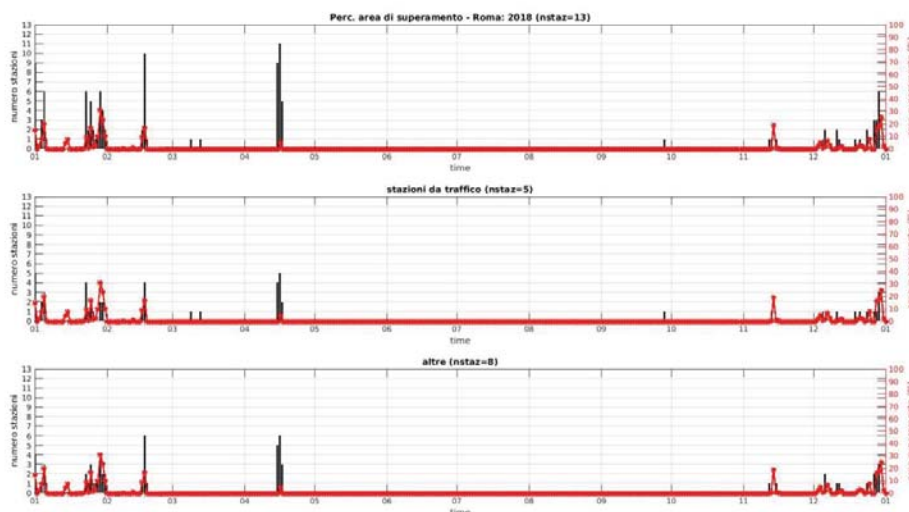


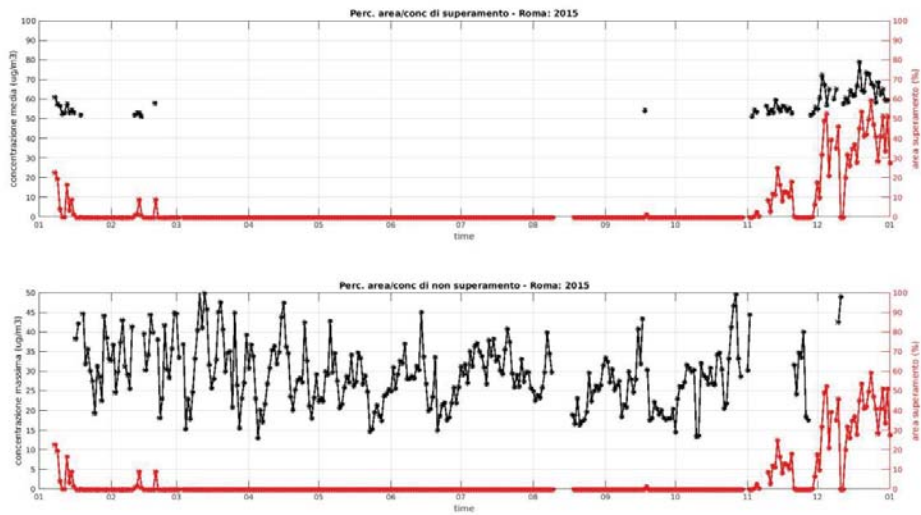
Figura 10 - Confronto aree di superamento con il numero di superamenti del valore limite di PM10 osservati nelle stazioni della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria nel Comune di Roma per gli anni 2015 (a), 2016 (b), 2017 (c) e 2018 (d).

Dalla Figure 10 (a, b, c e d) si osserva un generale incremento della percentuale dell'area di superamento in corrispondenza dell'aumento del numero di superamenti del valore limite di PM10 con le criticità maggiori nel periodo invernale del 2015. Si osservano inoltre alcune giornate in cui si registrano dei superamenti complessivi giornalieri senza una corrispondenza con l'incremento dell'area di superamento dovute probabilmente ad effetti locali di inquinamento atmosferico e/o ad eventi di trasporto di polvere da lunga distanza.

