

Valutazione della qualità dell'aria - 2013

MATRICE DELLE REVISIONI

Rev.	OGGETTO
0	Prima emissione

COPIA CONTROLLATA N° : _____ / _____

CONSEGNATA A : diffusione libera

REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE	EMISSIONE
<i>Roberto Sozzi Andrea Bolignano Silvia Barberini</i>	<i>Resp. Divisione Atmosfera e Impianti</i>	<i>Resp. Divisione Atmosfera e Impianti</i>	<i>Resp. Divisione Atmo- sfera e Impianti</i>

INDICE

1.	Premessa	3
2.	Zonizzazione del territorio laziale	6
3.	Configurazione della rete di monitoraggio regionale di qualità dell'aria nel 2013	8
4.	Standard di qualità dell'aria nel 2013.....	11
4.1	Analisi chimiche su filtro di PM ₁₀	13
4.1.1	IPA	14
4.1.2	Metalli	14
4.2	Agglomerato di Roma.....	15
4.3	Zona Valle del Sacco	17
4.4	Zona Appenninica.....	19
4.5	Zona Litoranea.....	21
5.	Sistema modellistico per la valutazione della qualità dell'aria.....	23
5.1	La catena modellistica	23
5.2	Domini di calcolo.....	24
5.3	Trattamento delle emissioni.....	25
5.4	Downscaling e pre-processing meteorologico	26
5.5	Modello fotochimico per la dispersione degli inquinanti in atmosfera	27
5.6	Accuratezza delle simulazioni modellistiche.....	27
5.7	Integrazione delle misure nel sistema modellistico per la valutazione della qualità dell'aria	29
6.	Valutazione della qualità dell'aria del 2013	32
6.1	Distribuzione spaziale della concentrazione di PM ₁₀	33
6.2	Distribuzione spaziale della concentrazione di PM _{2.5}	34
6.3	Distribuzione spaziale della concentrazione di NO ₂	35
6.4	Distribuzione spaziale della concentrazione di O ₃	36
6.5	Distribuzione spaziale della concentrazione di Benzene	37
6.6	Caratterizzazione comunale derivata dalla valutazione della qualità dell'aria.....	37
6.6.1	Agglomerato di Roma	38
6.6.2	Zona Valle del Sacco	39
6.6.3	Zona Appenninica	41
6.6.4	Zona Litoranea	46
7.	Classificazione	49
	Conclusioni	60

1. Premessa

Il controllo e la gestione dello stato di qualità dell'aria è disciplinato dalla Direttiva Europea 2008/50/CE che raccoglie e aggiorna l'insieme delle Direttive Europee (Dir. 1996/62/CE, Dir. 1999/30/CE, Dir. 2000/69/CE, Dir. 2002/3/CE, Dir. 2004/107/CE) che, fino al 2008, costituivano il quadro legislativo di riferimento in materia di inquinamento atmosferico. I contenuti e la filosofia della Direttiva 2008/50/CE sono confluiti, a livello nazionale, nel D. Lgs. 155/2010 che ha permesso di superare la frammentazione normativa esistente in Italia abrogando una serie di decreti (D. Lgs. 251/1999, D.M. 60/2002, D. Lgs. 183/2004, D. Lgs. 152/2007, D.M. 203/2002) che fino al 2010 rappresentavano il punto di riferimento per il controllo della qualità dell'aria sul territorio nazionale,

Con la nuova direttiva 2008/50/CE e, di riflesso, con la sua attuazione sul territorio nazionale tramite il D. Lgs. 155/2010, il punto di riferimento logico cambia profondamente. In primo luogo la qualità dell'aria, cioè l'insieme delle concentrazioni al suolo di una serie di sostanze inquinanti di nota tossicità (SO₂, NO₂, NO_x, CO, Benzene, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, Pb, Metalli, IPA), non è più vista con *un'ottica puntuale*, ma con *un'ottica spaziale*: il riferimento è il territorio e, di fatto, ciò che si deve conoscere è la distribuzione nello spazio e nel tempo della concentrazione di tali inquinanti. Dato che, allo stato attuale della tecnologia, non esiste un apparato in grado di realizzare misure spaziali di questo tipo, la normativa prescrive che tali campi vengano valutati, cioè si deve pervenire alla loro stima nel modo più realistico possibile.

Nella norma vengono quindi indicati gli strumenti necessari per il controllo e la gestione della qualità dell'aria:

- ✓ Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria: costituita dalle stazioni di monitoraggio dislocate sul territorio per la misura della concentrazione delle sostanze inquinanti. Tale apparato è utilizzato sia per le misure in continuo della concentrazione di NO_x, SO₂, CO, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, sia per la determinazione della concentrazione di IPA e metalli su filtri di particolato, per loro natura non automatizzabili poiché richiedono analisi chimica in laboratorio;
- ✓ Misure indicative: misure effettuate tramite laboratori mobili dotati degli stessi analizzatori installati presso le stazioni della rete fissa di monitoraggio. Tali misure vengono effettuate per esplorare porzioni di territorio più o meno distanti dai punti fissi di misura con lo scopo di aumentare e migliorare la conoscenza dello stato della qualità dell'aria sul territorio regionale. La differenza sostanziale tra le misure della rete di monitoraggio fissa e le misurazioni indicative è la continuità temporale. Nel primo caso la copertura temporale è continua e ininterrotta (ad eccezione di problemi strumentali), nel secondo caso è inevitabilmente legata alla durata della campagna di misura che, nell'arco di 1 anno civile, deve essere complessivamente di circa 2 mesi;
- ✓ Metodi di stima oggettiva: derivanti dall'applicazione di metodi statistici di stima oggettiva con l'obiettivo di stimare (laddove non è presente una misura) la concentrazione degli inquinanti. Tali metodi costituiscono il primo strumento di spazializzazione previsto dalla norma e devono comunque utilizzare le misure puntuali, sia fisse che indicative, come riferimento;
- ✓ Simulazioni modellistiche: Il quarto, e più importante, strumento previsto per la valutazione della qualità dell'aria è costituito dai modelli numerici di trasporto e dispersione degli inquinanti in aria. Finalmente, dopo molti decenni di ricerca ed ingiustificate diffidenze, tali strumenti hanno raggiunto la maturità necessaria per poter essere impiegati nel monitoraggio della qualità dell'aria. Ogni modello di questo tipo, a differenza di un metodo statistico di stima oggettiva, a rigore richiede la conoscenza preventiva delle principali variabili meteorologiche (il campo di vento che trasporta gli inquinanti ed il livello di turbolenza dell'atmosfera che li disperde) e del tasso di emissione dei singoli inquinanti dalle sorgenti presenti al suolo e produce come risultato il campo di concentrazione di tali sostanze congruente con le informazioni note. Come si nota, a rigore i modelli numerici di dispersione degli inquinanti non richiedono la conoscenza della concentrazione dei vari inquinanti rilevata strumentalmente sul territorio, informazione disponibile dalla rete fissa e dalle misure indicative. Parrebbe, quindi, che l'impiego dei modelli sia inevitabilmente un modo alternativo alle misure per

giungere alla valutazione della qualità dell'aria e questa era la principale debolezza dello strumento modellistico e, per converso, la loro forza quando venivano usati per stimare scenari di risanamento o valutazioni di impatto ambientale. Quando essi devono essere impiegati nel monitoraggio della qualità dell'aria, è inevitabile che ci debba essere un'interazione biunivoca con le misure, attraverso un meccanismo (inserito nella struttura originaria dei modelli) noto come assimilazione. Il punto di partenza logico è la constatazione incontrovertibile che le informazioni in input al modello (soprattutto quelle relative alle emissioni delle sostanze inquinanti dalle varie sorgenti distribuite sul territorio) siano caratterizzate da un errore intrinseco (come del resto è incontrovertibile il fatto che anche le misure siano affette da un errore, spesso non trascurabile). L'assimilazione, in breve, è un processo intrinseco al modello, che consente allo stesso di *correggere* al meglio gli errori del proprio input, e quindi dei campi spaziali e temporali che esso produce, sulla base delle misure rilevate dal sistema di monitoraggio. In questo modo si unisce all'enorme capacità interpretative del modello (che per il tipo di inquinanti cui si è interessati non può essere che un modello euleriano fotochimico) un'elevata realistica quantitativa garantita dalle misure disponibili. La direttiva 2008/50/CE indica chiaramente come l'uso dei modelli sia lo strumento principe per giungere ad una valutazione realistica dello stato di qualità dell'aria (nel senso di conoscenza della distribuzione nello spazio e nel tempo degli inquinanti di interesse) valorizzando al massimo ogni tipo di misura, ciascuno col proprio grado di precisione e di affidabilità.

Tali strumenti sono, per loro natura, molto diversi e, aspetto di primaria importanza, ognuno di essi non può e non deve essere considerato come complementare agli altri. Di fatto raggiungere una corretta integrazione di tali strumenti per la valutazione della qualità dell'aria equivale ad utilizzare appieno e valorizzare l'insieme delle informazioni che quotidianamente vengono prodotte in materia di qualità dell'aria sul territorio regionale.

