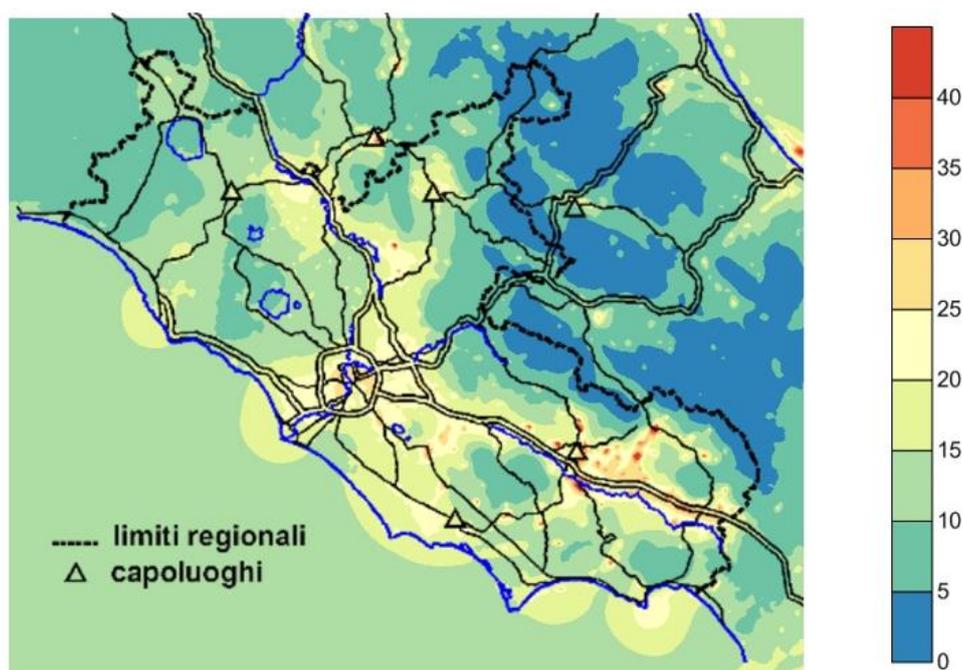


VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA DELLA REGIONE LAZIO 2021



ARPA Lazio

Attività di gestione delle reti, analisi e valutazione dei dati:

Dipartimento stato dell'ambiente

Servizio qualità dell'aria e monitoraggio degli agenti fisici

Unità centro regionale della qualità dell'aria

Unità aria e agenti fisici area nord

Unità aria e agenti fisici di Roma

Unità aria e agenti fisici area sud

Attività analitiche:

Dipartimento prevenzione e laboratorio integrato

Servizio coordinamento delle attività di laboratorio

Unità laboratorio ambientale di Frosinone

Si ringrazia l'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR (sede di Roma) per la collaborazione alla redazione del capitolo 3 (Analisi meteorologica).

06 maggio 2022

INDICE

1.	Premessa	6
2.	Zonizzazione del territorio laziale	9
3.	Analisi meteorologica	12
3.1	La rete micro-meteorologica dell'ARPA Lazio	13
3.2	Intensità del vento	14
3.3	Precipitazioni	18
3.4	Parametri turbolenti e caratteristiche aerodinamiche	20
3.5	Conclusioni meteorologiche.....	21
4.	Rete di monitoraggio regionale di qualità dell'aria	22
5.	Standard di qualità dell'aria	27
5.1	Rete automatica di misura - PM10, PM2.5, NO ₂ , SO ₂ , CO, O ₃ , C ₆ H ₆	29
5.1.1	Agglomerato di Roma 2021.....	29
5.1.2	Zona Valle del Sacco 2021	31
5.1.3	Zona Appenninica 2021.....	33
5.1.4	Zona Litoranea 2021	35
5.2	Analisi su filtro: Benzo(a)pirene e Metalli	38
5.2.1	IPA	38
5.2.2	Metalli.....	38
5.3	Analisi delle serie storiche degli inquinanti	39
5.3.1	Agglomerato di Roma	39
5.3.2	Zona Valle del Sacco	41
5.3.3	Zona Appenninica-Valle del Sacco.....	43
5.3.4	Zona Litoranea.....	43
5.4	Analisi superamenti PM10 e condizioni meteorologiche.....	45
5.4.1	Concentrazioni PM10, precipitazioni e vento in inverno	45
5.4.2	Concentrazioni PM10, precipitazioni e vento in inverno	45
6.	Sistema modellistico per la valutazione della qualità dell'aria.....	47
6.1	La catena modellistica.....	47
6.2	Dominio di calcolo	48
6.3	Trattamento delle emissioni.....	49
6.4	Downscaling e pre-processing meteorologico	51
6.5	Modello fotochimico per la dispersione degli inquinanti in atmosfera	52
6.6	Integrazione delle misure nel sistema modellistico.....	52
7.	Valutazione della qualità dell'aria del 2021.....	55
7.1	Distribuzione spaziale della concentrazione di PM10.....	55
7.2	Distribuzione spaziale della concentrazione di PM2.5.....	57
7.3	Distribuzione spaziale della concentrazione di NO ₂	58
7.4	Distribuzione spaziale della concentrazione di O ₃	59
7.5	Distribuzione spaziale della concentrazione di Benzene.....	60
7.6	Caratterizzazione comunale dello stato della qualità dell'aria	61
7.6.1	Agglomerato di Roma	62
7.6.2	Zona Valle del Sacco	64
7.6.3	Zona Appenninica	66

7.6.4 Zona Litoranea.....	72
Conclusioni.....	75

INDICE DELLA FIGURE

FIGURA 2.1 - ZONE DEL TERRITORIO REGIONALE DEL LAZIO PER TUTTI GLI INQUINANTI AD ESCLUSIONE DELL'OZONO.....	10
FIGURA 2.2 - ZONE DEL TERRITORIO REGIONALE DEL LAZIO PER L'OZONO.	11
FIGURA 3.1 - STRUTTURA OROGRAFICA DEL TERRITORIO LAZIALE.	12
FIGURA 3.2 - LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI DELLA RETE MICRO-METEOROLOGICA.	13
FIGURA 3.3 - ROSE DEI VENTI 2021 NELLE STAZIONI DELLA RMR.	15
FIGURA 3.4 - ROSA DEI VENTI DI FIUMICINO (16242 – LIRF) ANNO 2021.	16
FIGURA 3.5 - ROSA DEI VENTI DI FIUMICINO (16242 – LIRF) ANNI 2009-2020.	16
FIGURA 3.6 - ROSA DEI VENTI DI FIUMICINO (16242 – LIRF) SUDDIVISE PER MESE.	18
FIGURA 3.7 - MAPPA ARSIAL PRECIPITAZIONI 2021.	19
FIGURA 3.8 - ISTOGRAMMI PRECIPITAZIONE.	19
FIGURA 3.9 - ISTOGRAMMA MENSILE DELLA PRECIPITAZIONE CUMULATA.....	20
FIGURA 3.10 - ANOMALIE DI TEMPERATURA E PRECIPITAZIONE TRA IL 2009 E IL 2021.....	21
FIGURA 4.1 - LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI DELLA RETE DI MISURA REGIONALE DEL LAZIO NEL 2021.	22
FIGURA 4.2 - STAZIONI DELL'AGGLOMERATO DI ROMA.	23
FIGURA 4.3 - STAZIONI DI MISURA NELLA VALLE DEL SACCO.	23
FIGURA 4.4 - STAZIONI DELLA RETE DI MISURA NEL COMUNE DI CIVITAVECCHIA.	24
FIGURA 5.1 - MEDIA ANNUA NO ₂ - STAZIONI COMPRESSE NEL GRA DI ROMA.....	40
FIGURA 5.2 - NUMERO DI SUPERAMENTI DEL VALORE LIMITE GIORNALIERO DI PM ₁₀	40
FIGURA 5.3 - NUMERO DI SUPERAMENTI DI 120 µG/M ³ PER L'O ₃ (MEDIATO SU 3 ANNI).....	41
FIGURA 5.4 - AOT40 PER L'O ₃ (MEDIATO SU 5 ANNI).	41
FIGURA 5.5 - MEDIA ANNUA IN µG/M ³ DI PM _{2.5}	41
FIGURA 5.6 - MEDIA ANNUA IN µG/M ³ DI PM ₁₀	42
FIGURA 5.7 - NUMERO DI SUPERAMENTI DEL VALORE LIMITE GIORNALIERO DI PM ₁₀	42
FIGURA 5.8 - MEDIA ANNUA NO ₂	42
FIGURA 5.9 - NUMERO DI SUPERAMENTI DI 120 µG/M ³ PER L'O ₃ (MEDIATO SU 3 ANNI).....	43
FIGURA 5.10 - AOT40 PER L'O ₃ (MEDIATO SU 5 ANNI).	43
FIGURA 5.11 - NUMERO DI SUPERAMENTI DI 120 µG/M ³ PER L'O ₃ (MEDIATO SU 3 ANNI).....	44
FIGURA 5.12 - AOT40 PER L'O ₃ (MEDIATO SU 5 ANNI).	44
FIGURA 5.13 - ANALISI PM ₁₀ /PARAMETRI METEO NELL'AGGLOMERATO DI ROMA (ROSSO) E NELLA ZONA VALE DEL SACCO (VERDE).	46
FIGURA 6.1 - SCHEMA DEL SISTEMA MODELLISTICO.	48
FIGURA 6.2 – SORGENTI PUNTUALI.	49
FIGURA 6.3 – SINISTRA: RAPPRESENTAZIONE DELLA RETE STRADALE DI ROMA PER APPARTENENZA ALLE ZONE PGTU 2014. 1 – MURA AURELIANE, 2 – ANELLO FERROVIARIO, 3 – FASCIA VERDE, 4 – GRA, 5 – CONFINE COMUNALE, 6 – OSTIA E ACILIA.	50
FIGURA 6.4 – SINISTRA: EMISSIONI DI NO _x DA TRASPORTO STRADALE. DESTRA: NEL COMUNE DI ROMA (KG/H), SINISTRA: REGIONALE (TONN/ANNO).....	51
FIGURA 6.5 – A) EMISSIONI TOTALI DI NO _x , B) EMISSIONI TOTALI DI PM _{2.5} , C) EMISSIONI TOTALI DI PM COARSE.	51
FIGURA 7.1 - DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLA MEDIA ANNUA DI PM ₁₀ NEL 2021.	56
FIGURA 7.2 - DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEL NUMERO DI SUPERAMENTI DI 50 µG/M ³ DI PM ₁₀ NEL 2021.	57
FIGURA 7.3 - DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLA MEDIA ANNUA DI PM _{2.5} NEL 2021.	58
FIGURA 7.4 - DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLA MEDIA ANNUA DI NO ₂ NEL 2021.	59
FIGURA 7.5 - DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEL NUMERO DI SUPERAMENTI DI 120 µG/M ³ (MAX DELLA MEDIA DI 8 ORE) DI O ₃ NEL 2021.	60
FIGURA 7.6 - DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLA MEDIA ANNUA DI BENZENE NEL 2021.	61

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 2.1 - ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO REGIONALE PER TUTTI GLI INQUINANTI AD ESCLUSIONE DELL'OZONO.	9
TABELLA 2.2 - ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO REGIONALE PER L'OZONO.	10
TABELLA 3.1 - LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI DELLA RETE MICRO-METEOROLOGICA.	13
TABELLA 3.2 - VELOCITÀ MEDIE DEI VENTI 2021 E MEDIA 2012-2020 IN M/S RETE MICRO-METEOROLOGICA REGIONALE.	16
TABELLA 3.3 - VELOCITÀ MEDIE DEI VENTI 2021 E MEDIA 2009-2020 IN M/S.	17
TABELLA 4.1 - LOCALIZZAZIONE E DOTAZIONE STRUMENTALE DELLE STAZIONI NELLA ZONA LITORANEA.	24
TABELLA 4.2 - LOCALIZZAZIONE E DOTAZIONE STRUMENTALE DELLE STAZIONI NELL'AGGLOMERATO DI ROMA.	25
TABELLA 4.3 - LOCALIZZAZIONE E DOTAZIONE STRUMENTALE DELLE STAZIONI NELLA ZONA VALLE DEL SACCO.	25
TABELLA 4.4 - LOCALIZZAZIONE E DOTAZIONE STRUMENTALE DELLE STAZIONI NELLA ZONA APPENNINICA.	26
TABELLA 5.1 - VALORI LIMITE PREVISTI DAL D.LGS. 155/2010.	27
TABELLA 5.2 - QUADRO RIASSUNTIVO DEI SUPERAMENTI RICONTRATI DAL MONITORAGGIO DA RETE FISSA NEL LAZIO PER IL 2021.	29
TABELLA 5.3 - STANDARD DI LEGGE DEL 2021 PER LE STAZIONI LOCALIZZATE ALL'INTERNO DELL'AGGLOMERATO DI ROMA.	30
TABELLA 5.4 - STANDARD DI LEGGE DEL 2021 PER LE STAZIONI LOCALIZZATE ALL'INTERNO DELLA ZONA VALLE DEL SACCO.	32
TABELLA 5.5 - STANDARD DI LEGGE DEL 2021 PER LE STAZIONI LOCALIZZATE ALL'INTERNO DELLA ZONA APPENNINICA.	34
TABELLA 5.6 - STANDARD DI LEGGE DEL 2021 PER LE STAZIONI LOCALIZZATE ALL'INTERNO DELLA ZONA LITORANEA.	37
TABELLA 5.7 - CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUA DI BENZO(A)PIRENE NEL 2021.	38
TABELLA 5.8 - CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE DEL 2021 DEI METALLI.	39
TABELLA 6.1 - CARATTERISTICHE SPAZIALI DEL DOMINIO DI CALCOLO.	49
TABELLA 6.2 - CAMPAGNE MONITORAGGIO 2021 ED UTILIZZATE PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.	53
TABELLA 7.1 - DESCRIZIONE DEI PARAMETRI.	62
TABELLA 7.2 - CARATTERIZZAZIONE DEI COMUNI NELL'AGGLOMERATO DI ROMA.	63
TABELLA 7.3 - CARATTERIZZAZIONE DEI COMUNI NELLA VALLE DEL SACCO.	64
TABELLA 7.4 - CARATTERIZZAZIONE DEI COMUNI NELLA ZONA APPENNINICA.	66
TABELLA 7.5 - CARATTERIZZAZIONE DEI COMUNI NELLA ZONA LITORANEA.	72

1. Premessa

La Direttiva Europea 2008/50/CE raccoglie ed 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. Ad oggi, la Direttiva 2008/50 e il d.lgs. 155/2010 disciplinano il controllo, la gestione e la valutazione della qualità dell'aria a livello comunitario, regionale e 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, PM2.5, O₃, 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 che sono:

- ✓ la 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, PM2.5, O₃, sia per la determinazione della concentrazione di IPA e metalli su filtri per il particolato, per loro natura non automatizzabili poiché richiedono una successiva analisi chimica in laboratorio;
- ✓ le 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 misure 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 coprire almeno il 14% di un anno civile;
- ✓ i 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;
- ✓ le 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 che, negli ultimi anni, 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 i modelli 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 interpretativa 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, intesa come 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 alternativo 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.