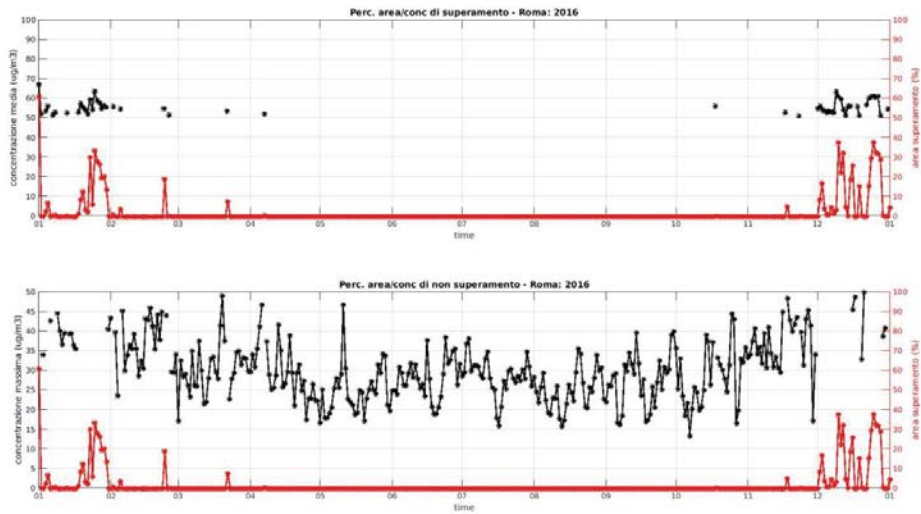
Di seguito è riportato il confronto tra l'area di superamento del valore limite di PM10 in termini percentuali e la concentrazione media di PM10 delle celle in superamento del valore limite (in alto) e delle celle in regime di non superamento (in basso) all'interno del Comune di Roma dal 2015 al 2018.



(a)

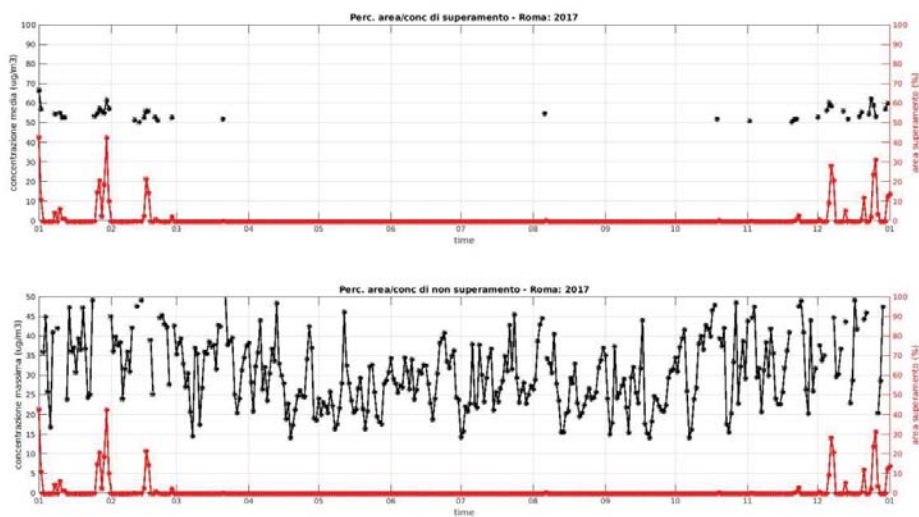


(b)





(c)



(d)

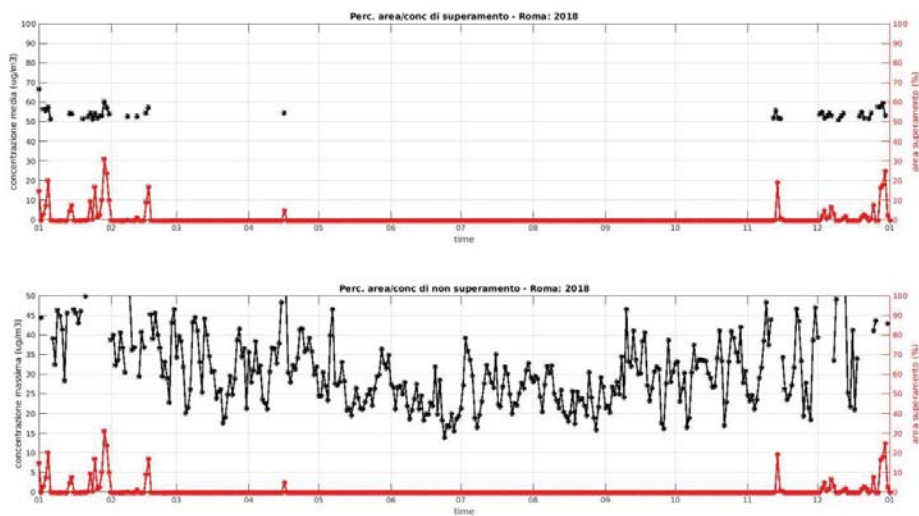


Figura 11 - Confronto aree di superamento con la media di PM10 delle celle in regime di superamento (in alto) e in regime di non superamento (in basso) nel Comune di Roma per gli anni 2015 (a), 2016 (b), 2017 (c) e 2018 (d).