Come previsto dal D. Lgs. 155/2010, la valutazione della qualità dell'aria è l'elemento propedeutico per l'attuazione delle politiche di intervento ed, eventualmente, delle azioni di risanamento che devono essere attuate dagli Enti competenti.

Secondo il Decreto, le singole Autorità Regionali sono tenute ad effettuare ogni anno la valutazione della qualità dell'aria sui territori di competenza nel rispetto dei requisiti tecnici contenuti nella norma. I risultati della valutazione vengono inviati al Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e del Mare che aggiorna la Commissione Europea con un resoconto sull'attuazione dei Piani e programmi utili a conseguire il rispetto dei parametri di riferimento normativi per i diversi inquinanti in ogni regione.

In attuazione dei nuovi criteri introdotti del D.Lgs 155/10 la Regione Lazio ha concluso la procedura di Zonizzazione del territorio regionale, approvata con D.G.R. 217/2012, e avviato il processo di adeguamento della rete di monitoraggio della qualità dell'aria, tutt'ora in fase di approvazione da parte del Ministero dell'Ambiente.

In particolare, una volta individuate le Zone più critiche del territorio regionale, i risultati delle simulazioni modellistiche devono essere utilizzati per individuare le aree, all'interno di tali Zone, per cui si ha il superamento dei limiti imposti dalla norma stessa con l'obiettivo di attuare in modo più capillare sul territorio regionale le politiche di intervento e le azioni di mitigazione predisposte dagli enti competenti.

Pertanto ogni anno pertanto la Regione Lazio, con il supporto di ARPA Lazio, provvede ad effettuare la valutazione della qualità dell'aria nel Lazio utilizzando proprio il supporto della modellistica unito ai dati di monitoraggio dell'anno precedente e in base al risultato aggiorna, ove necessario, la pianificazione delle azioni di tutela della qualità dell'aria nelle zone che superano i parametri normativi.

Di seguito viene presentata la valutazione annuale, eseguita secondo la classificazione in Zone del territorio regionale. Il documento presenta una sintesi della Zonizzazione e classificazione del territorio, la configurazione attuale della rete di monitoraggio regionale (in fase di adeguamento), una sintesi del monitoraggio da

rete fissa del 2013, i risultati della valutazione modellistica, la disamina dei risultati ottenuti dalla valutazione per ogni inquinante per zona e per comune.

Come naturale conseguenza dei risultati della valutazione della qualità dell'aria per l'anno 2013 è stata effettuata la classificazione di tutti i comuni del territorio laziale in base a quanto riportato nel D.Lgs. 155/2010.

2. Zonizzazione del territorio laziale

Il 18 maggio 2012, con Deliberazione della Giunta Regionale n. 217, è stato approvato il progetto di “Zonizzazione e Classificazione del Territorio Regionale ai sensi degli artt. 3, 4 e 8 del d.lgs. 155/2010”, ai fini della valutazione della qualità dell’aria ambiente in attuazione dell’art. 3 commi 1 e 2, art. 4 e dei commi 2 e 5 dell’art. 8, del D.lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.

Come richiesto dalle Linee Guida del Ministero dell’Ambiente, la procedura di zonizzazione del territorio laziale è stata condotta sulla base delle caratteristiche fisiche del territorio, uso del suolo, carico emissivo e densità di popolazione. Il territorio regionale risulta così suddiviso in 3 Zone per l’Ozono e 4 Zone per tutti gli altri inquinanti, come riportato in tabella seguente.

ZONA	Codice	Comuni	Area (km ²)	Popolazione
Appenninica	IT1211	201	7204,5	586.104
Valle del Sacco	IT1212	82	2790,6	592.088
Litoranea	IT1213	70	5176,6	1.218.032
Agglomerato di Roma	IT1215	25	2066,3	3.285.644

Tabella 2.1 – Zonizzazione del territorio regionale per tutti gli inquinanti ad esclusione dell’ozono

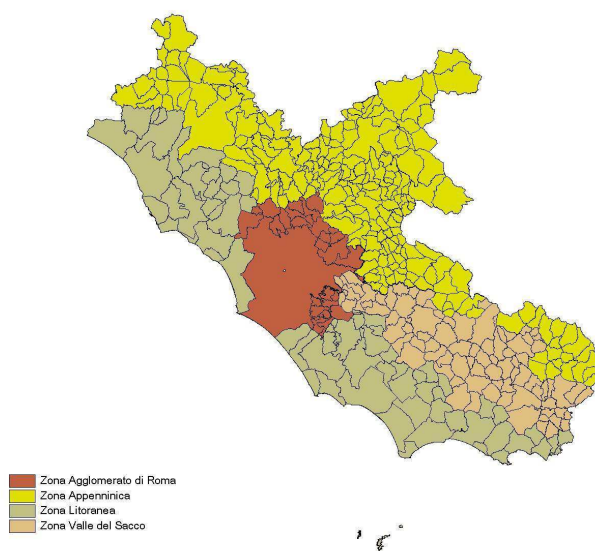


Figura 2.1 - Zone del territorio regionale del Lazio per tutti gli inquinanti ad esclusione dell’ozono.

Relativamente all’ozono, la zona IT214 è di fatto l’accorpamento delle zone Appenninica e Valle del Sacco relative alla Tabella 2.1.

ZONA	Codice	Comuni	Area (km ²)	Popolazione
Litoranea	IT1213	70	5176,6	1.218.032
Appennino-Valle del Sacco	IT1214	283	9995,1	1.178.192
Agglomerato di Roma	IT1215	25	2066,3	3.285.644

Tabella 2.2 - Zonizzazione del territorio regionale per l’ozono

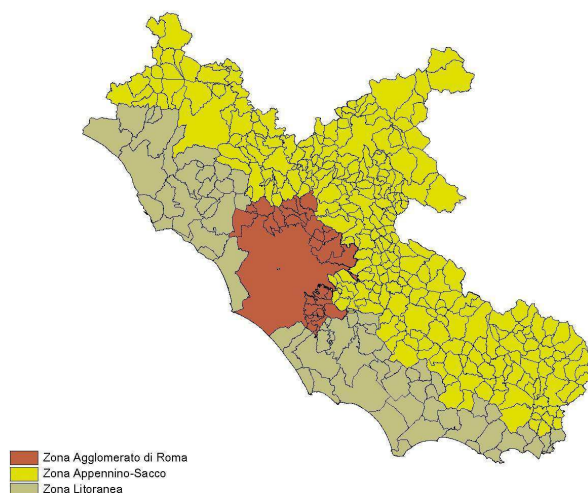


Figura 2.2 – Zone del territorio regionale del Lazio per l’ozono.

A seguito della zonizzazione del territorio, ciascuna zona o agglomerato è stato classificato allo scopo di individuare le modalità di valutazione della qualità dell’aria in conformità alle disposizioni del D.lgs. 155/2010.

In base alla classificazione effettuata ed al numero di abitanti delle zone individuate, il D.lgs.155/2010 fissa il numero minimo di stazioni da prevedere nella rete di misura per ogni inquinante. A seguito della classificazione si è quindi potuto procedere alla revisione della rete di monitoraggio, attualmente in fase di approvazione del Ministero dell’Ambiente.

3. Configurazione della rete di monitoraggio regionale di qualità dell'aria nel 2013

Per l'anno 2013 la rete consiste in 41 postazioni chimiche di misura distribuite sul territorio regionale come riportato in Figura 3.1.

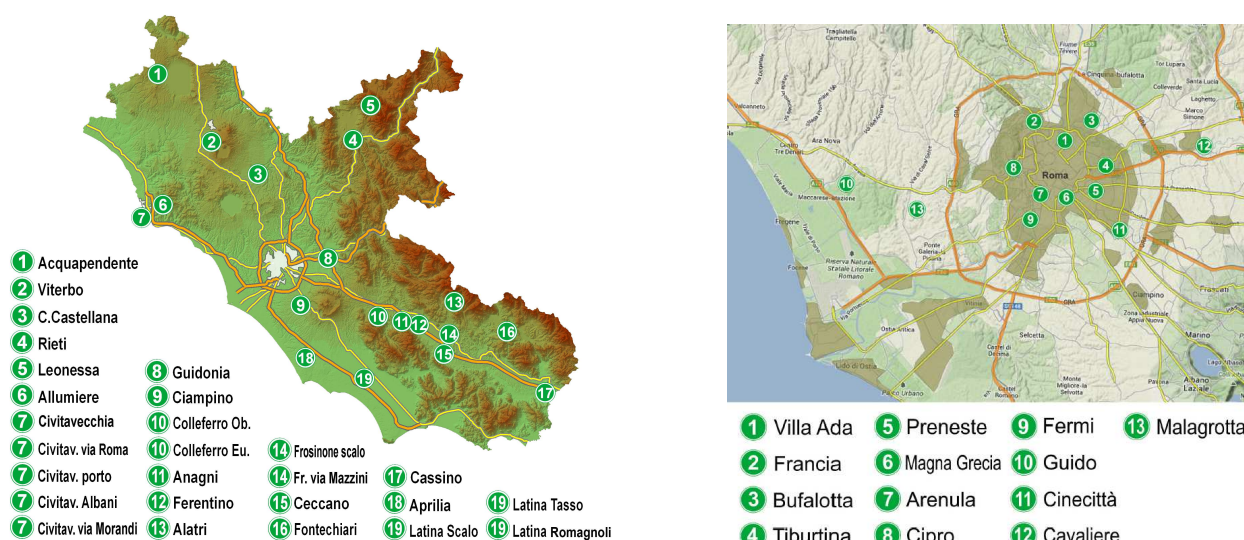


Figura 3.1 – Localizzazione delle stazioni della rete di misura regionale del Lazio nel 2013.