Nei casi in cui nel calcolo degli standard legislativi le misure da rete fissa e quelle del modello, restituiscono informazioni non equivalenti rispetto ai limiti normativi vengono sempre considerati nella valutazione della qualità dell'aria i valori peggiori in base al principio di precauzione.

Come previsto dal d.lgs. 155/2010, la valutazione della qualità dell'aria è l'elemento propedeutico per l'attuazione delle politiche di intervento e, 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 della Transizione Ecologica 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 e successiva classificazione, approvate con D.G.R. 217/2012 e aggiornate in seguito con D.G.R. n. 536/2017, D.G.R. n. 305/2021 e n. 119/2022. Nel corso del 2021, infatti, la Regione Lazio con la Deliberazione della Giunta Regionale n.305 del 28 maggio 2021 ha approvato il riesame della zonizzazione e classificazione del territorio, con la successiva Delibera n.119 ha aggiornato codici e nomi delle zone.

Il primo progetto di adeguamento della rete di monitoraggio della qualità dell'aria a seguito della legge quadro, ha avuto l'approvazione da parte del Ministero della Transizione Ecologica nel gennaio 2014. A seguito dell'ultimo aggiornamento di zonizzazione e classificazione è in via di approvazione un nuovo programma di

valutazione della qualità dell'aria del Lazio in cui viene rimodulata anche la configurazione della rete di misura fissa.

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.

La Regione Lazio annualmente, con il supporto dell'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.

Il documento presenta la valutazione annuale, eseguita secondo la classificazione in zone del territorio regionale. Viene illustrata una sintesi della Zonizzazione e classificazione del territorio, la configurazione attuale della rete di monitoraggio regionale, un riepilogo dei monitoraggi da rete fissa del 2021, i risultati della valutazione modellistica, la disamina dei risultati ottenuti dalla valutazione per ogni inquinante per zona e per Comune.

La valutazione della qualità dell'aria del 2021, rispetto a quella inerente agli anni precedenti, è stata realizzata utilizzando una nuova catena modellistica (cfr. paragrafo 6) alla risoluzione del Km² su tutto il Lazio.

Nel corso del 2021, con l'emergenza sanitaria COVID-19 ancora in corso ma con una situazione pandemica in miglioramento, rispetto al 2020 i provvedimenti emanati da parte del Governo e delle Regioni per limitare la trasmissione dell'infezione tra gli individui rimasti attivi sono diminuiti, ma hanno in ogni modo influenzato gli spostamenti sul territorio riducendo il traffico veicolare rispetto agli anni pre-2019. Gli effetti di questi provvedimenti hanno certamente influito sulla qualità dell'aria della regione Lazio nel 2021 con emissioni plausibilmente minori della media degli ultimi anni seppur superiori a quelle relative al 2020.

2. Zonizzazione del territorio laziale

La Valutazione della qualità dell'aria presentata in questo documento si basa sulla zonizzazione del territorio laziale, di seguito riassunta, ridefinita con la Deliberazione della Giunta Regionale n.305 del 28 maggio 2021, successivamente perfezionata con Delibera n.119 del 15 marzo 2022.

Come richiesto dalle Linee Guida del Ministero della Transizione Ecologica, la procedura di riesame della 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 suddiviso in 4 Zone per tutti gli inquinanti (Tabella 2.1 e Figura 2.1) e in 3 Zone per l'ozono (Tabella 2.2 e Figura 2.2).

Nell'aggiornamento dei criteri alla base della zonizzazione ai fini della valutazione della qualità dell'aria per la salute umana di maggio 2021 non emergono elementi che determinino una sostanziale trasformazione delle quattro zone omogenee (Agglomerato, Appenninica, Litoranea e Valle del Sacco) definite con la D.G.R. n° 217 del 18/05/2012 (confermate con la D.G.R. n.536 del 15/09/2016). Si è evidenziata, invece, la necessità di definirne con maggiore precisione i confini, variando di assegnazione alcuni Comuni siti in prossimità del confine tra due zone:

- nel confermare nell'agglomerato di Roma i Comuni che lo compongono dal 2012, dall'analisi effettuata si ritiene di spostare nell'Agglomerato, poiché mostra con Roma una continuità abitativa, di servizi e flussi di persone e merci, Fiumicino.
- alcuni Comuni caratterizzati da un'orografia complessa, con zone in montagna e zone in valle, erano, nel 2012, stati compresi nella zona Appenninica poiché interessati dai rilievi e caratterizzati da emissioni non elevate. Questi hanno mostrato di risentire, proprio per la conformazione e le caratteristiche meteorologiche della valle a cui afferiscono, delle emissioni dei Comuni confinanti della Valle del Sacco e come tali sono stati spostati dalla zona Appenninica alla Valle del Sacco: Sora, Sant'Elia Fiumerapido, Vico del Lazio e Colleparado.

Tabella 2.1 - Zonizzazione del territorio regionale per tutti gli inquinanti ad esclusione dell'ozono.

ZONA	Codice	Comuni	Area (km ²)	Popolazione
Appenninica 2021	IT1216	197	7025.5	541,130
Valle del Sacco 2021	IT1217	86	2976.4	627,438
Litoranea 2021	IT1218	69	4957.9	1,196,305
Agglomerato di Roma 2021	IT1219	26	2271.9	3,514,210

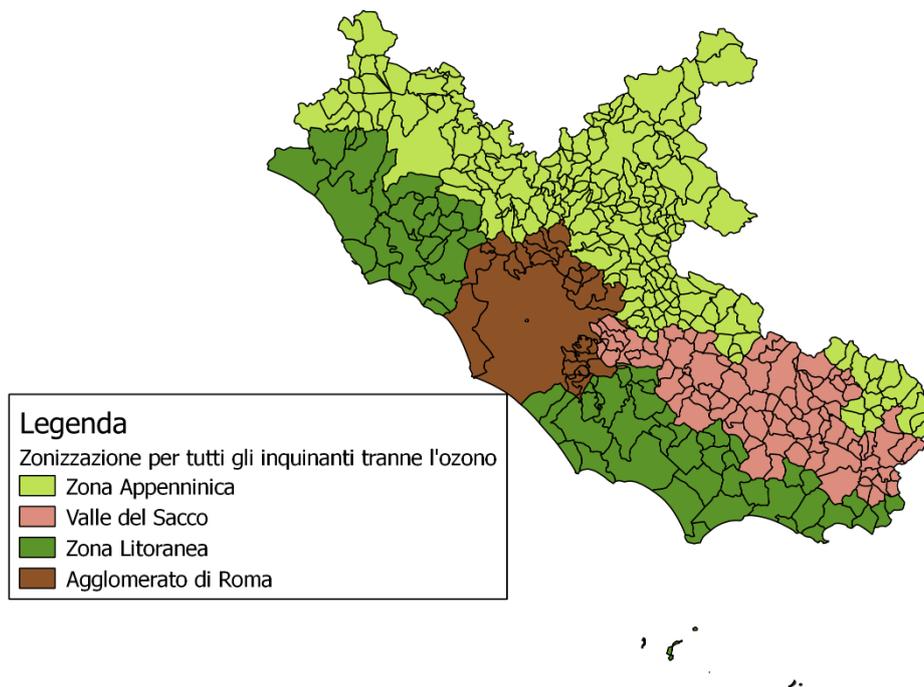


Figura 2.1 - Zone del territorio regionale del Lazio per tutti gli inquinanti ad esclusione dell'ozono.

Relativamente all'ozono, la zona IT1214 è di fatto l'accorpamento delle zone Appenninica e Valle del Sacco relative alla Tabella 2.1.

Tabella 2.2 - Zonizzazione del territorio regionale per l'ozono.

ZONA	Codice	Comuni	Area (km ²)	Popolazione
Litoranea 2021	IT1218	69	4957.9	1,196,305
Appennino-Valle del Sacco	IT1214	283	10001.9	1,178,568
Agglomerato di Roma 2021	IT1219	26	2271.9	3,514,210

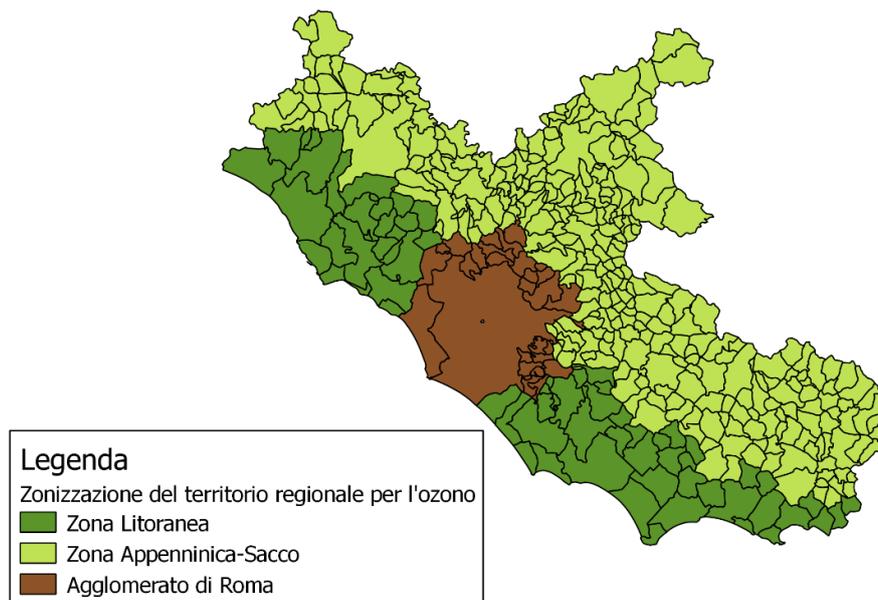


Figura 2.2 - Zone del territorio regionale del Lazio per l'ozono.

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 (D.G.R. n.305 del 28 maggio 2021 e n.119 del 15 marzo 2022).

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 è poi stato redatto il progetto per la riorganizzazione della rete di monitoraggio, approvato dal Ministero della Transizione Ecologica nel gennaio 2014 e attualmente in fase di aggiornamento (la conclusione dell'iter è prevista nel 2022).

3. Analisi meteorologica

Lazio è costituito da strutture orografiche molto differenti tra loro.

Partendo dal Nord-Ovest della regione, si possono distinguere tre gruppi montuosi di modeste dimensioni: i monti Volsini, i monti Cimini ed i monti Sabatini. Caratteristica comune di questi gruppi montuosi è la loro origine vulcanica, testimoniata, oltre che dagli elementi geologici, dalla presenza, in ciascuno di questi, di un lago: il lago di Bolsena sui Volsini, il lago di Vico sui Cimini ed il lago di Bracciano sui Sabatini. Questi gruppi montuosi degradano dolcemente verso la pianura maremmana ad ovest, e verso la valle del Tevere ad est, le due pianure laziali più settentrionali. La Tuscia, ovvero la maremma laziale, trova qui il suo limite meridionale, nei Monti della Tolfa.

Nella parte orientale del Lazio si trovano i rilievi più alti della regione, che raggiungono con i Monti della Laga e in particolare con il monte Gorzano (2458 m), il loro punto più alto in questa piccola porzione laziale. Il resto del territorio Appenninico corre diagonalmente da nord-ovest a sud-est comprendendo i rilievi dei monti Reatini, Sabini, Simbruini ed Ernici, con rilievi attorno ai 1300-2200 m.

Accanto a questo va considerata l'ampia area costiera che coinvolge tutta la parte ovest del territorio e, chiaramente, l'area metropolitana di Roma che ha un'estensione di circa 1300 km².

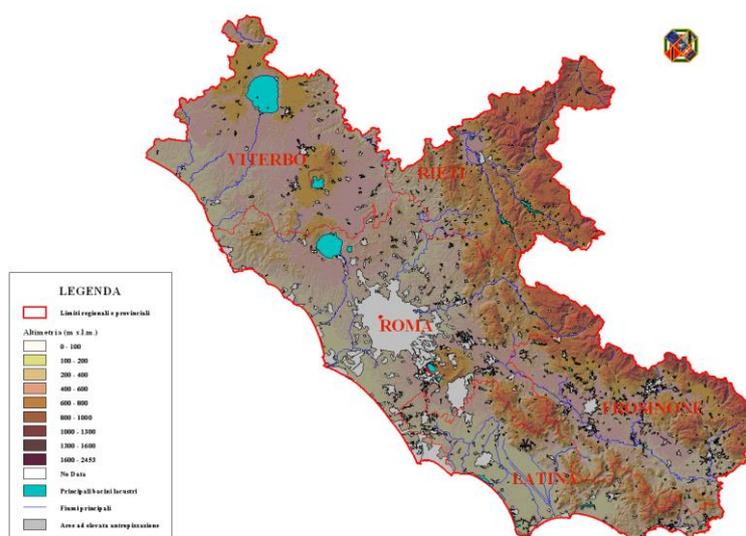


Figura 3.1 - Struttura orografica del territorio laziale.