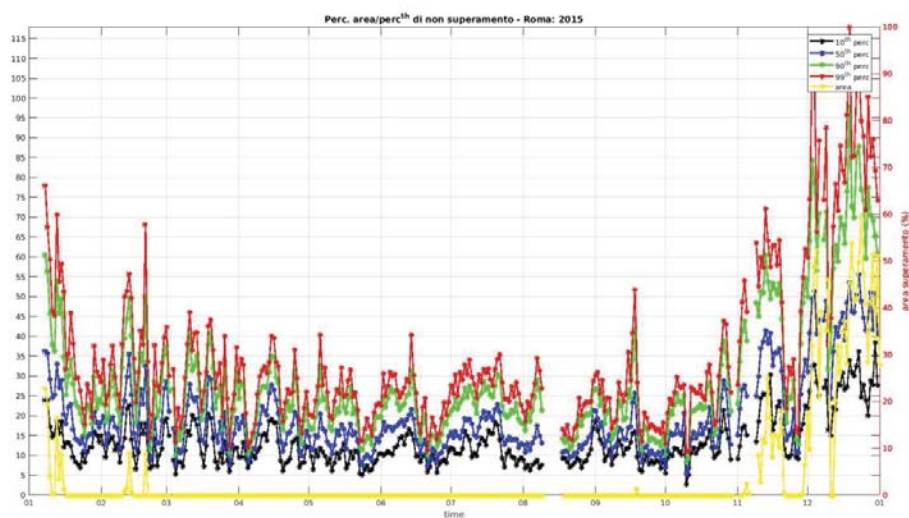




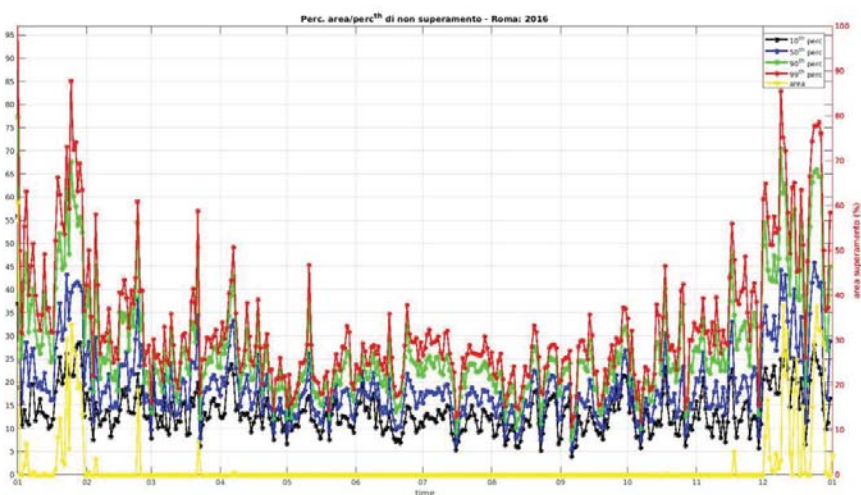
Dalle Figure 11 (a, b, c, d) si osserva la variazione temporale della concentrazione media di PM10 calcolata nelle celle in regime di superamento (in alto), con valori giornalieri superiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , e di non superamento del valore limite di PM10 (in basso), con valori giornalieri inferiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con i valori medi più elevati nel periodo invernale del 2015.

Di seguito è riportato il confronto tra l'area di superamento in termini percentuali (in giallo) ed i valori dei percentili ( $10^{\circ}$ ,  $50^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $99^{\circ}$ ) calcolati sulle celle della griglia del sistema modellistico che si trovano all'interno del Comune di Roma dal 2015 al 2018.