Nelle tabelle seguenti vengono presentate, per ogni zona in cui il territorio laziale è suddiviso ai fini della valutazione della qualità dell'aria, le centraline chimiche di misura e la loro strumentale, con l'indicazione del comune in cui si trovano, della tipologia di zona in cui sono posizionate (U-urbana, S- suburbana, R- rurale, I-industriale) e del tipo di inquinamento che monitorano (B- background, T- traffico).

Inoltre, in zona litoranea nel corso del 2013, è stata attivata una nuova centralina a Gaeta in zona portuale, attiva dal 09/10/2013. Oltre a questo il 18/12/2013 la centralina che era in via Romagnoli è stata spostata in via De Chirico. Il numero di dati di queste due stazioni, Gaeta Porto e LT- De Chirico non è sufficiente al calcolo degli standard legislativi per il 2013.

Agglomerato di Roma													
Comune	Stazione	Tipo	Lat.	Long	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	CO	BTX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Roma	Arenula	UB	41.89	12.48	X	X	X			X			
Roma	Preneste	UB	41.89	12.54	X		X			X			
Roma	C.so Francia	UT	41.95	12.47	X	X	X		X			X	X
Roma	Magna Grecia	UT	41.88	12.51	X		X						
Roma	Cinecittà	UB	41.86	12.57	X	X	X			X		X	X
Guidonia Montecelio	Guidonia	ST	42.00	12.73	X	X	X				X		
Roma	Villa Ada	UB	41.93	12.51	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Roma	Castel di Guido	RB	41.89	12.27	X	X	X			X			
Roma	Tenuta del Cavaliere	SB	41.93	12.66	X	X	X			X			
Ciampino	Ciampino	UT	41.8	12.61	X		X		X			X	X
Roma	Fermi	UT	41.86	12.47	X		X	X	X				
Roma	Bufalotta	UB	41.95	12.53	X		X			X	X		
Roma	Cipro	UB	41.91	12.45	X	X	X			X			
Roma	Tiburtina	UT	41.91	12.55	X		X						
Roma	Malagrotta	SB	41.87	12.35	X	X	X		X	X	X		

Tabella 3.1 - Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni nell'Agglomerato di Roma

Zona Appenninica													
Comune	Stazione	Tipo	Lat.	Long.	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	CO	BTX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Leonessa	Leonessa	RB	42.57	12.96	X	X	X			X			
Rieti	Rieti	UT	42.40	12.86	X	X	X	X	X	X	X		
Acquapendente	Acquapendente	RB	42.74	11.88	X	X	X			X			
Civita Castellana	Civita Castellana	UB	42.29	12.41	X		X				X		
Viterbo	Viterbo	UT	42.42	12.11	X	X	X	X	X	X	X		

Tabella 3.2 - Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni nella Zona Appenninica

Zona Valle del Sacco													
Comune	Stazione	Tipo	Lat.	Long.	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	CO	BTX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Colleferro	Colleferro Oberdan	I, SB	41.73	13.00	X		X	X		X	X		
Colleferro	Colleferro Europa	I, SB	41.73	13.01	X		X					X	X
Alatri	Alatri	UB	41.73	13.34	X		X	X					
Anagni	Anagni*	UB	41.75	13.15	X		X						
Cassino	Cassino	UT	41.49	13.83	X	X	X				X		
Ceccano	Ceccano	UT	41.57	13.34	X		X						
Ferentino	Ferentino*	UT	41.69	13.25	X		X	X					
Fontechiari	Fontechiari	RB	41.67	13.67	X	X	X			X		X	X
Frosinone	FR Mazzini	UB	41.64	13.35	X	X	X	X		X	X		
Frosinone	Frosinone Scalo	UT	41.62	13.33	X		X	X	X			X	X

Tabella 3.3 - Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni nella Zona Valle del Sacco

Zona Litoranea													
Comune	Stazione	Tipo	Lat.	Long.	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	CO	BTX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Aprilia	Aprilia	UB	41.60	12.65	X		X						
Latina	Latina Scalo	UT	41.53	12.95	X	X	X						
Latina	LT-Romagnoli	UT	41.47	12.89	X		X	X	X				
Latina	LT Tasso*	UT	41.46	12.91	X		X			X			
Latina	Gaeta Porto	UB	41.22	13.57	X		X			X			
Allumiere	Allumiere	RB	42.16	11.91	X		X			X	X		
Civitavecchia	Civitavecchia	UB	42.09	11.80	X		X	X		X	X	X	X
Civitavecchia	Villa Albani	UT	42.10	11.80	X		X			X			
Civitavecchia	Via Roma	UT	42.09	11.80			X	X					
Civitavecchia	Via Morandi	UT	42.09	11.81			X			X			
Civitavecchia	CV-Porto	I	42.10	11.79	X	X	X				X		

Tabella 3.4 - Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni nella Zona Litoranea

4. Standard di qualità dell'aria nel 2013

In questa sezione vengono riportati gli standard di legge derivati dalle misure, sia continue che discontinue, della rete di monitoraggio di qualità dell'aria regionale.

Il D. Lgs. 155/2010 è richiesto il rispetto di diversi valori limite, sia per la protezione della salute umana che della vegetazione, per ogni inquinante riportati nella Tabella 4.1.

Inquinante	Indicatore normativo	Periodo mediazione	Valore stabilito	Margine di tolleranza	Numero superamenti consentiti	Data rispetto limite
SO ₂	Valore limite protezione salute umana	1 ora	350 µg/m ³	-	24	01/01/2005
	Valore limite protezione salute umana	24 ore	125 µg/m ³	-	3	01/01/2005
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	500 µg/m ³	-	-	-
	Livelli critici per la vegetazione	anno civile e inverno	20 µg/m ³	-	-	19/07/2001
NO ₂	Valore limite protezione salute umana	1 ora	200 µg/m ³	-	18	01/01/2010
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m ³	-	-	01/01/2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività > 100 kmq	400 µg/m ³	-	-	-
NO _X	Livelli critici per la vegetazione	anno civile	30 µg/m ³	-	-	19/07/2001
PM ₁₀	Valore limite protezione salute umana	24 ore	50 µg/m ³	-	35	01/01/2005
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	40 µg/m ³	-	-	01/01/2005
PM _{2.5}	Valore obiettivo	anno civile	25 µg/m ³	-	-	01/01/2010
	Fase 1					
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	25 µg/m ³	1 µg/m ³ (2013)	-	01/01/2015
	Fase 2					
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	Da stabilire con successivo decreto	-	-	01/01/2020

Inquinante	Indicatore normativo	Periodo mediazione	Valore stabilito	Margine di tolleranza	Numero superamenti consentiti	Data rispetto limite
Benzene	Valore limite protezione salute umana	anno civile	5 µg/m³	-	-	01/01/2010
CO	Valore limite protezione salute umana	massima media su 8h consecutive	10 mg/m³	-	-	01/01/2005
O3	Valore obiettivo protezione della salute umana	massima media su 8h consecutive nell'anno	120 µg/m³	da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2013 (dati 2010-2012)	
	AOT40-Valore obiettivo protezione della vegetazione	Maggio-Luglio tra le 8:00 e le 20:00	18000 µg/m³ come media su 5 anni	-	2015 (dati 2010-2014)	
	Obiettivo a lungo termine protezione della salute umana	massima media su 8h consecutive nell'anno	120 µg/m³	-	-	
	AOT40-Obiettivo a lungo termine protezione della vegetazione	Maggio-Luglio tra le 8:00 e le 20:00	6000 µg/m³	-	-	
	Soglia di informazione	1 ora	180 µg/m³	-	-	
	Soglia di allarme	1 ora	240 µg/m³	-	-	
Arsenico	Valore obiettivo	anno civile	6 ng/m³	-	-	-
Cadmio	Valore obiettivo	anno civile	5 ng/m³	-	-	-
Nichel	Valore obiettivo	anno civile	20 ng/m³	-	-	-
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	anno civile	1 ng/m³	-	-	-
Piombo	Valore limite protezione salute umana	anno civile	0,5 µg/m³	-	-	01/01/2005

Tabella 4.1 - Valori limite previsti dal D. Lgs. 155/2010

In Tabella 4.2 viene riportato un quadro sintetico, per ogni Zona, per la verifica del rispetto dei valori limite per il 2013 secondo il D.Lgs. 155/2010.