La complessa struttura orografica influisce notevolmente sulle caratteristiche meteorologiche e micro-meteorologiche del territorio che sono alla base dei processi di dispersione delle sostanze inquinanti rilasciati in atmosfera.

Di seguito viene riportata una descrizione delle principali caratteristiche meteorologiche della regione, l'analisi prenderà in considerazione i principali fenomeni meteorologici utili alla dispersione e abbattimento delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici: precipitazioni, venti e variabili legate alla turbolenza atmosferica.

La Rete Meteorologica Regionale (RMR) è così composta:

- Rete Micro-Meteorologica (RMM): 8 stazioni;
- Rete Meteo Convenzionale (RMC): 3 mezzi mobili, una serie di sensori sulle stazioni di qualità dell'aria, la WTX.

3.1 La rete micro-meteorologica dell'ARPA Lazio

L'ARPA Lazio, a supporto della valutazione e previsione della qualità dell'aria, ha realizzato una rete micro-meteorologica (RMM) costituita da 8 stazioni con dotazione strumentale avanzata.

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 (u^* e H_0) che danno indicazioni delle capacità dispersiva dei primi strati dell'atmosfera.

Tabella 3.1 - Localizzazione delle stazioni della rete micro-meteorologica.

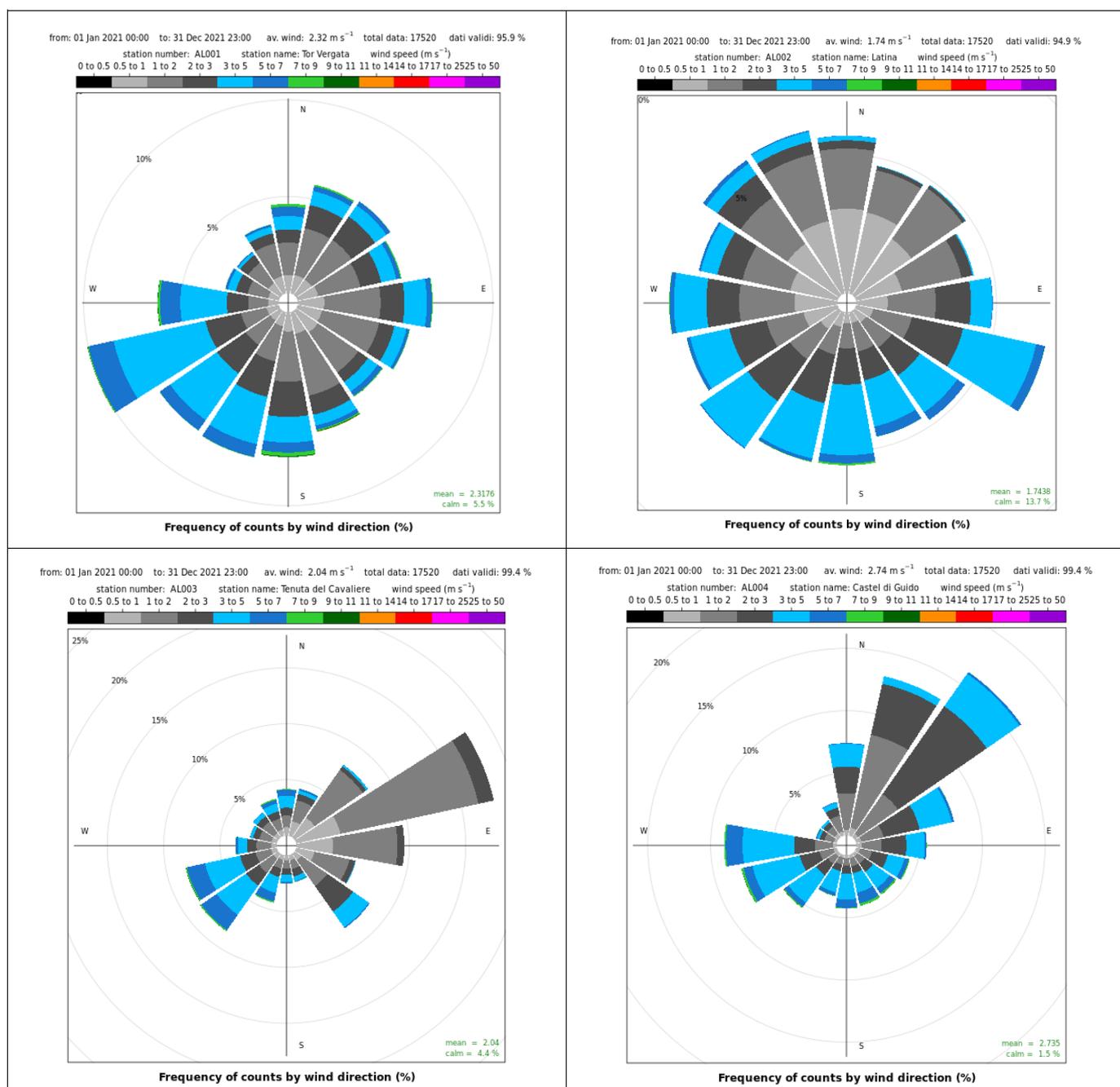
Zona	Sigla	Località	Latitudine	Longitudine
IT1219 - Agglomerato di Roma 2021	AL001	Roma – CNR Tor Vergata	41.8417	12.6476
	AL003	Roma – Tenuta del Cavaliere	41.9290	12.6583
	AL004	Roma – Castel di Guido	41.8894	12.2664
	AL007	Roma – Boncompagni	41.9093	12.4965
IT1217 - Valle del Sacco 2021	AL006	Frosinone	41.6471	13.2999
IT1218 – Litoranea 2021	AL002	Latina	41.4850	12.8457
IT1216 – Appenninica 2021	AL005	Rieti	42.4294	12.8191
	AL008	Viterbo	42.4308	12.0625



3.2 Intensità del vento

Utilizzando i dati della rete di stazioni micro-meteorologiche dell'ARPA Lazio è possibile evidenziare le distribuzioni delle intensità e della direzione dei venti in 8 punti della regione, di cui 4 appartenenti all'Agglomerato di Roma e le altre 4 nei restanti capoluoghi di provincia della Regione.

Nelle immagini seguenti sono rappresentate le rose dei venti nel seguente ordine: Roma-Tor Vergata e Latina, Roma-Tenuta del Cavaliere e Roma-Castel di Guido, Rieti e Frosinone, Roma-via Boncompagni e Viterbo.



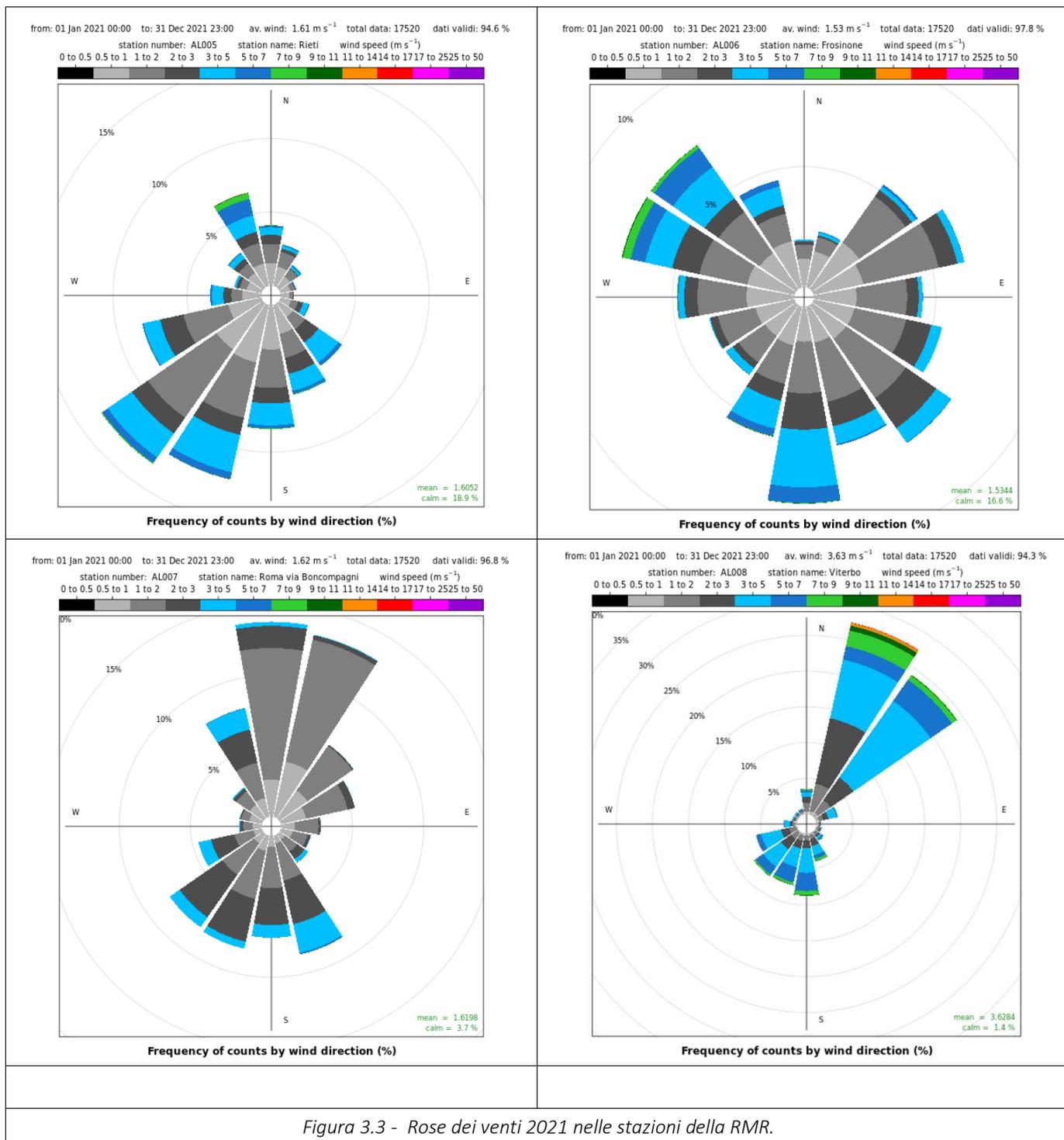


Figura 3.3 - Rose dei venti 2021 nelle stazioni della RMR.

Le percentuali di dati validi sono molto elevate in tutte le stazioni (>94%).

Dalle rose dei venti si evidenzia che le stazioni di Viterbo, Tenuta del Cavaliere e Boncompagni sono fortemente rose direzionali. A Viterbo e a Tenuta del Cavaliere i limiti sono imposti dall'orografia, mentre a Boncompagni dal contesto urbano circostante. Tor Vergata e Latina hanno rose più aperte, con direzioni preferenziali al II e III. Rieti e Frosinone risentono della loro posizione geografica circondata dalle valli.

L'intensità media annuale dei venti è compresa tra 1.53 m/s di Frosinone protetta dall'orografia circostante e i 3.63 m/s di Viterbo dove probabilmente vi è un effetto di incanalamento delle correnti. La brezza di mare è evidente su Tor Vergata, Boncompagni e Castel di Guido (petali celeste, blu e verde, nel III quadrante). Mentre

deboli, ma molto frequenti, sono venti catabatici che scendono la valle del Tevere registrati dalla stazione di Tenuta del Cavaliere (petali grigi del I quadrante).

Tabella 3.2 - Velocità medie dei venti 2021 e media 2012-2020 in m/s rete micro-meteorologica regionale.

Stazione RMR	wv medio 2021	wv medio 2020	wv medio 2012-20	calme 2021	calme 2020	calme 2012-20
Tor Vergata (RM)	2.32	2.19	2.31	5.5%	7.2%	6.1%
Latina	1.74	1.61	1.76	13.7%	16.2%	12.4%
Tenuta del Cavaliere (RM)	2.04	2.03	2.07	4.4%	5.2%	5.1%
Castel di Guido (RM)	2.74	2.67	2.77	1.5%	1.5%	1.4%
Rieti	1.61	1.54	1.64	18.9%	21.0%	18.5%
Frosinone	1.53	1.47	1.55	16.6%	18.7%	16.8%
Roma via Boncompagni (RM)	1.62	1.57	1.63	3.7%	4.9%	3.9%
Viterbo	3.63	3.53	3.51	1.4%	2.0%	2.0%
Media	2.15	2.08	2.16	8.2%	9.6%	8.3%

Dal punto di vista della ventilazione l'anno 2021 è stato leggermente più ventoso del 2020 e in media agli ultimi 9 anni 2012-2020. La percentuale di calma di vento è risultata essere più bassa rispetto all'anno precedente (2020) ed in linea con la serie climatica disponibile (2012-2020).

Il dato della rete RMR conferma quanto ricavato dalla rete sinottica (SYNOP). Le differenze di valori sono dovute alla diversa posizione geografica e alla diversa altezza dei sensori del vento. Analizzando i dati l'anno 2021 è risultato essere in linea rispetto alla media degli 12 anni precedenti. Le rose dei venti mostrano come le stazioni litoranee risentano degli effetti delle brezze di terra e di mare (attive specie nei mesi estivi) e di venti sinottici anche sostenuti che scorrono da SE verso NO o da N verso S (attivi specie nei mesi invernali).