(a)

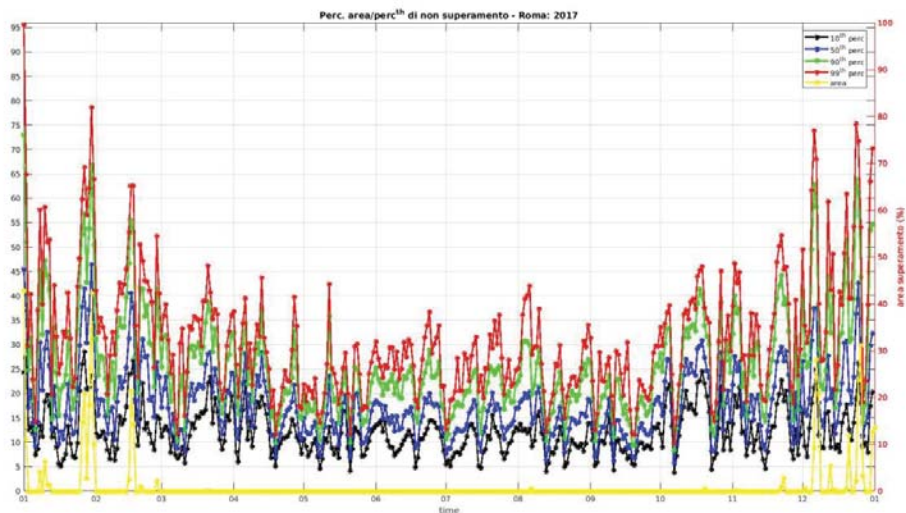


(b)





(c)



(d)

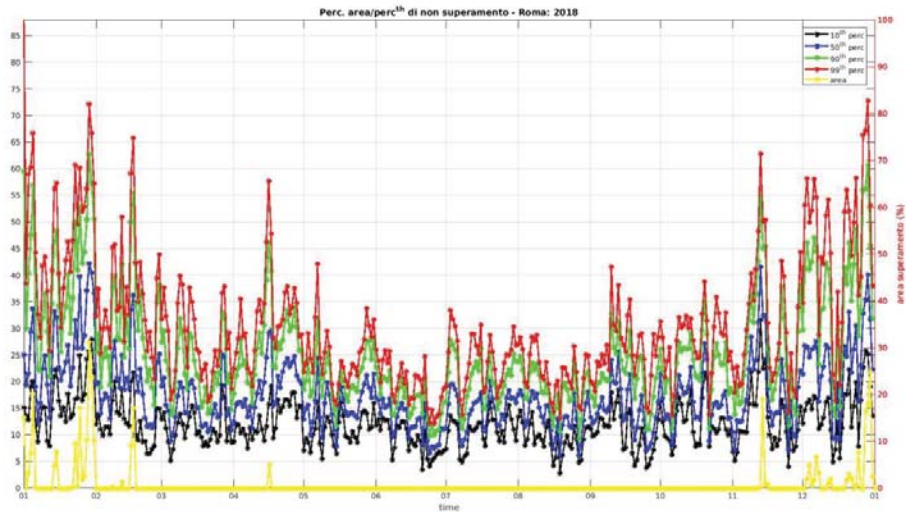


Figura 12 - Confronto aree di superamento con i valori dei percentili ( $10^{\circ}$ ,  $50^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $99^{\circ}$ ) calcolati sulle celle della griglia del sistema modellistico che si trovano all'interno del Comune di Roma per gli anni 2015 (a), 2016 (b), 2017 (c) e 2018 (d).



Dalle Figure 11 (a, b, c, d) si osserva la congruenza tra l'area percentuale di superamento del valore limite (in giallo) con i valori dei percentili riportati di PM10.

Il periodo più critico è l'inverno del 2015 con aree di superamento che oscillano intorno al 20% e valori del 99° percentile di PM10 che risulta complessivamente superiore a circa 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Alla luce di quanto sopra esposto tenuto conto del principio di precauzione, è stato definito di utilizzare il valore del 99° percentile come indicatore per la definizione della stazione di riferimento relativo al Comune di Roma.

La metodologia descritta per la stazione di riferimento è applicabile ai diversi inquinanti monitorati dall'ARPA Lazio ed è applicabile a tutti i comuni della regione Lazio.

-----

A cura di: ARPA Lazio, DSA SQU CER

11 ottobre 2019