Zona	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	O ₃	Benzene	B(a)P	metalli
Agglomerato di Roma									
Appenninica								-	-
Litoranea									
Valle del Sacco									

Tabella 4.2 - Quadro riassuntivo dei superamenti riscontrati dal monitoraggio da rete fissa nel Lazio per il 2013. In rosso è evidenziato il superamento, in verde i limiti vengono rispettati. Per gli inquinanti con più di 1 valore limite è stato considerato il peggiore per ogni zona.

I superamenti dei valori limite riguardano, anche se per diversi inquinanti, tutte le Zone sebbene, per la Zona Appenninica, questi sono relativi solamente al limite per la protezione della vegetazione dell'O₃ (nella stazione di Leonessa).

Le aree più critiche sono l'Agglomerato di Roma e la Valle del Sacco a causa, in entrambe le Zone, di una maggiore densità del carico emissivo e, nel caso specifico della Zona Valle del Sacco, delle caratteristiche morfologiche del territorio tali da non favorire la dispersione degli inquinanti in atmosfera.

In Tabella 4.3 si riporta l'andamento dei parametri di legge rispetto all'anno 2012. L'indicazione è da intendersi sull'andamento di massima poiché si riscontrano alcune stazioni con comportamenti discordi dalla maggioranza. Nei paragrafi successivi vengono riportati i dati per ogni singola stazione della rete di monitoraggio di qualità dell'aria.

Inquinanti	SO ₂	NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	O ₃	Benzene
	oraria e giornaliera	oraria	annua	giornaliera	annua	annua	Max mobile su 8 ore	Valore obiettivo	annua
● stesso tenore del 2012, ▲ maggiore rispetto al 2012, ▼ minore rispetto al 2012									
agglomerato Roma	●	▼	▼	●	▼	▼	●	▼	●
appenninica	▼	▼	▼	●	▼	▼	●	▼	●
litoranea	●	▼	▼	▼	▼	▼	●	▼	▼
Valle del Sacco	●	▼	▼	▼	▼	▲	●	▼	▼

Tabella 4.3 Andamenti dei parametri di legge 2013 per gli inquinanti rispetto al 2012.

Il confronto con la situazione nel 2012 ritrae un quadro in complessivo miglioramento per la qualità dell'aria nel 2013. Le medie annue sono complessivamente in diminuzione con l'eccezione del PM_{2,5} nella Valle del Sacco. Anche il numero di superamenti dei valori limite sulle medie di breve periodo sono in generale in diminuzione o simili a quanto trovato nel 2012.

4.1 Analisi chimiche su filtro di PM₁₀

La normativa sulla qualità dell'aria prevede la misura di IPA e metalli da determinazioni su particolato campionato in alcune postazioni rappresentative della rete di misura. Si riportano di seguito i dati campionati per il 2013 nelle stazioni della provincia di Roma e di Frosinone.

4.1.1 IPA

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A) sono composti organici con due o più anelli aromatici fusi, formati da carbonio e idrogeno. Dei diversi IPA di rilevanza tossicologica presenti in aria ambiente, la normativa nazionale di riferimento vigente (D.Lgs. 152/2007 e D.Lgs. 155/2010) richiede la misurazione dei composti chimici.

Il D.Lgs. 155/2010 prevede un livello di riferimento per il solo benzo(a)pirene, per il quale viene individuato un valore obiettivo riferito al tenore totale dell'inquinante presente nella frazione di particolato PM10, calcolato come media su anno civile pari ad 1 ng/m³.

In Tabella 4.4 i valori misurati per il 2013.

B(a)P 2013	
<i>Stazione</i>	media annua (ng/m³)
Cinecittà	0.43
Francia	0.52
Villa Ada	0.40
Colleferro Europa	0.83
Guidonia	0.52
Civitavecchia	0.15
Ciampino	0.58
Frosinone Scalo	2.29
Fontechiari	0.59

Tabella 4.4 - Media annua Benzo(a)Pirene nel 2013

L'unico valore fuori norma per la media sull'anno è presso la stazione di Frosinone Scalo, con un valore medio annuale paria a 2.29 ng/m³.

4.1.2 Metalli

Tra i microinquinanti, oltre al B(a)P per gli IPA, il D.Lgs.155/2010 prevede un limite normativo espresso come media annuale sui seguenti metalli: Nichel, Cadmio, Arsenico, Piombo. Le analisi per la determinazione dei metalli vengono eseguite a partire da campioni di PM₁₀, ottenendo soluzioni analizzate con spettrometria ad assorbimento atomico al fornello di grafite, con i seguenti limiti di rilevabilità strumentale ed analitico.

Limiti di rilevabilità strumentale degli analiti considerati (ppb)	Limiti di rilevabilità delle concentrazioni degli analiti considerati (ng/m ³)
Pb < 1	Pb < 0,36
Cd < 0,25	Cd < 0,09
As < 0,5	As < 0,18
Ni < 1	Ni < 0,36

Tabella 4.5 Limiti di rilevabilità dei metalli

La norma vigente indica per arsenico, cadmio e nichel i valori obiettivo rispettivamente di 6 ng/m³, di 5 ng/m³ e di 20 ng/m³ e per il piombo il valore limite di 0,5 µg/m³, come media su un anno civile.

Di seguito i valori ottenuti dal campionamento 2013.

Metalli - media annua 2013				
<i>Stazione</i>	As (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Pb (µg/m ³)
Cinecittà	0.32	2.62	0.17	0.010
Francia	0.37	3.42	0.14	0.008
Villa Ada	0.29	2.07	0.23	0.010
Colleferro Europa	0.26	1.26	0.18	0.006
Civitavecchia	0.37	2.02	0.10	0.004
Ciampino	0.29	2.04	0.17	0.009
Frosinone scalo	0,95	2,30	0,26	0,006
Fontechiari	0,70	0,88	0,19	0,003

Tabella 4.6 Media annua 2013 Metalli

Le concentrazioni ottenute risultano sempre inferiori ai valori limite in tutte le stazioni di misura.

Di seguito vengono riportati gli standard di legge, calcolati per la verifica del rispetto dei limiti previsti dal D.Lgs. 155/2010, per tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria per il 2013.

4.2 Agglomerato di Roma

Dai valori delle concentrazioni monitorate nell'Agglomerato di Roma per il 2013, riportati nelle tabelle successive, emerge come nel territorio comunale la criticità principale sia l'accumulo di NO₂. Per l'NO₂, infatti, le concentrazioni medie annue superano il valore limite di 40 µg/m³ nella maggior parte delle stazioni all'interno del comune di Roma. Solamente nelle stazioni di Malagrotta e Castel di Guido i valori registrati sono inferiori al limite, mentre nei siti Bufalotta e Tenuta del Cavaliere, pur essendo inferiori, la concentrazione media annua risulta vicina al limite.

Il numero di superamenti orari del valore limite di 200 µg/m³ risulta superiore alla soglia massima consentita (18 volte l'anno) nelle stazioni Arenula e Tiburtina, rivelando la presenza di alcuni episodi acuti di inquinamento.

Relativamente al PM₁₀ si registrano superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ superiore al massimo consentito (35 all'anno) nelle stazioni di Cinecittà, Francia, Preneste e Tiburtina. Non viene invece superato il valore limite per la concentrazione media annuale di PM₁₀.

Per l'O₃ in alcune stazioni del comune di Roma sono oltrepassate le 25 volte anno di superamento dei 120 µg/m³ come massimo della media sul 8 ore nell'arco di un anno.

Per gli altri inquinanti monitorati i valori misurati risultano inferiori dai limiti fissati per la tutela della salute umana.

Per gli altri comuni compresi nell'Agglomerato di Roma, Ciampino e Guidonia Montecelio, i valori monitorati sono tutti entro i limiti normativi.