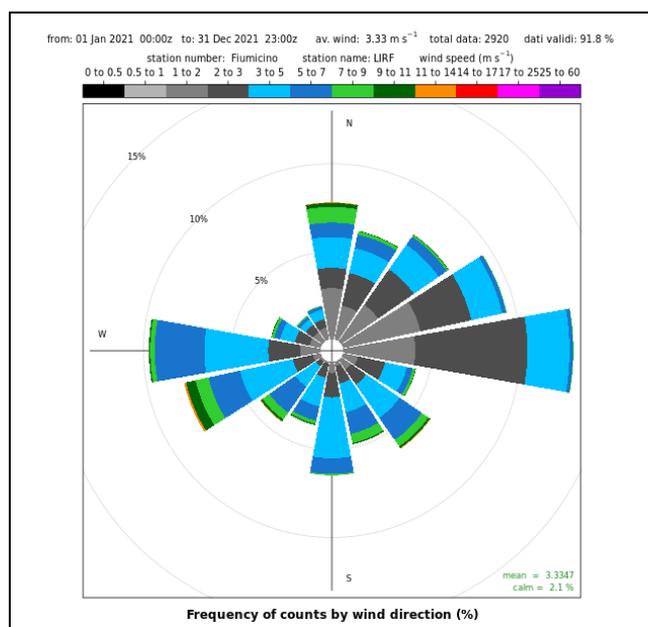


Figura 3.4 - Rosa dei venti di Fiumicino (16242 – LIRF) anno 2021.

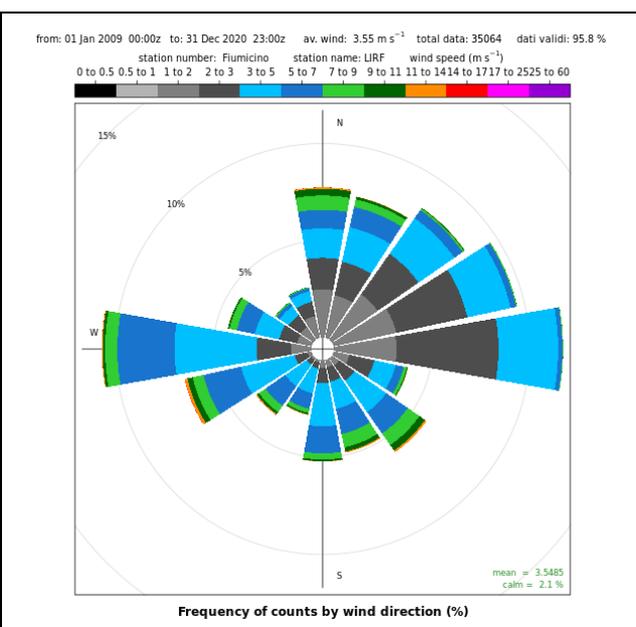


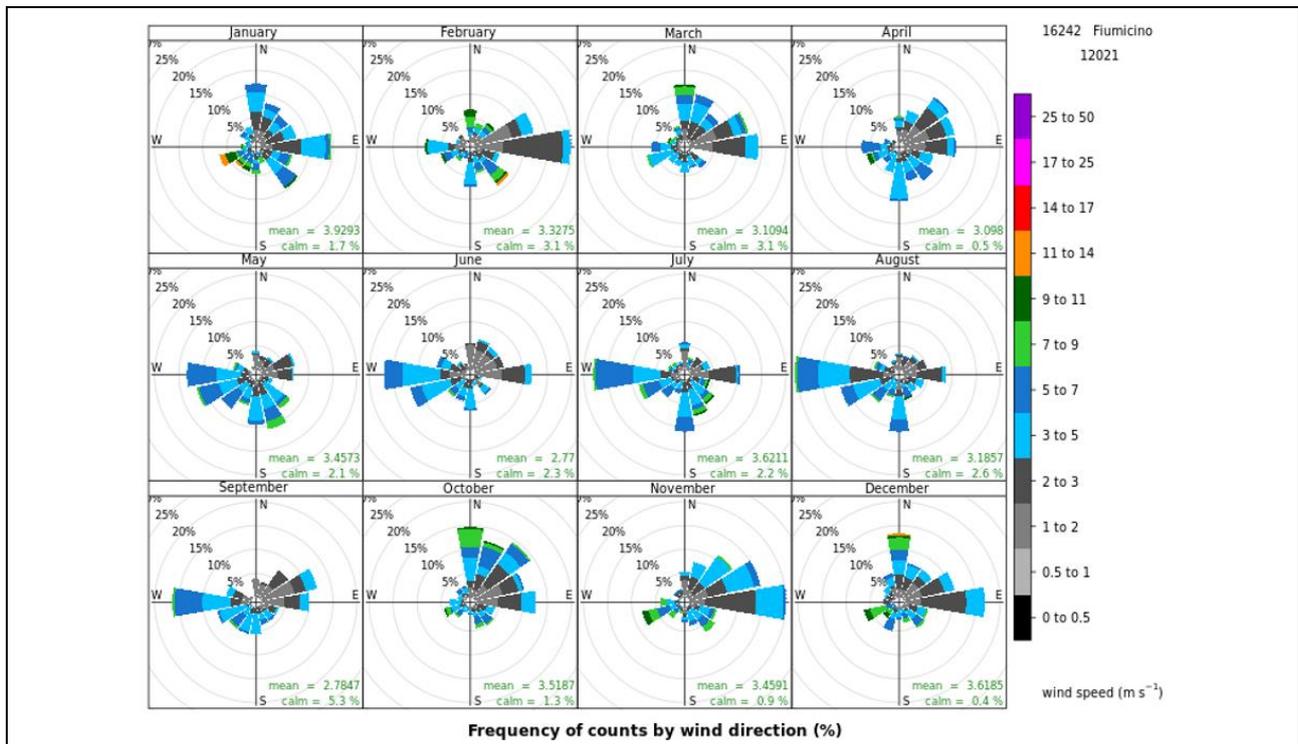
Figura 3.5 - Rosa dei venti di Fiumicino (16242 – LIRF) anni 2009-2020.

Tabella 3.3 - Velocità medie dei venti 2021 e media 2009-2020 in m/s.

Stazione SYNOP	vento medio 2021	vento medio 2020	vento medio 2009-20	calme 2021	calme 2020
Viterbo*	4.29	4.24	4.15	1.0%	0.8%
Guidonia*	2.84	2.86	2.78	6.1%	7.6%
Fiumicino	3.33	3.21	3.55	2.1%	2.9%
Ciampino	2.99	2.84	2.63	1.9%	2.1%
Pratica di Mare	3.77	3.63	3.84	1.7%	1.5%
Latina*	2.93	3.03	2.78	3.9%	3.4%
Frosinone*	2.50	2.29	2.32	0.3%	0.1%
Media	3.24	3.16	3.15	2.1%	2.2%

(*stazioni SYNOP con disponibilità dati solo durante il giorno)

Il confronto mensile mostra brezze di mare più attive ed intense a giugno, luglio e agosto, si veda ad esempio la stazione di Fiumicino in Figura 3.5 (anno 2021 in alto, anni 2009-2020 in basso). Da ottobre a dicembre i venti sono stati in prevalenza dai quadranti orientali. A novembre vi è stato il passaggio di una perturbazione con venti da NE intensi.



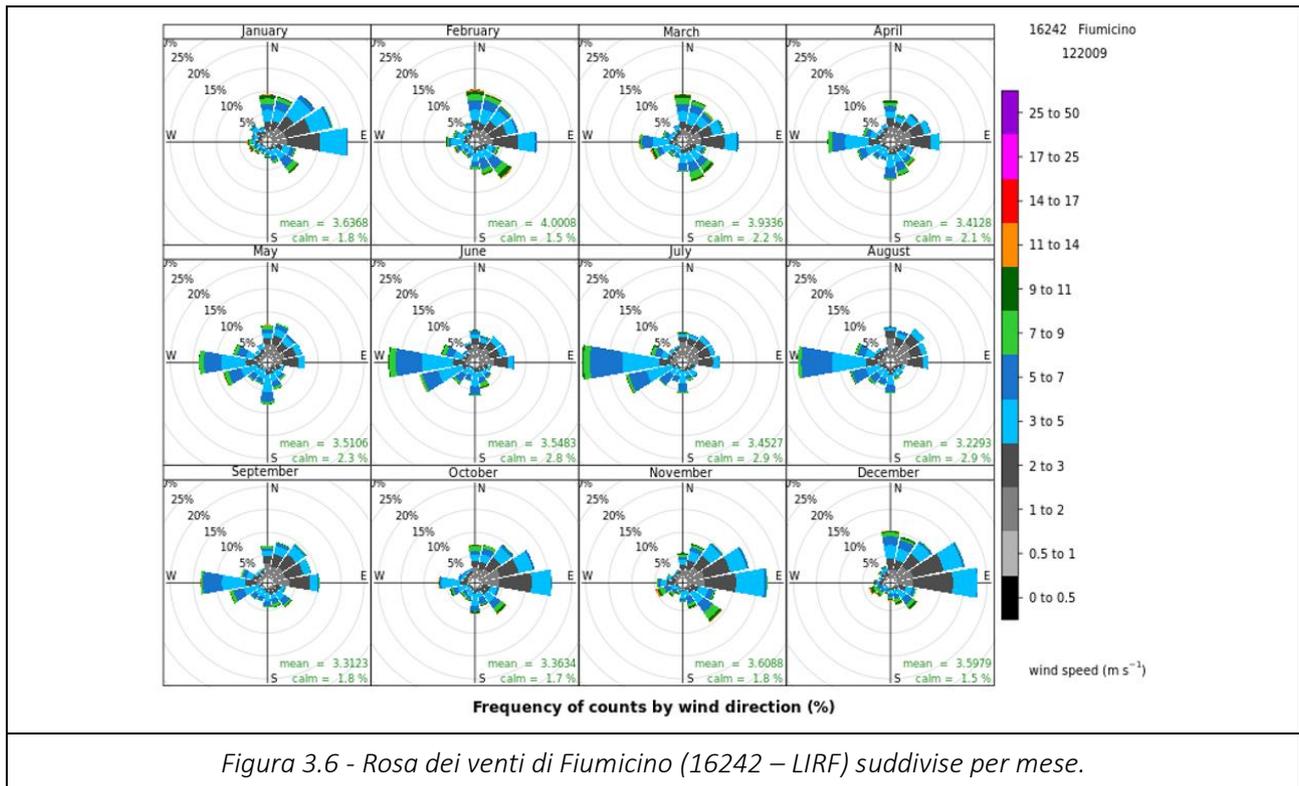


Figura 3.6 - Rosa dei venti di Fiumicino (16242 – LIRF) suddivise per mese.

3.3 Precipitazioni

Analizzando i dati provenienti dalla rete ARSIAL, l'anno 2021 è stato complessivamente meno piovoso dei precedenti. La distribuzione spaziale delle precipitazioni cumulate mostra massimi sulla zona meridionale della regione, tra Latina e Frosinone.

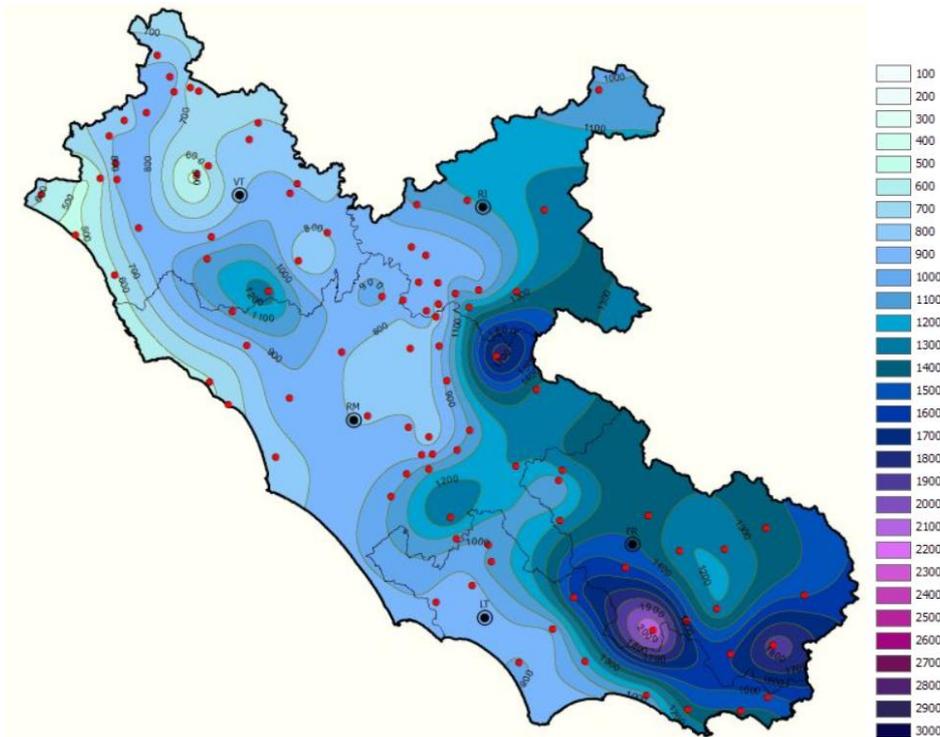


Figura 3.7 - Mappa ARSIAL precipitazioni 2021.

È stata individuata per ogni capoluogo di provincia una stazione meteorologica ARSIAL di riferimento. Il confronto con la precipitazione media degli ultimi 11 (2009-2020) anni mostra che nel 2021 le piogge sono state sotto la media in quasi tutti i capoluoghi, ad eccezione di Latina.

Nella Figura 3.8 vengono riportati a sinistra l'istogramma della precipitazione cumulata annuale 2021 per provincia, al centro la media degli ultimi 11 anni, e a destra la differenza tra la precipitazione cumulata del 2021 e la media 2009-2020.