AGGLOMERATO DI ROMA															
COMUNE	NOME	TIPO	PM10		PM2.5	NO2		BENZENE	SO2		CO	O3			
			media annua (µg/m3)	numero di superamenti di 50 µg/m ³	media annua (µg/m3)	media annua (µg/m3)	numero di superamenti di 200 µg/m ³ .	media annua (µg/m3)	numero di superamenti valore limite giornaliero di 125 µg/m ³	numero di superamenti valore limite orario di 350 µg/m ³	numero di superamenti max media mob. su 8 ore	AOT40 µg/m ³ *h	numero di superamenti max media mob. su 8 ore	numero di superamenti orari di 180 µg/m ³	numero di superamenti orari di 240 µg/m ³
Roma	Villa Ada	UB	23	16	16	40	0	0.8	0	0	0	10048	20	0	0
Roma	Arenula	UB	28	25	17	54	18	-	-	-	-	7342	1	0	0
Roma	Bufalotta	UB	24	9	-	37	0	-	0	0	-	14456	22	0	0
Roma	Cavaliere	SB	26	26	18	38	0	-	-	-	-	11104	15	0	0
Ciampino	Ciampino	UT	29	32	-	34	0	1.4	-	-	-	-	-	-	-
Roma	Cinecittà	UB	31	40	19	42	4	-	-	-	-	19290	42	3	0
Roma	Cipro	UB	26	23	16	49	0	-	-	-	-	9216	1	0	0
Roma	Fermi	UT	33	28	-	67	5	2.4	-	-	0	-	-	-	-
Roma	C.so Francia	UT	33	41	20	66	0	2.2	-	-	-	-	-	-	-
Roma	Magna Grecia	UT	29	29	-	67	7	-	-	-	-	-	-	-	-
Roma	Castel di Guido	RB	21	3	13	23	0	-	-	-	-	9829	5	0	0
Guidonia Montecelio	Guidonia	ST	25	26	16	29	0	-	0	0	-	-	-	-	-
Roma	Malagrotta	SB	26	30	17	22	0	0.8	0	0	-	16339	15	0	0
Roma	Preneste	UB	31	39	-	41	0	-	-	-	-	20007	39	1	0
Roma	Tiburtina	UT	32	41	-	57	21	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 4.7 – Standard di legge del 2013 per le stazioni localizzate all'interno dell'Agglomerato di Roma

4.3 Zona Valle del Sacco

Le stazioni localizzate nella Zona della Valle del Sacco registrano nel 2013 diversi superamenti dei valori limite, in particolare per PM₁₀, NO₂ e O₃.

Relativamente al PM₁₀ il numero di superamenti del valore limite giornaliero sono in numero inferiore ai 35 consentiti solo nelle stazioni di Fontechiari e Anagni, mentre nelle stazioni di Ceccano e Frosinone Scalo si misurano, rispettivamente, 97 e 112 superamenti.

Il valore limite consentito per la concentrazione media annua viene superato sempre nelle stazioni di Ceccano e Frosinone Scalo con valori pari a, rispettivamente, 47 µg/m³ e 50 µg/m³.

La concentrazione media annua per il PM_{2.5} è superiore al valore limite nella sola stazione di Cassino, 29 µg/m³.

Per l'NO₂ non si osservano superamenti del valore limite orario di 200 µg/m³, mentre la concentrazione media annua è superiore al valore limite di 40 µg/m³ nelle stazioni di Alatri e Frosinone Scalo ed è pari al valore limite a Ferentino e Cassino.

Il limite di 120 µg/m³ per la concentrazione di O₃ viene superato per più di 25 volte in un anno nella stazione di Frosinone Mazzini.

ZONA VALLE DEL SACCO															
COMUNE	NOME	TIPO	PM10		PM2.5	NO2		BENZENE	SO2		CO	O3			
			media annua (µg/m3)	numero di superamenti di 50 µg/m ³	media annua (µg/m3)	media annua (µg/m3)	numero di superamenti di 200 µg/m ³	media annua (µg/m3)	numero di superamenti valore limite giornaliero di 125 µg/m ³	numero di superamenti valore limite orario di 350 µg/m ³	numero di superamenti max media mob. su 8 ore	AOT40 µg/m ³ *h	numero di superamenti max media mob. su 8 ore	numero di superamenti orari di 180 µg/m ³	numero di superamenti orari di 240 µg/m ³
Colleferro	Colleferro Oberdan	I,SB	27	28	-	30	0	-	0	0	0	11776	7	0	0
Colleferro	Colleferro Europa	I,SB	31	56	-	30	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Alatri	Alatri	UB	32	65		44	1	-	-	-	0	-	-	-	-
Anagni	Anagni*	UB	28	25	-	26	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Cassino	Cassino	UT	38	63	29	40	0	-	0	0	-	-	-	-	-
Ceccano	Ceccano	UT	47	97	-	34	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferentino	Ferentino*	UT	34	53	-	40	1	-	-	-	0	-	-	-	-
Fontechiari	Fontechiari	RB	18	1	14	7	0	-	-	-	-	6174	2	0	0
Frosinone	Frosinone Mazzini	UB	31	47	24	27	0	-	0	0	0	17747	28	1	0
Frosinone	Frosinone Scalo	UT	50	112	-	42	0	3	-	-	0	-	-	-	-

Tabella 4.8 - Standard di legge del 2013 per le stazioni localizzate all'interno della Zona Valle del Sacco

4.4 Zona Appenninica

Complessivamente, nella Zona Appenninica non si osservano particolari criticità. Da quanto emerge dalla tabella seguenti nessun valore limite per la protezione della salute umana viene superato.

ZONA APPENNINICA															
COMUNE	NOME	TIPO	PM10		PM2.5	NO2		BENZENE	SO2		CO	O3			
			media annua (µg/m ³)	numero di superamenti di 50 µg/m ³	media annua (µg/m ³)	media annua (µg/m ³)	numero di superamenti di 200 µg/m ³	media annua (µg/m ³)	numero di superamenti valore limite giornaliero di 125 µg/m ³	numero di superamenti valore limite orario di 350 µg/m ³	numero di superamenti max media mob. su 8 ore	AOT40 µg/m ³ *h	numero di superamenti max media mob. su 8 ore	numero di superamenti orari di 180 µg/m ³	numero di superamenti orari di 240 µg/m ³
	Leonessa	Leonessa	11	0	8	6	0	-	-	-	-	20236	18	1	0
	Rieti	Rieti	21	22	15	24	0	1.2	0	0	0	7064	8	0	0
	Civita Castellana	Civita Castellana	25	20	-	26	1	-	0	0	-	-	-	-	-
	Viterbo	Viterbo	19	1	11	28	0	1.4	0	0	0	12477	2	0	0
	Acquapendente	Acquapendente	14	0	10	6	0	-	-	-	-	16926	14	0	0

Tabella 4.9 – Standard di legge del 2013 per le stazioni localizzate all'interno della Zona Appenninica

4.5 Zona Litoranea

Relativamente alla Zona Litoranea, nel 2013 l'unica criticità è costituita dalla concentrazione media annua di NO₂ rilevato nelle stazioni di Civitavecchia-Via Roma e Latina-Via Romagnoli con valori pari a, rispettivamente, 44 µg/m³ e 54 µg/m³.

Tabella 4.10 - Standard di legge del 2013 per le stazioni localizzate all'interno della Zona Appenninica

ZONA LITORANEA															
COMUNE	NOME	TIPO	PM10		PM2.5	NO2		BENZENE	SO2		CO	O3			
			media annua (µg/m ³)	numero di superamenti di 50 µg/m ³	media annua (µg/m ³)	media annua (µg/m ³)	numero di superamenti di 200 µg/m ³	media annua (µg/m ³)	numero di superamenti valore limite giornaliero di 125 µg/m ³	numero di superamenti valore limite orario di 350 µg/m ³	numero di superamenti max media mob. su 8 ore	AOT40 µg/m ³ *h	numero di superamenti max media mob. su 8 ore	numero di superamenti orari di 180 µg/m ³	numero di superamenti orari di 240 µg/m ³
Aprilia	Aprilia	UB	21	4	-	23	0	-	-	-	-	-	-	-	
Latina	LT Romagnoli	UT	31	33	-	54	1	1.2	-	-	0	-	-	-	
Latina	Latina Scalo	UT	25	13	16	31	0	-	-	-	-	-	-	-	
Latina	LT Tasso*	UT	25	18	-	32	0	-	-	-	-	13369	6	0	
Allumiere	Allumiere	RB	10	0	-	9	0	-	0	0	-	-	-	-	
Civitavecchia	Civitavecchia	UB	21	1	-	25	0	-	0	0	0	4764	0	0	
Civitavecchia	Villa Albani	UT	23	4	-	30	0	-	-	-	-	10441	2	0	
Civitavecchia	Via Roma	UT	-	-	-	44	3	-	-	-	0	-	-	-	
Civitavecchia	Via Morandi		-	-	-	39	0	-	-	-	-	7459	1	0	
Civitavecchia	CV-Porto		22	0	10	27	0	-	0	0	-	-	-	-	

5. Sistema modellistico per la valutazione della qualità dell'aria

Da diversi anni è operativa in continuo presso il Centro Regionale della Qualità dell'Aria (CRQA) di ARPA Lazio il sistema modellistico per determinare la distribuzione spaziale e temporale delle concentrazioni degli inquinanti previsti dal D. Lgs. 155/2010. Il sistema, sviluppato da ARIANET S.r.l., viene utilizzato in modalità sia previsionale che ricostruttiva.

- ✓ *Previsioni di inquinamento atmosferico:* quotidianamente il CRQA mette a disposizione sul sito internet dell'Agenzia (nella sezione "Previsioni" del seguente link <http://www.arpalazio.net/main/aria/sci/>) le previsioni fino a 120 ore (5 giorni) della distribuzione spaziale della concentrazione dei principali inquinanti sul territorio regionale, con attenzione particolare nelle aree più critiche, l'area metropolitana di Roma e la Valle del Sacco. L'obiettivo è fornire, in un punto accessibile a tutti, tutte le possibili informazioni agli enti competenti per l'attuazione di eventuali azioni a tutela della salute umana necessarie nel caso di eventi acuti di inquinamento atmosferico previsti.
- ✓ *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.