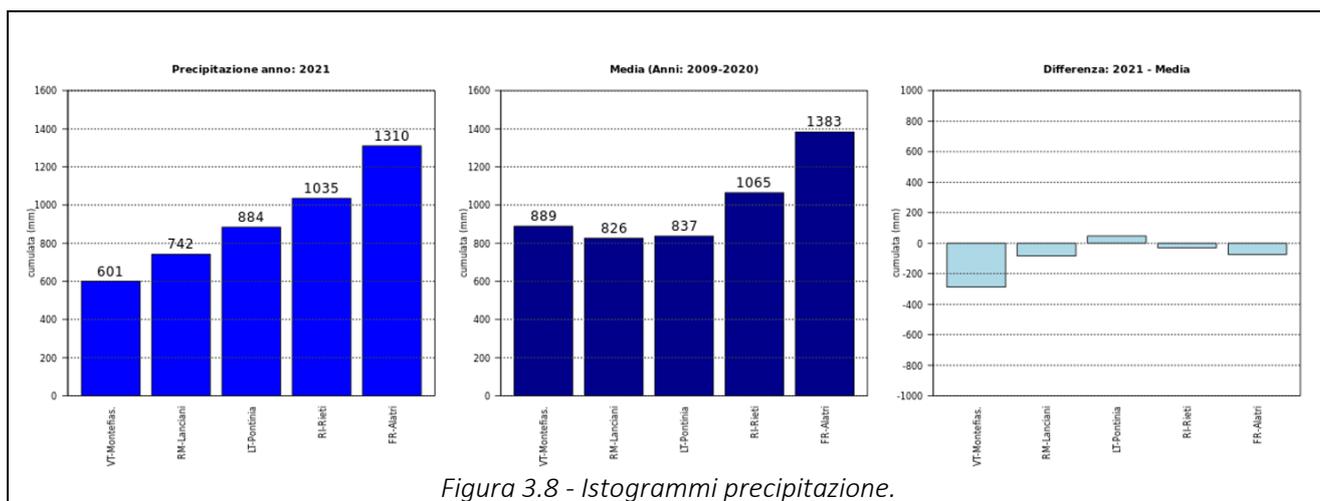


Figura 3.8 - Iistogrammi precipitazione.

Gli istogrammi seguenti rappresentano invece la precipitazione cumulata mensile suddivisa per capoluogo di provincia (in blu anno 2021, in grigio media ultimi 12 anni).

L'andamento mensile mostra che nel mese di gennaio dell'anno 2021 le precipitazioni che si sono registrate nei 5 capoluoghi sono state sensibilmente maggiori della media mensile, e particolarmente scarse tra giugno e agosto. Nei mesi di novembre e dicembre, ad esclusione della provincia di Viterbo, si è registrata una precipitazione cumulata totale generalmente superiore alla media.

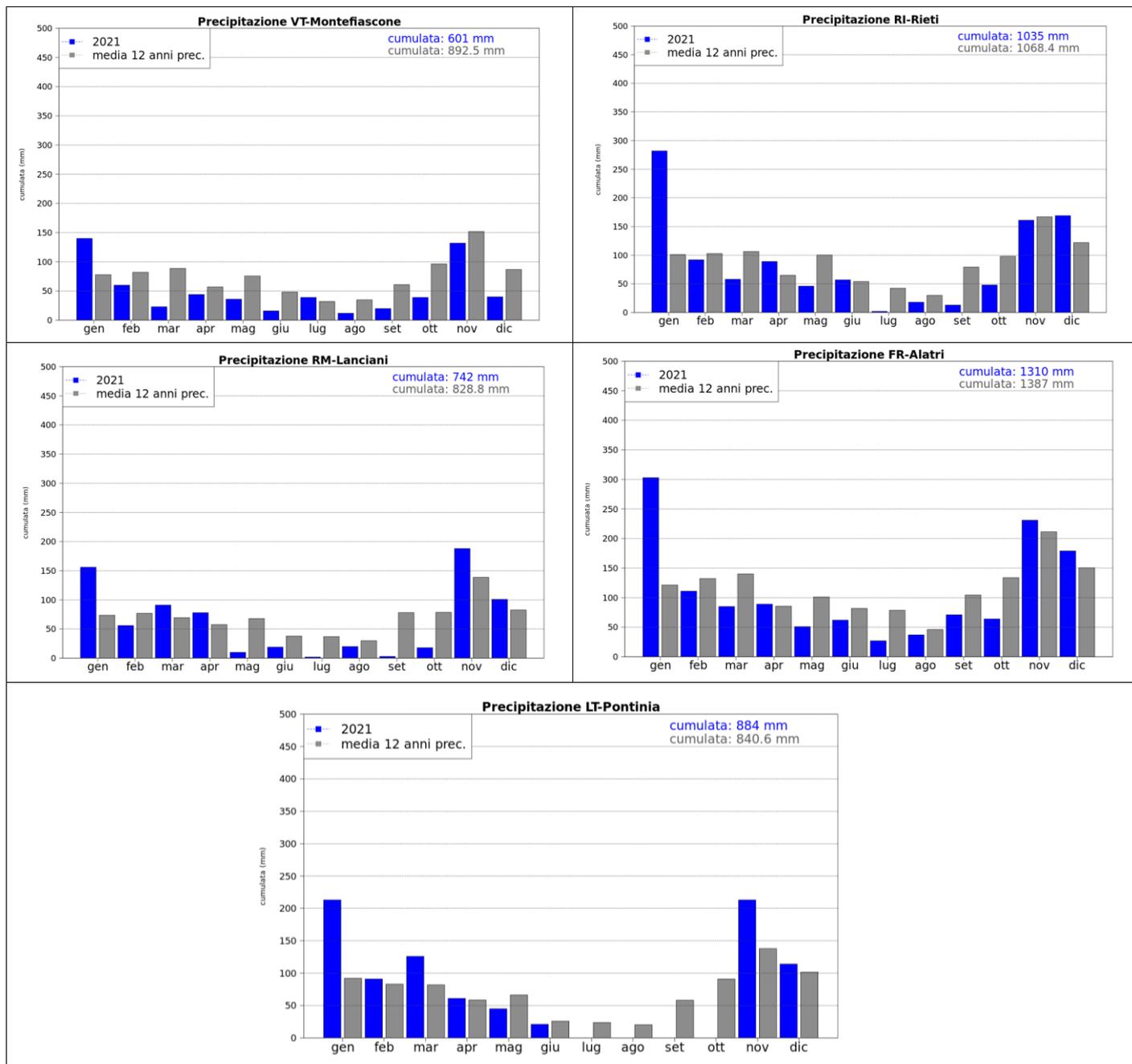


Figura 3.9 - Istogramma mensile della precipitazione cumulata.

3.4 Parametri turbolenti e caratteristiche aerodinamiche

I parametri turbolenti ed aerodinamici stimati dalla rete micrometeorologica caratterizzano gli scambi di energia tra la superficie terrestre e il primo strato di atmosfera (strato limite atmosferico, SLA), che alle medie latitudini si estende fino a 2-3 km e risponde alla forzanti esercitate dal suolo con un tempo di scala dell'ordine

dell'ora. Tra le principali perturbazioni indotte dalla superficie sullo SLA si annoverano, ad esempio, l'attrito delle masse d'aria in movimento (velocità di attrito) e gli scambi di calore all'interfaccia aria-suolo (flusso cinematico di calore).

Le grandezze turbolente ed aerodinamiche, insieme all'albedo, sono strettamente connesse con il comportamento delle variabili medie, come la temperatura e la velocità e la direzione del vento, e pur non essendo molto indicativo andarne a vedere la variazione anno per anno, una loro caratterizzazione accurata è centrale per il miglioramento delle previsioni fornite tanto dai modelli meteorologici quanto da quelli di dispersione degli inquinanti: entrambi necessitano, infatti, di un'adeguata parametrizzazione del bilancio energetico all'interfaccia aria-suolo, che è ottenibile solamente attraverso misure di lungo periodo effettuate a differenti scale spaziali e temporali.

Nel corso degli anni, la densità spaziale e le caratteristiche strumentali della rete micrometeorologica costruita da ARPA Lazio hanno permesso di effettuare studi ad hoc, principalmente condotti attraverso una pluriennale collaborazione con l'Istituto di scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR (CNR-ISAC), per la caratterizzazione dei principali parametri di interesse modellistico sulla città di Roma, compresa la loro variazione in funzione della tipologia di terreno e di fenomeni – come le brezze di mare – indotti dalla circolazione alla mesoscala. Maggiori dettagli, che includono dettagliate tabelle numeriche per quattro diverse parti dell'agglomerato cittadino, sono pubblicati in Ciardini et al. (2019, *Interconnections of the urban heat island with the spatial and temporal micrometeorological variability in Rome*. Urban Climate 29, 100493) e Sozzi et al. (2020, *Surface and Aerodynamic Parameters Estimation for Urban and Rural Areas*. Atmosphere, 11, 147.)

3.5 Conclusioni meteorologiche

L'anno 2021, a differenza del 2020, si è concluso con cumulate di precipitazione annuali che mostrano un bilancio negativo, salvo che nella provincia di Latina. Le piogge sono state più abbondanti in tutta la regione solo nel mese di gennaio. La diminuzione riscontrata si inserisce in un quadro più generale che ha visto, negli ultimi 12 anni, una sensibile riduzione delle precipitazioni accompagnata da un marcato aumento della temperatura. Questa tendenza è evidenziata, a titolo di esempio illustrativo, dai trend riportati in Figura 3.10, che mostrano le anomalie di entrambe le variabili (calcolate come differenza tra la media nel periodo 2009-2021 e il valore medio o, nel caso delle precipitazioni, cumulato registrato nel 2021) in funzione del tempo: mentre per le precipitazioni si registra un trend negativo di -1.27%/anno, le temperature aumentano di 0.078 °C/anno.

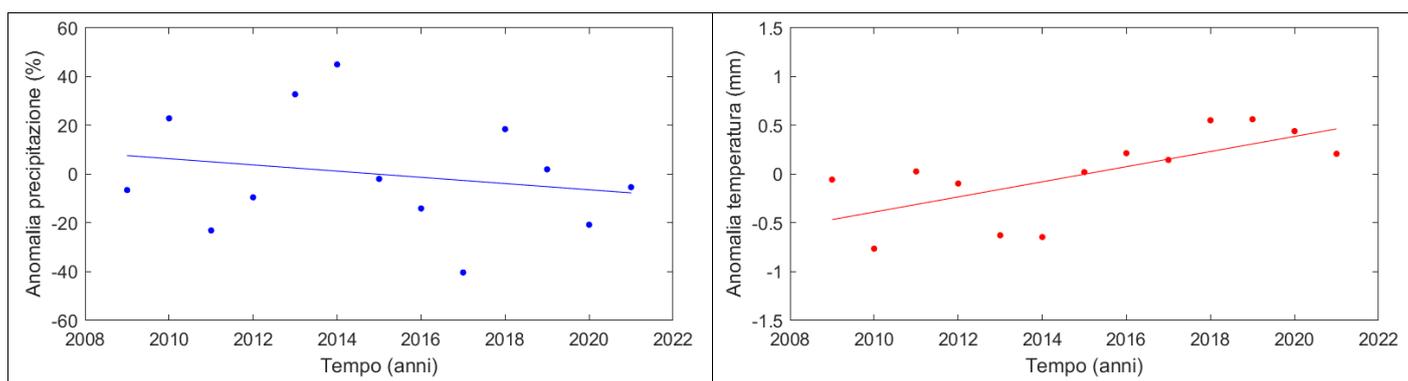


Figura 3.10 - Anomalie di temperatura e precipitazione tra il 2009 e il 2021

L'intensità del vento e le calme registrate nel 2021 sono state simili alle medie degli anni passati. Tuttavia, è utile osservare che, in confronto con l'anno precedente, i dati dimostrano un 2021 leggermente più ventilato del 2020 in tutti i punti di misura.

4. Rete di monitoraggio regionale di qualità dell'aria

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria regionale nel 2021 è costituita da 55 stazioni di monitoraggio di cui 46 incluse nel progetto di rete del Programma di Valutazione della qualità dell'aria regionale approvato con la D.G.R. n. 478 del 2016.

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

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

Le centraline non incluse nel Programma di Valutazione sono: Boncompagni e Fiumicino Porto per l'Agglomerato di Roma e le restanti 7 in zona Litoranea: Civitavecchia Morandi, Civitavecchia Porto, Aurelia, San Gordiano, Santa Marinella, Allumiere e Tolfa (queste ultime 5 appartenenti alla rete "ex-Enel"). Delle centraline ex-ENEL non è attualmente attiva la stazione di Tarquinia.

La dislocazione delle stazioni di misura sul territorio regionale viene riportata in Figura 4.1.

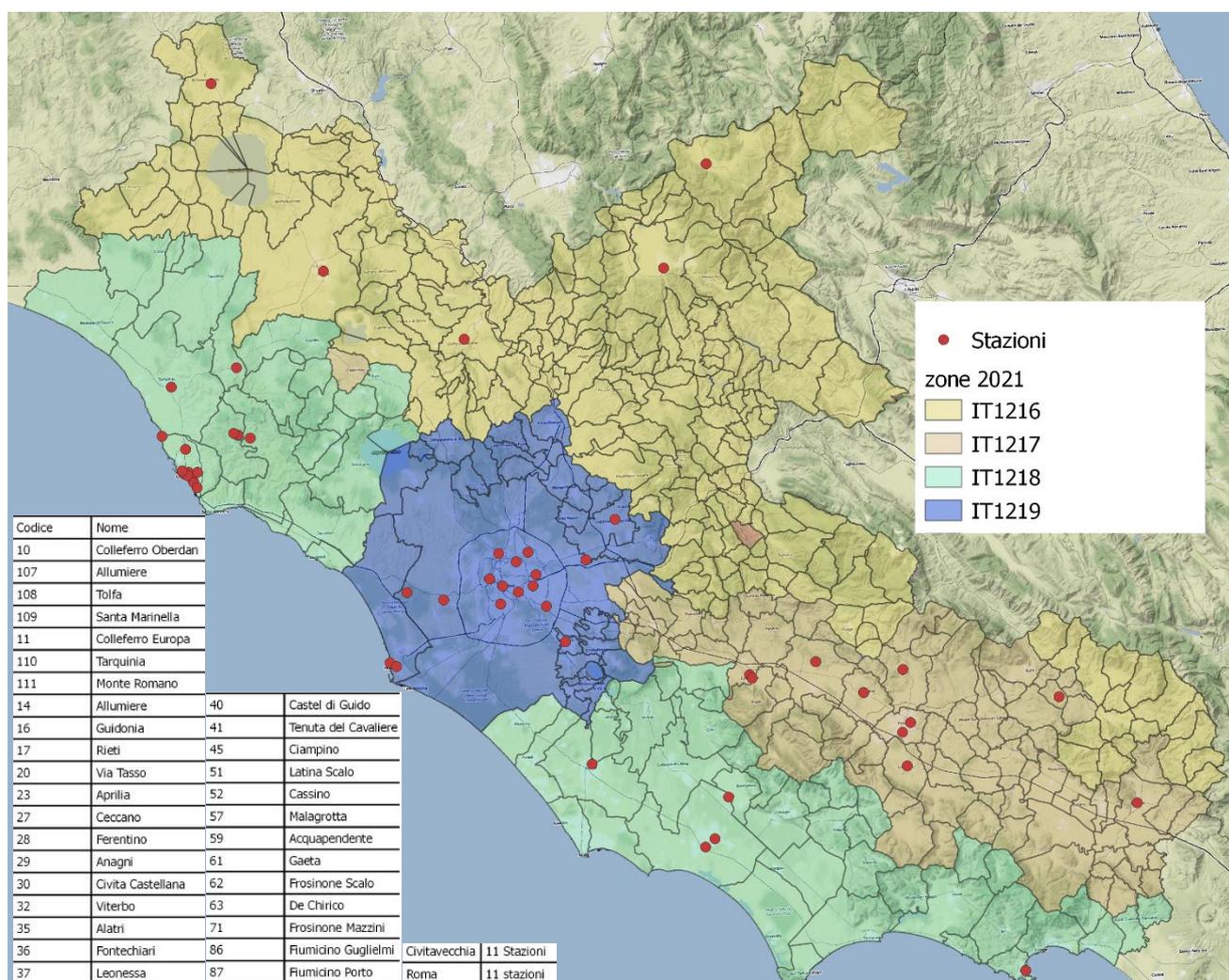


Figura 4.1 - Localizzazione delle stazioni della rete di misura regionale del Lazio nel 2021.

Per maggiore chiarezza, nelle Figura 4.2, Figura 4.3 e Figura 4.4 sono riportati i dettagli cartografici delle stazioni localizzate, rispettivamente, nell'Agglomerato di Roma, nella Zona Valle del Sacco e nel comprensorio di Civitavecchia.

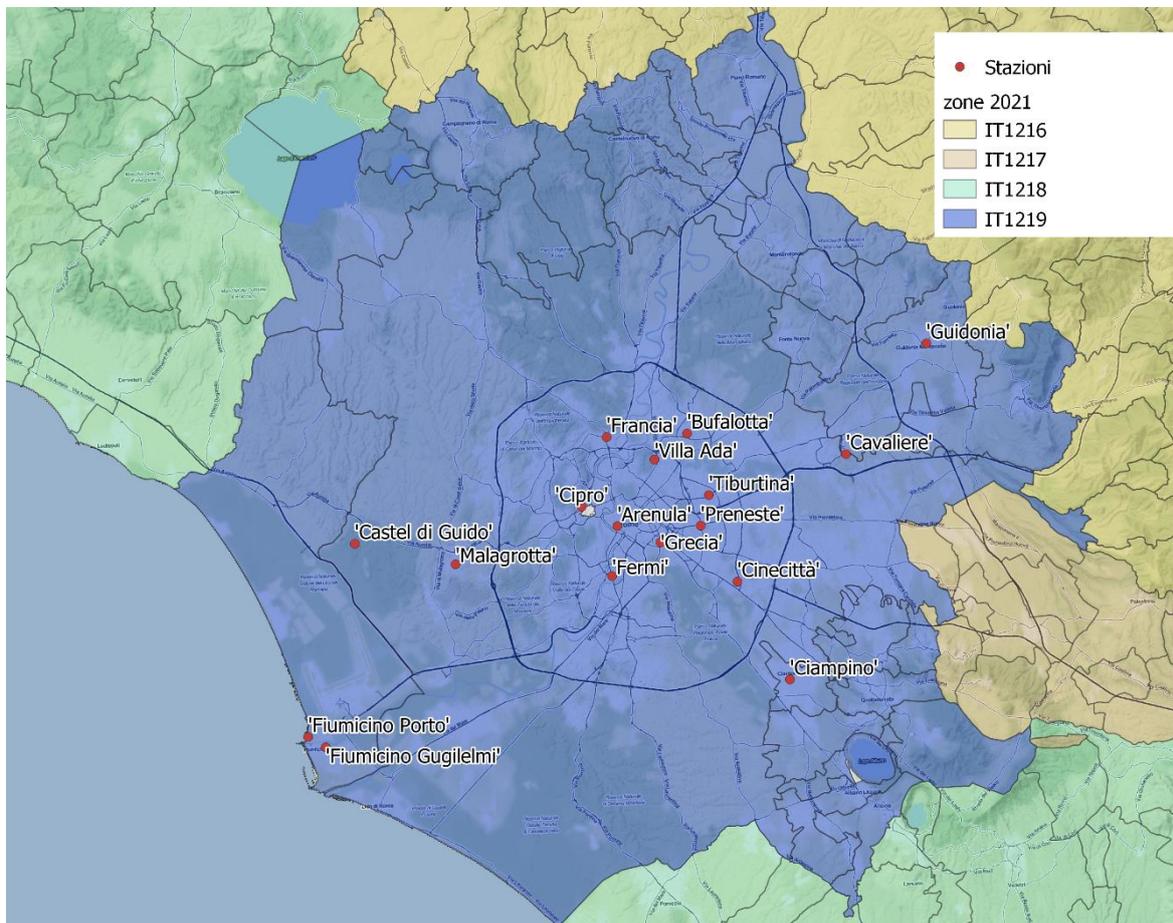


Figura 4.2 - Stazioni dell'Agglomerato di Roma.

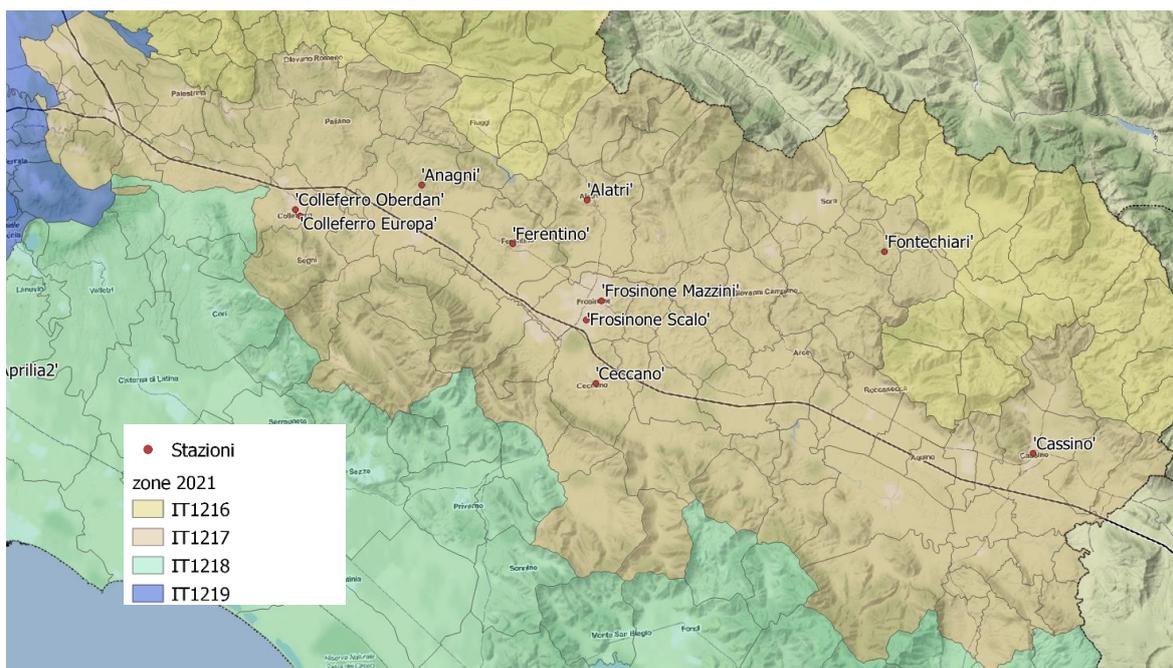


Figura 4.3 - Stazioni di misura nella Valle del Sacco.

Nella Figura 4.4 il dettaglio cartografico dell'area urbana di Civitavecchia.



Figura 4.4 - 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 localizzazione.

Tabella 4.1 - Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni nella Zona Litoranea.

Zona Litoranea 2021												
Comune	Stazione	Lat.	Long.	PM10	PM2.5	NO _x	CO	BTEX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Aprilia	Aprilia	41.60	12.65	X		X						
Latina	Latina Scalo	41.53	12.95	X	X	X						
Latina	LT de Chirico	41.27	12.53	X		X	X	X				
Latina	LT Tasso	41.46	12.91	X		X			X			
Gaeta	Gaeta Porto	41.22	13.57	X		X			X	X [^]		
Allumiere	Allumiere	42.16	11.91	X		X			X	X		
Civitavecchia	Civitavecchia	42.09	11.80	X		X	X		X	X	X	X
Civitavecchia	Villa Albani	42.10	11.80	X		X			X			
Civitavecchia	Via Roma	42.09	11.80			X	X [^]					
Civitavecchia	Via Morandi [^]	42.10	11.79			X			X			
Civitavecchia	Porto [^]	42.09	11.81	X		X				X		

Zona Litoranea 2021												
Comune	Stazione	Lat.	Long.	PM10	PM2.5	NO _x	CO	BTEX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Civitavecchia	Aurelia [^]	42.14	11.79	X		X						
Civitavecchia	Fiumaretta	42.10	11.78	X	X [^]	X	X [^]	X		X	X [^]	X [^]
Civitavecchia	Faro	42.10	11.82	X	X	X				X		
Civitavecchia	Campo dell'Oro	42.08	11.81	X [^]	X [^]	X				X		
Civitavecchia	S. Gordiano [^]	42.07	11.82	X		X						
Allumiere	Allumiere Moro [^]	42.16	11.90	X	X	X			X	X		
Tolfa	Tolfa [^]	42.15	11.94	X		X						
Tarquinia	S. Agostino	42.16	11.74	X	X	X			X			
Tarquinia	Tarquinia	42.24	11.77	X		X				X		
Monte Romano	Monte Romano	42.27	11.91	X [^]		X						
Santa Marinella	Santa Marinella [^]	42.04	1.83			X			X			

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

Tabella 4.2 - Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni nell'Agglomerato di Roma.

Agglomerato di Roma 2021												
Comune	Stazione	Lat.	Long	PM10	PM2.5	NO _x	CO	BTEX	O ₃	SO ₂	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	41.80	12.61	X		X		X			X	X
Roma	Fermi	41.86	12.47	X		X	X	X				
Roma	Bufalotta	41.95	12.53	X		X			X	X		
Roma	Cipro	41.91	12.45	X	X	X			X			
Roma	Tiburtina	41.91	12.55	X		X						
Roma	Malagrotta	41.87	12.35	X	X	X		X	X	X		
Roma	Boncompagni [^]	41.91	12.50	X	X	X			X			
Fiumicino	Porto [^]	41.77	12.22	X		X						
Fiumicino	Villa Guglielmi	41.77	12.24	X	X	X			X			

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

Tabella 4.3 - Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni nella Zona Valle del Sacco.

Zona Valle del Sacco 2021												
Comune	Stazione	Lat.	Long.	PM10	PM2.5	NO _x	CO	BTEX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Colleferro	Colleferro Oberdan	41.73	13.00	X		X	X		X	X		
Colleferro	Colleferro Europa	41.73	13.01	X	X [^]	X					X	X

Zona Valle del Sacco 2021												
Comune	Stazione	Lat.	Long.	PM10	PM2.5	NO _x	CO	BTEX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Alatri	Alatri	41.73	13.34	X		X	X					
Anagni	Anagni	41.75	13.15	X		X						
Cassino	Cassino	41.49	13.83	X	X	X				X		
Ceccano	Ceccano	41.57	13.34	X		X						
Ferentino	Ferentino	41.69	13.25	X	X [^]	X	X					
Fontechiari	Fontechiari	41.67	13.67	X	X	X			X		X	X
Frosinone	FR Mazzini	41.64	13.35	X	X	X	X		X	X		
Frosinone	Frosinone Scalo	41.62	13.33	X		X	X	X			X	X

(^A) - non inserita nel progetto di rete

Tabella 4.4 - Localizzazione e dotazione strumentale delle stazioni nella Zona Appenninica.

Zona Appenninica 2021												
Comune	Stazione	Lat.	Long.	PM10	PM2.5	NO _x	CO	BTEX	O ₃	SO ₂	Metalli	IPA
Leonessa	Leonessa	42.57	12.96	X	X	X			X			
Rieti	Rieti	42.40	12.86	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Acquapendente	Acquapendente	42.74	11.88	X	X	X			X			
Civita Castellana	Civita Castellana PetRARCA	42.30	12.41	X		X				X		
Viterbo	Viterbo	42.42	12.11	X	X	X	X	X	X	X		

5. Standard di qualità dell'aria

In questa sezione vengono riportati gli standard di legge derivati dalle misure, sia continue che discontinue (IPA e metalli), della rete di monitoraggio di qualità dell'aria del territorio regionale.

Il d.lgs. 155/2010 richiede il rispetto di diversi valori limite, sia per la protezione della salute umana che della vegetazione, per ogni inquinante riportati nella Tabella 5.1.

Tabella 5.1 - Valori limite previsti dal d.lgs. 155/2010.

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
PM10	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
PM2.5	Valore obiettivo	anno civile	25 µg/m ³	-	-	01/01/2010
	Fase 1					
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	25 µg/m ³	-	-	01/01/2015
	Fase 2					
	Valore limite protezione salute umana	anno civile	Da stabilire con successivo decreto*	-	-	01/01/2020
Benzene	Valore limite protezione salute umana	anno civile	5 µg/m ³	-	-	01/01/2010

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

**Il D.lgs 155/2010 prevede che dal 01/01/2020 il limite normativo venga rivalutato e stabilito con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6. Il nuovo decreto non è stato ancora emanato.*

In Tabella 5.2 viene riportato un quadro sintetico, per ogni Zona, che riassume la verifica del rispetto dei valori limite per il 2021 secondo il d.lgs. 155/2010.