In questa sede il sistema sarà utilizzato per la valutazione della qualità dell'aria per il 2013 ovvero per verificare il rispetto dei limiti di legge attraverso la ricostruzione degli andamenti dei parametri fissati dalla normativa per i principali inquinanti.

Di seguito una descrizione del sistema modellistico e, a seguire, i dettagli dell'analisi effettuata per il 2013.

5.1 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 5.1.

- Modello meteorologico prognostico RAMS per il downscaling delle previsioni meteorologiche dalla scala sinottica alla scala locale;
- Modulo di interfaccia per l'adattamento dei campi meteorologici prodotti da RAMS 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).

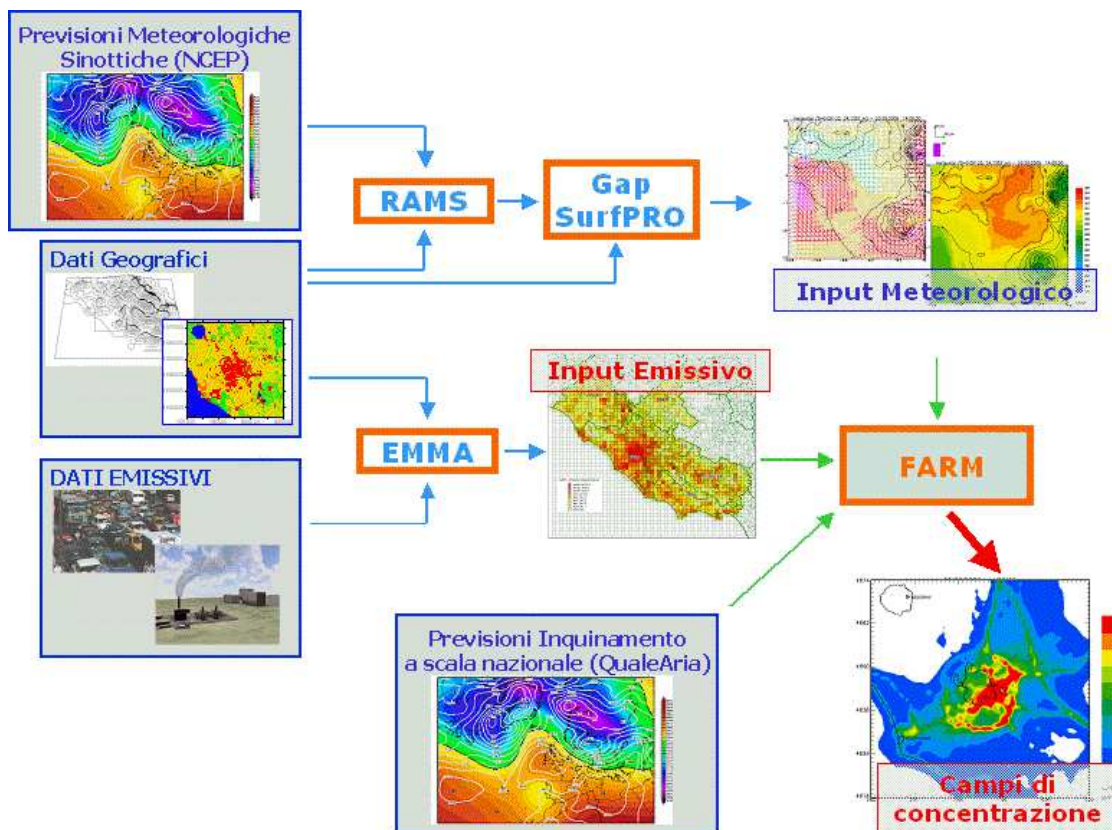


Figura 5.1 - Schema del sistema modellistico

5.2 Domini di calcolo

Il sistema modellistico è applicato simultaneamente alla Regione Lazio, ad un'area che include l'intera area metropolitana di Roma e, da gennaio 2014, ad una porzione di territorio che comprende l'intera Valle del Sacco. 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.

Area	Dominio	risoluzione
Regione Lazio	240 x 200 km ²	4km x 4km
Area di Roma	60 x 60 km ²	1km x 1km
Valle del Sacco	116 x 70 km ²	1km x 1km

Tabella 5.1 – caratteristiche spaziali dei domini di simulazione

Sull'area metropolitana di Roma la risoluzione spaziale considerata è di 1km permette la descrizione delle principali caratteristiche del territorio e delle aree urbanizzate, senza entrare nella scala di influenza dei canyon stradali.

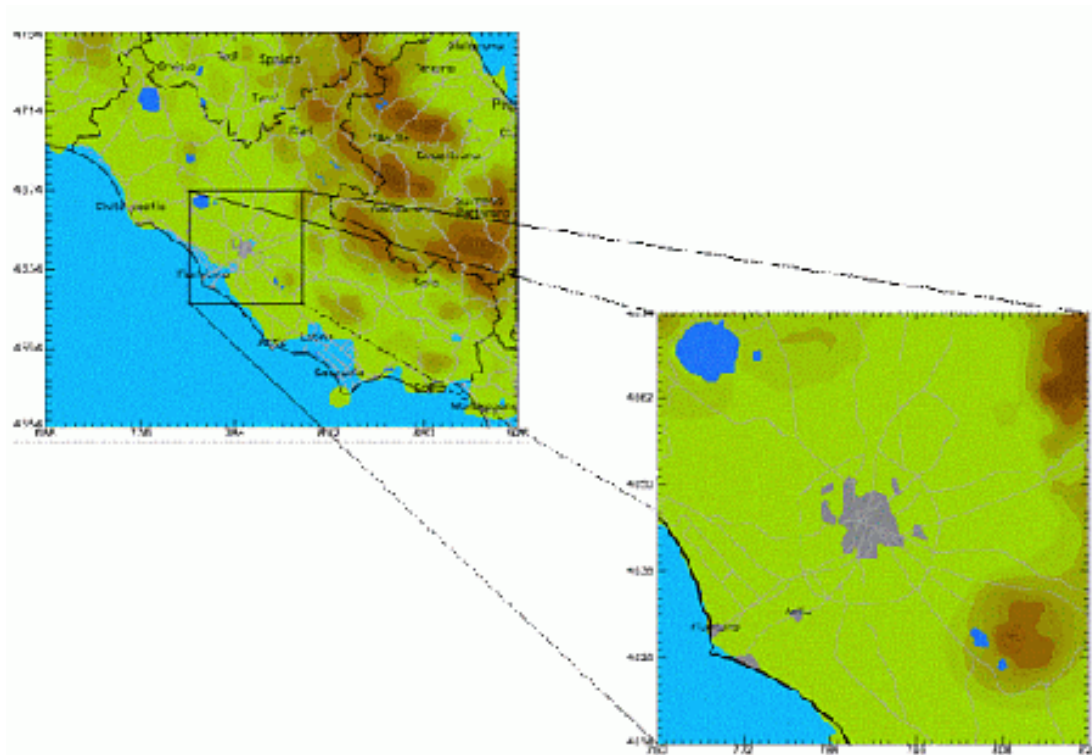


Figura 5.2 - Domini di calcolo del sistema modellistico (Lazio a sinistra e Roma a destra)

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

- APAT 2000: 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 NOX 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.

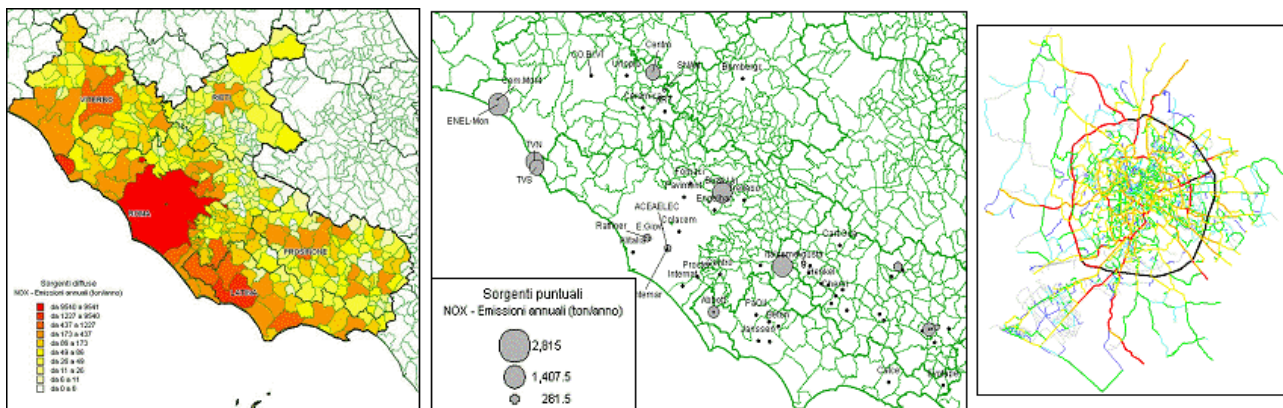


Figura 5.3 - Inventario delle emissioni (diffuse, puntuali e lineari)

5.4 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 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.