Tabella 5.2 - Quadro riassuntivo dei superamenti riscontrati dal monitoraggio da rete fissa nel Lazio per il 2021.

Zona	SO ₂	NO ₂	PM10	PM2.5	CO	O ₃	Benzene	B(a)P	Metalli
Agglomerato di Roma 2021	Verde	Rosso	Rosso	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Appenninica 2021	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rosso	Verde
Litoranea 2021	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Rosso	Verde	Verde	Verde
Valle del Sacco 2021	Verde	Verde	Rosso	Verde	Verde	Rosso	Verde	Rosso	Verde

In rosso è evidenziato il superamento, in verde è evidenziato il rispetto dei limiti. Per gli inquinanti con più di un valore limite è stato considerato il peggiore per ogni zona.

L'Agglomerato di Roma e la Valle del Sacco sono le aree più critiche. Nella Valle del Sacco si registrano superamenti dei valori limite di PM10, O₃ e benzo(a)pirene. Mentre si registrano superamenti nell'Agglomerato di Roma per PM10 ed NO₂. Relativamente all'ozono il superamento del valore obiettivo per la protezione della vegetazione e per la protezione della salute umana riguarda anche la zona Litoranea. Inoltre per la zona Appenninica si è registrato il superamento del limite della media annuale del benzo(a)pirene.

Nei paragrafi successivi vengono riportati i dati per ogni singola stazione della rete di monitoraggio di qualità dell'aria e le analisi effettuate su filtro di PM10 per IPA e metalli.

5.1 Rete automatica di misura - PM10, PM2.5, NO₂, SO₂, CO, O₃, C₆H₆

Nei paragrafi successivi vengono riportati gli standard di legge, ai fini della verifica del rispetto dei limiti previsti dal d.lgs. 155/2010, per tutti gli inquinanti rilevati in continuo dalle stazioni della rete di monitoraggio suddivise per Zone.

5.1.1 Agglomerato di Roma 2021

Dai valori delle concentrazioni monitorate nell'Agglomerato di Roma per il 2021, riportati in Tabella 5.3 emergono delle criticità per l'accumulo della concentrazione di NO₂ e PM10 nel territorio comunale. Le concentrazioni medie annuali di NO₂ sono sopra il valore limite previsto per il 2 delle stazioni dell'Agglomerato, all'interno del Grande Raccordo Anulare (GRA). Il numero massimo di superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ per il PM10 è superato solo in una stazione, Tiburtina, superamenti registrati pari a 37.

Il numero di superamenti orari di NO₂ del valore limite di 200 µg/m³ non eccede mai la soglia massima consentita (18 volte l'anno) ed anche la concentrazione media annuale di PM10 in tutte le stazioni dell'Agglomerato risulta inferiore al valore limite, pari a 40 µg/m³.

Relativamente all'O₃, per nessuna stazione si è registrato un numero di superamenti del valore limite di 120 µg/m³ più elevato del massimo di superamenti consentiti (25 volte l'anno), espresso come massimo giornaliero della media mobile su 8 ore (media sui 3 anni). L'AOT40 invece supera il limite fissato in 18000 µg/m³*h nella sola stazione di Preneste.

I valori di PM2.5, CO, Benzene, SO₂ risultano inferiori ai rispettivi valori limite fissati per la tutela della salute umana.

ZONA	COMUNE	NOME	TIPO	PM10		PM2.5	NO ₂		BENZENE	SO ₂		CO	O ₃			
				media annua valore limite 40 (µg/m ³)	numero di superamenti valore limite giornaliero di 50 µg/m ³ max 35 anno	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
AGGLOMERATO DI ROMA 2021	Roma	Villa Ada	UB	22	6	12	21	0	0.6	0	0	0	10676	7	0	0
	Roma	Arenula	UB	22	6	11	30	0	-	-	-	-	3888	0	0	0
	Roma	Bufalotta	UB	26	15	-	32	0	-	0	0	-	10424	4	0	0
	Roma	Tenuta del Cavaliere	SB	22	9	13	23	0	-	-	-	-	16551	25	0	0
	Ciampino	Ciampino	UT	26	19	-	24	0	1.1	-	-	-	-	-	-	-
	Roma	Cinecittà	UB	25	9	13	27	0	-	-	-	-	15744	17	0	0
	Roma	Cipro	UB	23	5	11	32	0	-	-	-	-	5263	0	0	0
	Roma	Fermi	UT	28	24	-	47	0	1.2	-	-	0	-	-	-	-
	Roma	C.so Francia	UT	24	6	11	43	0	1.3	-	-	-	-	-	-	-
	Fiumicino	Fiumicino Villa Guglielmi	UB	22	3	11	23	0	-	-	-	-	8988	1	0	0
	Fiumicino	Fiumicino Porto	^	18	0	-	16	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Roma	L.go Magna Grecia	UT	21	7	-	36	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Roma	Castel di Guido	RB	20	4	10	8	0	-	-	-	-	10017	6	0	0
	Guidonia Montecelio	Guidonia	ST	23	11	13	21	0	-	0	0	-	-	-	-	-
	Roma	Malagrotta	SB	24	13	14	16	0	0.6	0	0	-	12129	5	0	0
	Roma	L.go Perestrello	UB	25	14	-	26	0	-	-	-	-	18364	19	0	0
Roma	Tiburtina	UT	30	37	-	35	0	-	-	-	-	-	-	-	-	

(*) - calcolato come media su 5 anni

(**) - calcolato come media su 3 anni

Tabella 5.3 - Standard di legge del 2021 per le stazioni localizzate all'interno dell'Agglomerato di Roma.

5.1.2 Zona Valle del Sacco 2021

Le stazioni localizzate nella Zona della Valle del Sacco-2021 registrano, nel 2021, il superamento dei valori limite per il PM10 e l'O₃ (Tabella 5.4).

L'accumulo di PM10 rappresenta la maggior criticità della zona. La media annua non è mai superiore al valore limite consentito di 40 µg/m³. Il numero di superamenti giornalieri è superiore ai 35 consentiti nel 30% delle stazioni della zona, con il valore più elevato registrato nella stazione di Ceccano con 71 superamenti.

Relativamente all'NO₂ non si osservano superamenti né del valore limite orario di 200 µg/m³, né del valore limite annuale, pari a 40 µg/m³.

Relativamente all'O₃, solo nella stazione di Fontechiari si registra il superamento sia del valore limite per l'AOT40 per la protezione della vegetazione, pari a 18000 µg/m³*h (come media su 5 anni) sia del numero massimo di superamenti dei 120 µg/m³ consentito (25 volte in un anno), calcolato come media su 3 anni rispetto al valore massimo della media mobile su 8 ore.

I valori di PM2.5, CO, Benzene, SO₂ risultano inferiori ai rispettivi valori limite fissati per la tutela della salute umana.

ZONA	COMUNE	NOME	TIPO	PM10		PM2.5	NO ₂		BENZENE	SO ₂		CO	O ₃			
				media annua valore limite 40 (µg/m ³)	numero di superamenti valore limite giornaliero di 50 µg/m ³ max 35 anno	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
VALLE DEL SACCO 2021	Colleferro	Colleferro Oberdan	I, SB	23	12	-	27	0	-	0	0	0	11023	7	0	0
	Colleferro	Colleferro Europa	I, SB	30	35	19	21	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Alatri	Alatri	UB	22	12	-	29	0	-	-	-	0	-	-	-	-
	Anagni	Anagni	UB	21	9	-	18	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cassino	Cassino	UT	32	56	22	32	0	-	0	0	-	-	-	-	-
	Ceccano	Ceccano	UT	35	71	-	24	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ferentino	Ferentino	UT	28	28	19	12	0	-	-	-	0	-	-	-	-
	Fontechiari	Fontechiari	RB	15	5	11	5	0	-	-	-	-	20998	30	0	0
	Frosinone	Frosinone Mazzini	UB	23	16	16	23	0	-	0	0	0	13032	6	0	0
	Frosinone	Frosinone Scalo	UT	29	55	-	29	0	2.0	-	-	0	-	-	-	-

(*) - calcolato come media su 5 anni

(**) - calcolato come media su 3 anni

Tabella 5.4 - Standard di legge del 2021 per le stazioni localizzate all'interno della Zona Valle del Sacco.

5.1.3 *Zona Appenninica 2021*

Nella Zona Appenninica (Tabella 5.5) per l'anno 2021 non è stato registrato nessun superamento per ciascun inquinante indagato.

ZONA	COMUNE	NOME	TIPO	PM10		PM2.5	NO ₂		BENZENE	SO ₂		CO	O ₃			
				media annua valore limite 40 (µg/m ³)	numero di superamenti valore limite giornaliero di 50 µg/m ³ max 35 anno	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
APPENNINICA 2021	Leonessa	Leonessa	RB	12	6	8	4	0	-	-	-	-	17898	23	0	0
	Rieti	Rieti	UT	19	9	12	15	0	0.9	0	0	0	8843	0	0	0
	Civita Castellana	Civita Castellana Petarca	UB	21	11	-	10	0	-	0	0	-	-	-	-	-
	Viterbo	Viterbo	UT	17	2	9	19	0	0.9	0	0	0	6219	1	0	0
	Acquapendente	Acquapendente	RB	15	2	9	5	0	-	-	-	-	11616	3	0	0

(*) - calcolato come media su 5 anni

(**) - calcolato come media su 3 anni

Tabella 5.5 - Standard di legge del 2021 per le stazioni localizzate all'interno della Zona Appenninica.

5.1.4 Zona Litoranea 2021

Nella Zona Litoranea, nel 2021 l'unica criticità è costituita dall'O₃.

Il valore limite dell'AOT40, come media degli ultimi cinque anni, e il numero di superamenti del valore di 120 µg/m³, come media mobile massima sulle 8 ore e come media su 3 anni, sono superati nella sola stazione denominata Allumiere Aldo Moro.

ZONA	COMUNE	NOME	TIPO	PM10		PM2.5	NO ₂		BENZENE	SO ₂		CO	O ₃			
				media annua valore limite 40 (µg/m ³)	numero di superamenti valore limite giornaliero di 50 µg/m ³ max 35 anno	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
LITORANEA 2021	Aprilia	Aprilia	UB	23	9	-	16	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Latina	LT De Chirico	UT	22	8	-	22	0	0.8	-	-	0	-	-	-	-
	Latina	LT Scalo	SB	21	8	12	24	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Latina	LT Tasso	UB	23	11	-	19	0	-	-	-	-	2966	0	0	0
	Gaeta	Gaeta Porto	UB	23	8	-	21	2	-	0	0	-	9558 [^]	1 [^]	0 [^]	0 [^]
	Allumiere	Allumiere	RB	14	8	-	7	0	-	0	0	-	15286	21	0	0
	Civitavecchia	Civitavecchia	UB	19	0	-	20	1	-	0	0	0	8405	2	0	0
	Civitavecchia	Villa Albani	UT	24	5	-	22	0	-	-	-	-	9419	3	0	0
	Civitavecchia	via Roma	UT	-	-	-	37	0	-	-	-	0 [^]	-	-	-	-
	Civitavecchia	via Morandi	^	-	-	-	18	0	-	-	-	-	3962	1	0	0
	Civitavecchia	Porto	^	17	1	-	22	0	-	0	0	-	-	-	-	-
	Allumiere	Allumiere Aldo Moro	^	16	4	8	5	0	-	0	0	-	19318	36	0	0
	Civitavecchia	Aurelia	^	14	3	-	9	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Civitavecchia	Campo Oro	UB	18 [^]	3 [^]	8 [^]	12	0	-	0	0	-	-	-	-	-
	Civitavecchia	Faro	UB	17	1	8	10	0	-	0	0	-	-	-	-	-
	Civitavecchia	Fiumaretta	UT	19	3	9 [^]	17	0	0.3	0	0	0 [^]	-	-	-	-
Civitavecchia	Monte Romano	SB	17 [^]	3 [^]	-	6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	

ZONA	COMUNE	NOME	TIPO	PM10		PM2.5	NO ₂		BENZENE	SO ₂		CO	O ₃			
				media annua valore limite 40 (µg/m ³)	numero di superamenti valore limite giornaliero di 50 µg/m ³ max 35 anno	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
LITORANEA	Civitavecchia	S. Gordiano	^	20	5	-	12	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Santa Marinella	Santa Marinella	^	-	-	-	10	0	-	-	-	-	-999"	-999"	0	0
	Tarquinia	S. Agostino	RB	16	3	8	5	0	-	0	0	-	13871	10	0	0
	Tolfa	Tolfa	^	15	4	-	5	0	-	-	-	-	-	-	-	-

(*) - calcolato come media su 5 anni

(**) - calcolato come media su 3 anni

(^)- non inserita nel progetto di rete

(") - dati non sufficienti al computo dello standard

Tabella 5.6 - Standard di legge del 2021 per le stazioni localizzate all'interno della Zona Litoranea.

5.2 Analisi su filtro: Benzo(a)pirene e Metalli

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 2021 nelle stazioni della provincia di Rieti, Roma e Frosinone.

5.2.1 IPA

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) 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. 155/2010) prevede un valore limite 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 un anno civile pari ad 1 ng/m³. Nella Tabella 5.7 sono riportati i valori misurati per il 2021.

Tabella 5.7 - Concentrazione media annua di Benzo(a)pirene nel 2021.