I campi meteorologici previsti da RAMS 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.

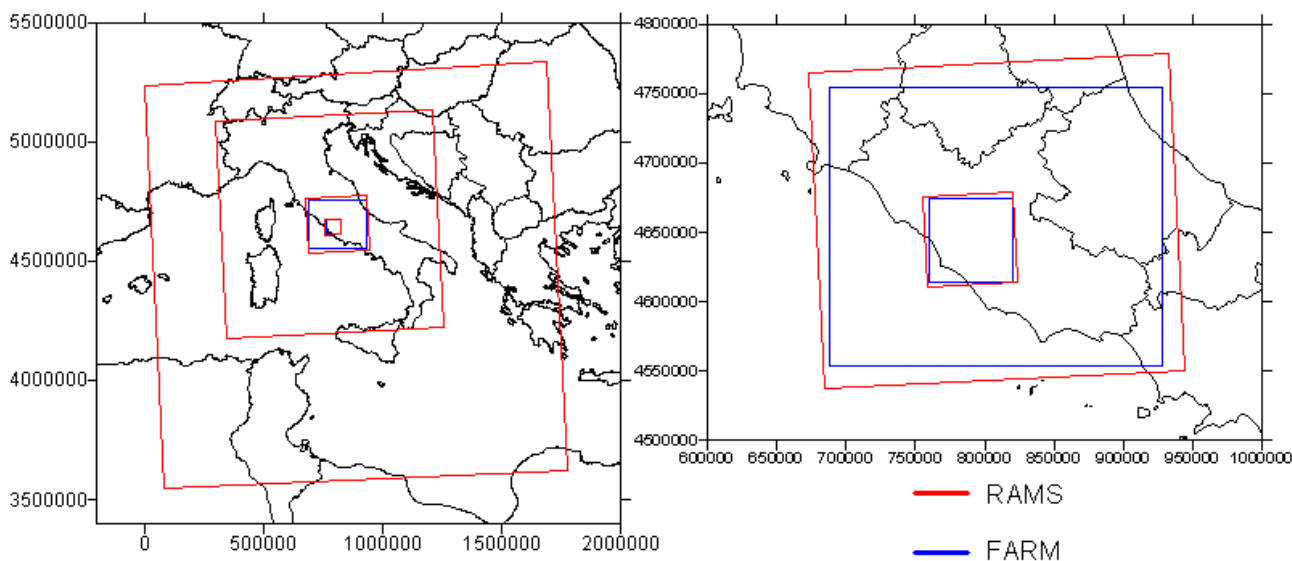


Figura 5.4- Downscaling del modello meteorologico RAMS e del modello fotochimico FARM.

5.5 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 ed in grado di trattare i particolati. Nel modello, sviluppato da ARIANET S.r.l., 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, che si basa sul sistema modellistico nazionale MINNI.

5.6 Accuratezza delle simulazioni modellistiche

Per controllare l'accuratezza delle analisi svolte con il modello per l'anno 2013, sono state confrontate le concentrazioni orarie di inquinanti misurati dalle stazioni fisse della Rete Regionale di Monitoraggio della qualità dell'aria e le corrispondenti concentrazioni orarie stimate dal modello.

Il D.Lgs 155/10 indica le caratteristiche generali di un buon modello e individua alcuni indicatori di qualità, dedicando l'Appendice III ai "Criteri per l'utilizzo dei metodi di valutazione diversi dalle misurazioni in siti fissi".

Gli indicatori di qualità possono avere natura quantitativa o qualitativa. Ciascuno svolge un ruolo particolare nella valutazione del modello. La selezione dell'indicatore più appropriato dipende dallo scopo dell'applicazione modellistica e dalla disponibilità dei dati ottenuti dalle stazioni di misurazione per il confronto. Nella selezione degli indicatori per le concentrazioni occorre tener conto del fatto che questi sono specifici per ciascun inquinante e per la scala dei fenomeni sia in termini spaziali sia in termini temporali.

Il decreto individua:

- indicatori quantitativi basilari:
 - coefficiente di correlazione R
 - fractional bias (FB)
 - Root Mean Square Error (RMSE)
 - Normalized mean square error (NMSE).
- indicatori qualitativi sono soprattutto di tipo grafico:
 - diagrammi di dispersione
 - grafici quantile-quantile
 - grafico dei residui
 - diagramma di Taylor.

Le analisi con modello sono state effettuate per i principali inquinanti indicati dalla normativa NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, CO, Benzene e Ozono mentre la valutazione per ciò che attiene agli IPA e metalli pesanti sarà limitata ai risultati dei monitoraggi da rete fissa.

La normativa fissa per i modelli gli obiettivi di qualità riportati in tabella.

Parametro	Biossido di zolfo, biossido di azoto e ossidi di azoto, monossido di carbonio	Benzene	Particolato (PM10/PM2,5) e piombo	Ozono e relativi NO e NO2
Medie orarie	50%	-	-	50%
Medie su 8 ore	50%	-	-	50%
Medie giornaliere	50%	-	da definire	-
Medie annuali	30%	50%	50%	-

Tabella 5.2 - Incertezza della modellizzazione

L'incertezza associata alla modellizzazione è calcolata attraverso un indice chiamato Errore Relativo:

$$ER = \frac{O_{vi} - M_{vi}}{VL}$$

Dove O_{vi} è la concentrazione misurata più vicina al valore limite (o al valore obiettivo) e M_{vi} è la corrispondente concentrazione fornita dal modello nella distribuzione quantile-quantile, ovvero la distribuzione in cui valore misurato e valore simulato sono abbinati ordinando tutte le concentrazioni misurate e simulate in ordine crescente.

Il massimo valore di ER trovato utilizzando il 90% delle stazioni di misurazione presenti nel dominio di calcolo del modello è il Massimo Errore Relativo (MER) e corrisponde all'incertezza della tecnica di modellizzazione. La possibilità di escludere, per il calcolo dell'incertezza, il 10% delle stazioni di misurazione presenti nel dominio di calcolo del modello deve essere valutata in funzione del numero complessivo di tali stazioni e della loro rappresentatività spaziale.

Se il dominio di calcolo del modello comprende un numero di stazioni di misurazione inferiore a 10, nessuna di queste può essere esclusa dal calcolo dell'incertezza. I migliori risultati di confronto tra le concentrazioni simulate e quelle misurate si ottengono quando le stazioni di misurazione sono rappresentative di una porzione di territorio all'incirca pari alla risoluzione del modello.

Per determinare l'incertezza del modello è, pertanto, necessario operare, per quanto possibile, il confronto delle concentrazioni simulate con i dati ottenuti da un set di stazioni di misurazione aventi rappresentatività spaziale congruente con la risoluzione spaziale del modello.

Dato che la rappresentatività spaziale dei modelli è nota (risoluzione spaziale del modello), è opportuno che anche l'area di rappresentatività delle stazioni sia individuata. Per tale motivo, è opportuno che, nell'individuare ciascuna stazione, le denominazioni "traffico", "industriale", "fondo urbano" siano accompagnate da una valutazione quantitativa in termini di superficie rappresentata.

Di seguito si riportano i valori dell'indice MER calcolati per le simulazioni effettuate nel 2013 per alcune centraline della rete.

provincia	stazione	PM10		NO2		O3
		media 24 ore	media annua	media 24 ore	media annua	media 8 ore
FR	Anagni	0.582	0.373	0.51	0.378	-
	Ceccano	0.691	0.832	0.724	0.71	-
	'Ceprano'	0.666	0.434	-	-	-
	Fontechiari	0.523	0.198	0.214	0.068	0.266
	FR-Mazzini	0.626	0.424	0.465	0.445	0.287
	FR-scalo	0.68	0.895	0.659	0.796	-
LT	Aprilia2	0.253	0.046	0.042	0.132	0.004
	LT-scalo	0.384	0.2	0.625	0.628	-
	LT-Tasso	0.373	0.182	0.779	0.647	0.179
Provincia di Roma	Allumiere'	0.087	0.063	0.268	0.145	0.257
	Ciampino	0.211	0.137	0.337	0.328	-
	Coll. Europa	0.498	0.34	0.457	0.459	-
	Coll. Oberdan	0.457	0.217	0.423	0.408	0.282
	Guidonia	0.16	0.025	0.29	0.197	-
RI	Leonessa	0.528	0.062	0.412	0.118	0.308
	Rieti1	0.608	0.224	0.637	0.495	0.32
Comune di Roma	Arenula	0.016	0.005	0.637	0.752	0.191
	Bufalotta	0.174	0.055	0.435	0.304	0.25
	Cipro	0.037	0.019	0.426	0.656	0.267
	Francia	0.233	0.24	0.568	1.046	-
	Guido	0.238	0.085	0.382	0.316	0.196
	Malagrotta	0.359	0.144	0.38	0.192	0.23
	Preneste	0.134	0.033	0.518	0.226	0.261
VT	Acquapendente	0.233	0.001	0.194	0.051	0.259
	Viterbo	0.378	0.086	0.544	0.528	0.257

Tabella 5.3 – calcolo dell'ER per alcune stazioni fisse del 2013.

5.7 Integrazione delle misure nel sistema modellistico per la valutazione della qualità dell'aria

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 chia-

ro, a questo punto, che la scelta ottimale sarebbe una 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, 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 2 domini con differente risoluzione, il dominio regionale (risoluzione di 4km x 4km) ed un dominio locale centrato nell'area metropolitana di Roma (risoluzione 1km x 1km). Tale scelta è stata dettata dal fatto che, 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.

La discrepanza che emerge nel confronto tra modello/misure nei due domini, regionale e locale, è fortemente legata al dettaglio della base dati emissiva che risulta effettivamente carente nel territorio regionale rispetto al dominio di Roma. Se da una parte il confronto misure/modello nel Comune di Roma è confortante, lo stesso confronto nel resto del territorio regionale appare peggiore, in particolare nella zona Valle del Sacco a causa della carenza della base dati emissiva e della bassa risoluzione spaziale da non permettere 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 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. Considerando che tale criticità viene accentuata se la risoluzione del sistema modellistico è bassa, come nel caso del dominio regionale (4km x 4km), si è deciso, almeno per il PM₁₀, di combinare i campi di concentrazione con le misure prodotte dalle numerose campagne sperimentali effettuate nel 2013 su tutto il territorio regionale mediante l'utilizzo del laboratorio mobile. Tali campagne, sebbene siano state realizzate secondo i requisiti minimi di durata richiesti dal D. Lgs. 155/2010, sono comunque discontinue e limitate nel tempo poiché non coprono l'intero arco annuale, che è il requisito necessario per poter effettuare l'assimilazione.

Per poter utilizzare anche queste informazioni nella procedura di assimilazione, è stata ricostruita, mediante un metodo di stima oggettiva, la serie annuale di concentrazione di PM₁₀ per ogni singola campagna di misura a partire dalle misure discontinue della campagna in oggetto e dalle misure della rete fissa di monitoraggio. La tecnica statistica, descritta con maggior dettaglio nell'Allegato 2, si basa su un modello lineare di tipo geostatistico (*ordinary kriging*) che cerca di stimare il valore di una variabile generica *C* in un punto *P*₀ (*postazione pivot*) noti i valori di *C* in *N* punti distinti di un dominio *D* (*postazioni slave*) in cui la postazione *pivot* è nel nostro caso la singola campagna di misura mentre le postazioni *slave* sono le stazioni fisse della rete di monitoraggio regionale della qualità dell'aria.

Nella tabella seguente sono riportate le campagne di misura effettuate con il mezzo mobile nel 2013 per le quali sono state ricostruite le serie annuali di PM₁₀ utilizzate per l'assimilazione.

Località	Latitudine	Longitudine	N. Campagna	Data Inizio	Data Termine
<i>Bolsena</i>	42.6407	11.9919	I	01.01.2013	23.01.2013
			II	17.04.2013	22.05.2013
			III	20.07.2013	11.08.2013
			IV	08.11.2013	02.12.2013
<i>Bracciano</i>	42.1036	12.1759	I	13.08.2013	03.09.2013
			II	22.10.2013	06.11.2013
<i>Ceprano</i>	41.548	13.5216	I	13.06.2013	28.06.2013
			II	15.10.2013	03.11.2013
			III	29.01.2014	23.02.2014
<i>Fiumicino</i>	41.7641	12.2393	I	02.03.2013	09.04.2013
<i>Minturno</i>	41.2627	13.7462	I	12.06.2013	30.06.2013
			II	27.09.2013	15.10.2013
<i>Pontecorvo</i>	41.4587	13.6669	I	02.07.2013	18.07.2013
<i>Priverno</i>	41.4734	13.1751	I	10.08.2013	01.09.2013
<i>S. Giovanni Incarico</i>	41.5099	13.5724	I	25.05.2013	11.06.2013
			II	25.02.2014	17.03.2014
<i>Sora</i>	41.6973	13.5792	I	01.02.2013	25.02.2013
			II	13.04.2013	19.05.2013
			III	04.07.2013	23.07.2013
			IV	06.11.2013	26.11.2013
<i>Terracina</i>	41.2873	13.236	I	03.09.2013	13.10.2013
<i>Valmontone</i>	41.7753	12.9267	I	25.07.2013	08.08.2013

Tabella 5.4 - Campagne monitoraggio 2013 ed utilizzate per la valutazione della qualità dell'aria.

Si fa notare come applicando la procedura descritta nell'Allegato 2, nel caso in cui le campagne sperimentali con i mezzi mobili vengano ripetute periodicamente, anno dopo anno, negli stessi punti del territorio, dopo un periodo di transizione (almeno quattro settimane di campagne sperimentali realizzate in un dato sito), si possono ottenere la gerarchia di quadruple (più in generale di n-uple) delle postazioni slave ed i relativi pesi. Ciò comporta che è di fatto possibile attivare la procedura per ricostruire la serie storica relativa al sito considerato, che verrà mantenuta sempre attiva fornendo costantemente una stima di concentrazione media giornaliera. Allo scadere di ogni anno la gerarchia delle postazioni slave ed i relativi pesi verranno aggiornati per tener conto di eventuali variazioni nel quadro emissivo locale e delle variazioni del quadro meteorologico e micrometeorologico.

Il risultato netto sarà che pur non avendo aggiunto nuove postazioni fisse alla rete di monitoraggio regionale, nei fatti ad essa si aggiungeranno tante postazioni virtuali quanti saranno i siti sedi delle campagne sperimentali periodiche con i mezzi mobili incrementando notevolmente le informazioni disponibili per la valutazione della qualità dell'aria del territorio. Nella regione Lazio è stato realizzato un piano di monitoraggio periodico con i mezzi mobili allo scopo di aggiungere alla rete fissa di monitoraggio almeno una decina di postazioni virtuali localizzate in punti del territorio in cui era necessario incrementare l'informazione della qualità dell'aria.

6. Valutazione della qualità dell'aria del 2013

La valutazione della qualità dell'aria è l'elemento base per la verifica del rispetto dei valori limite previsti dal D. Lgs. 155/2010 attuata mediante *l'utilizzo dei metodi stabiliti dal presente decreto per misurare, calcolare, stimare o prevedere i livelli degli inquinanti*. I metodi stabiliti dalla norma fanno riferimento a diversi strumenti di controllo della qualità dell'aria: la gestione della rete fissa di monitoraggio, le misure indicative effettuate tramite laboratori mobili (per loro natura discontinue nel tempo), l'applicazione di metodi statistici di stima oggettiva e l'utilizzo di catene modellistiche in grado di spazializzare la concentrazione degli inquinanti. L'integrazione dei suddetti elementi, così profondamente differenti tra loro, è l'obiettivo che ci si è posti per effettuare una valutazione della qualità dell'aria che tenesse in considerazione sia dell'intrinseca precisione delle misure sperimentali sia delle capacità descrittive di un modello di simulazione.

Appare chiaro come l'unico strumento che abbiamo a disposizione per poter determinare i livelli di concentrazione su tutto il territorio sia un sistema modellistico che, a partire dalle caratteristiche meteorologiche, micro meteorologiche, orografiche ed emissive del territorio, sia in grado di ricostruire la dispersione, le trasformazioni chimiche (sia in fase gassosa che solida) delle sostanze che vengono immesse (e delle sostanze che risiedono) in atmosfera. D'altra parte è necessario sfruttare le notevoli informazioni, sia in termini di precisione che accuratezza, che una serie di punti di misura, fissi o mobili, sono in grado fornire anche se solo in un numero limitato di punti del territorio.

Si è deciso di combinare le misure sperimentali effettuate tramite la rete fissa con il sistema modellistico tramite tecniche di assimilazione in modo da conservare le capacità descrittive del sistema modellistico introducendo, nel sistema stesso, le informazioni prodotta dalla rete di monitoraggio tramite tecniche di assimilazione. Relativamente alle misure indicative di PM₁₀ effettuate con il mezzo mobile, a causa della loro intrinseca criticità legata alla scarsa copertura temporale, sono state sfruttate impiegando un metodo statistico di stima oggettiva per ricostruire la serie temporale annuale a partire dalle poche osservazioni svolte e dalle misure della rete fissa.

Il risultato dell'integrazione degli strumenti previsti dalla norma ha permesso di ottenere le mappe di concentrazione dei diversi inquinanti più realistiche possibili nei 2 diversi domini di simulazione, il Lazio (4km x 4km) e l'area di Roma (1km x 1km).