BENZO(A)PIRENE			
ZONA	STAZIONE	MEDIA ANNUA (ng/m ³)	N.CAMPIONI
AGGLOMERATO DI ROMA 2021	Cinecittà	0.6	60
	Francia	0.4	132
	Villa Ada	0.4	139
	Ciampino	0.8	139
LITORANEA 2021	Civitavecchia	0.2	60
	Fiumaretta [^]	0.1	57
VALLE DEL SACCO 2021	Colleferro Europa	1.4	134
	Frosinone scalo	3.0	131
	Fontechiari	0.5	62
APPENNINICA 2021	Rieti	1.1	70

[^]non inserita nel progetto di rete

Per il benzo(a)pirene le criticità si riscontrano nella zona Valle del Sacco e Appenninica. Il valore limite annuale, pari a 1 ng/m³, viene superato nel 30% delle stazioni, con il valore più elevato registrato nella stazione di Frosinone Scalo con 3.0 ng/m³.

5.2.2 Metalli

Il d.lgs. 155/2010 prevede un limite normativo espresso come media annuale per i 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 ICP-massa.

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. Nella Tabella 5.8 sono riportati i valori medi annuali per il 2021.

Tabella 5.8 - Concentrazione media annuale del 2021 dei metalli.

ZONA	NOME	As media annua valore limite 6 ng/m ³	Ni media annua valore limite 20 ng/m ³	Cd media annua valore limite 5 ng/m ³	Pb media annua valore limite 0.5 µg/m ³	N.CAMPIONI
AGGLOMERATO DI ROMA 2021	Cinecittà	0.4	3.1	0.2	0.004	60
	Francia	0.5	2.2	0.2	0.004	60
	Villa Ada	0.5	1.8	0.2	0.005	63
	Ciampino	0.4	2.0	0.3	0.003	62
LITORANEA 2021	Civitavecchia	0.3	2.8	0.2	0.003	64
	Fiumaretta [^]	0.4	3.5	0.2	0.002	63
VALLE DEL SACCO 2021	Colferro Europa	0.4	2.0	0.2	0.003	62
	Frosinone scalo	0.5	2.2	0.4	0.005	59
	Fontechiari	0.4	1.7	0.2	0.002	60
APPENNINICA 2021	Rieti	0.4	1.7	0.2	0.003	70

[^]non inserita nel progetto di rete

In tutte le stazioni di rilevamento le concentrazioni medie annue dei metalli risultano sempre inferiori ai rispettivi valori limite previsti dal D.lgs. 155/2010.

5.3 Analisi delle serie storiche degli inquinanti

Nei paragrafi seguenti sono presentate per ogni zona le serie storiche degli standard normativi degli ultimi cinque anni.

5.3.1 Agglomerato di Roma

È la media annua dell'NO₂ il problema principale nell'Agglomerato di Roma. Dal 2017 ad oggi i livelli sono scesi ma all'interno del GRA (Figura 5.1) permangono sopra il valore limite in tutte le centraline urbane da traffico, ad esclusione di Tiburtina.

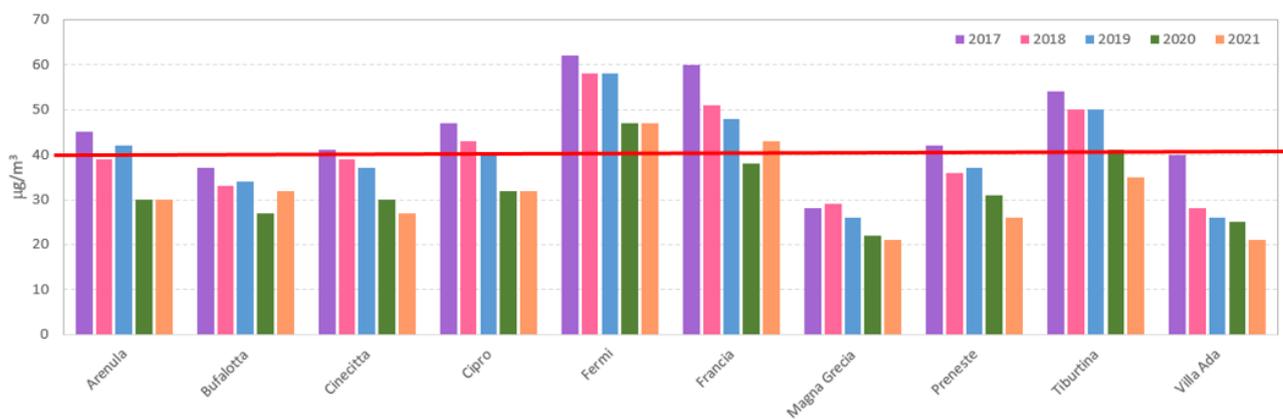


Figura 5.1 - Media Annuale NO₂ - stazioni comprese nel GRA di Roma.

Uno standard di legge che nel 2021 non ha rispettato il limite normativo nelle centraline dell'Agglomerato di Roma è "il numero di superamenti del valore limite giornaliero di PM10". Nella sola centralina denominata Tiburtina si è registrato il superamento del limite. In Figura 5.2 viene riportato la media dell'ultimo quinquennio. Come si vede lo standard, pur mostrando un andamento decrescente, ha un'ampia variabilità di anno in anno.

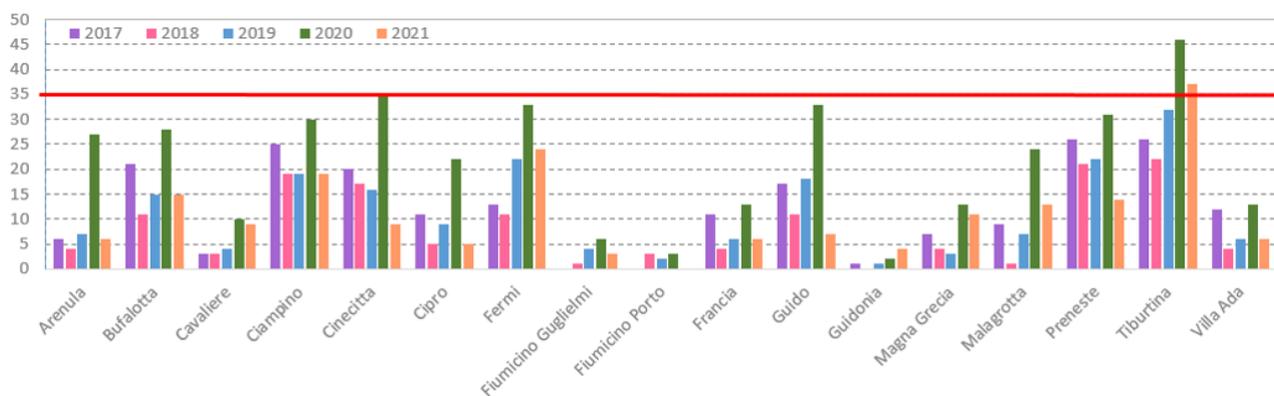


Figura 5.2 - Numero di superamenti del valore limite giornaliero di PM10.

Altro inquinante che nell'Agglomerato fa registrare per gli standard dei valori superiori ai limiti normativi è l'O₃. L'equilibrio di formazione di questo inquinante è molto influenzato dalle condizioni di irraggiamento solare estivo, quindi molto variabile da un anno all'altro, tanto che la norma prevede per l'ozono solamente standard mediati su più anni. Nei grafici seguenti si vede come nell'Agglomerato di Roma, sia il valore obiettivo per la salute umana (superamenti dei 120 µg/m³ in media mobile massima sulle 8 ore inferiori a 25 come media su tre anni) sia quello per la protezione della vegetazione (AOT40) non mostrano negli anni una tendenza univoca per le diverse stazioni dell'agglomerato.

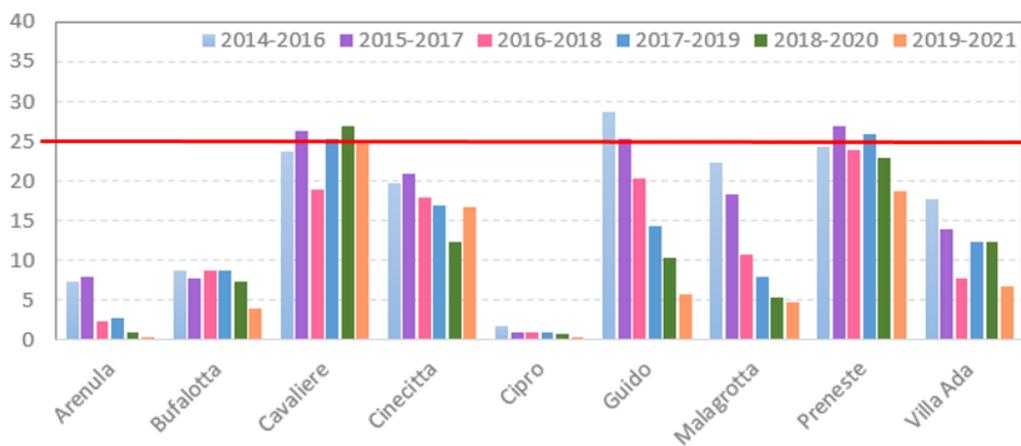


Figura 5.3 - Numero di superamenti di 120 µg/m³ per l'O₃ (mediato su 3 anni).

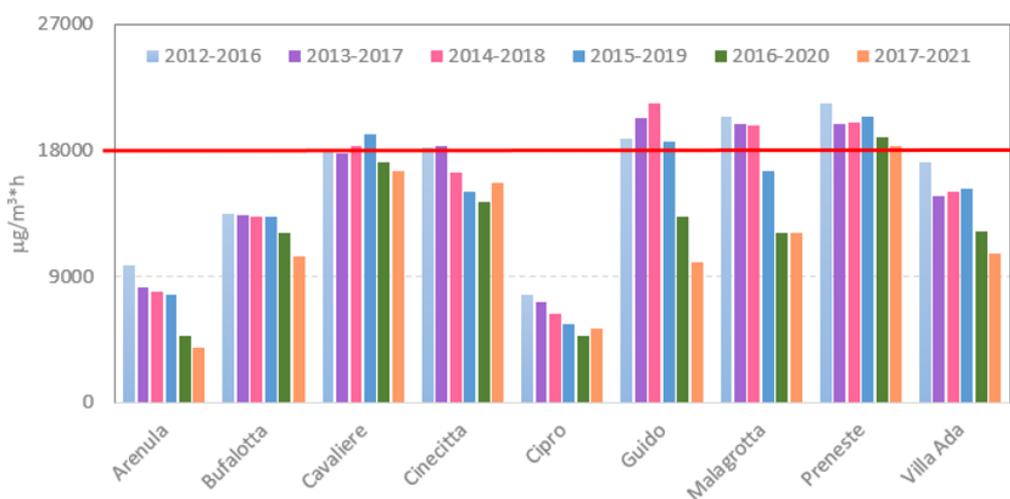


Figura 5.4 - AOT40 per l'O₃ (mediato su 5 anni).

5.3.2 Zona Valle del Sacco

Nella Valle del Sacco sono le polveri sottili a destare la maggiore preoccupazione. Le medie annue sia del PM2.5 che del PM10 seguono un trend discendente. Dal 2017 il PM2.5 rientra nei limiti (Figura 5.5) e nel 2021 tutte le centraline rispettano il valore limite per il PM10 (Figura 5.6).

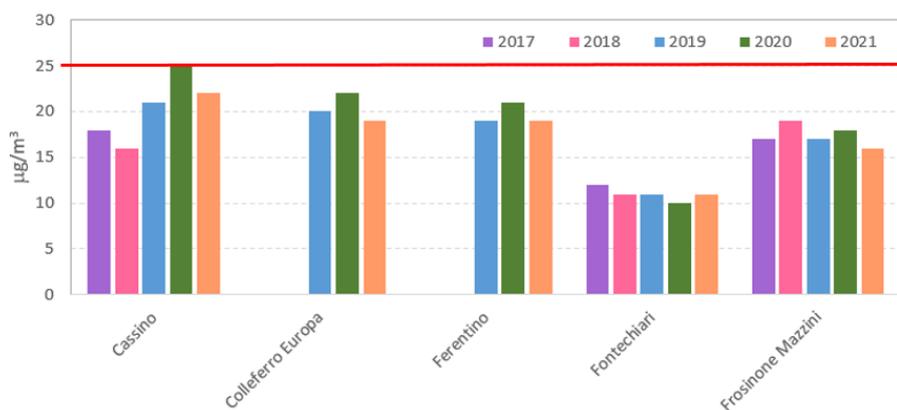


Figura 5.5 - Media annua in µg/m³ di PM2.5.

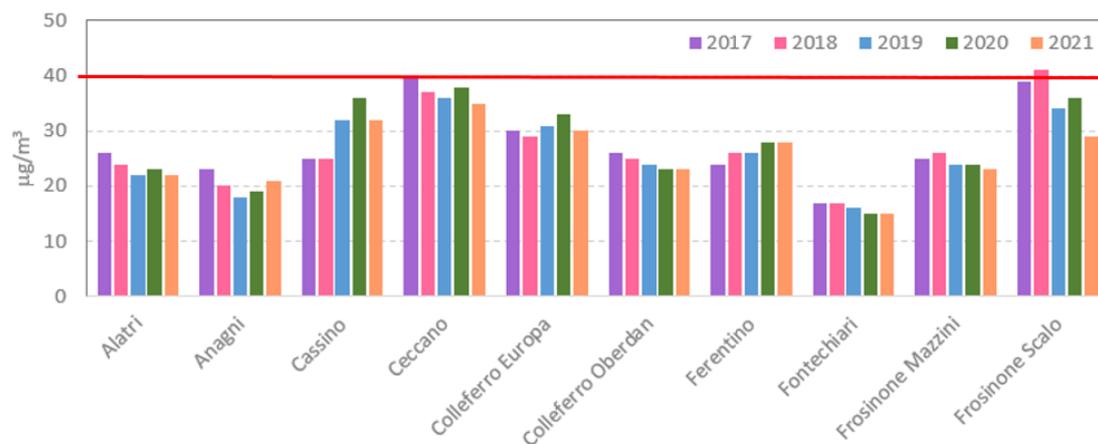


Figura 5.6 - Media annua in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10.

Il numero di superamenti del valore limite giornaliero di PM10 è anche nel 2021 superiore al valore consentito dalla norma e mostra un'oscillazione maggiore negli anni essendo uno standard di breve periodo.

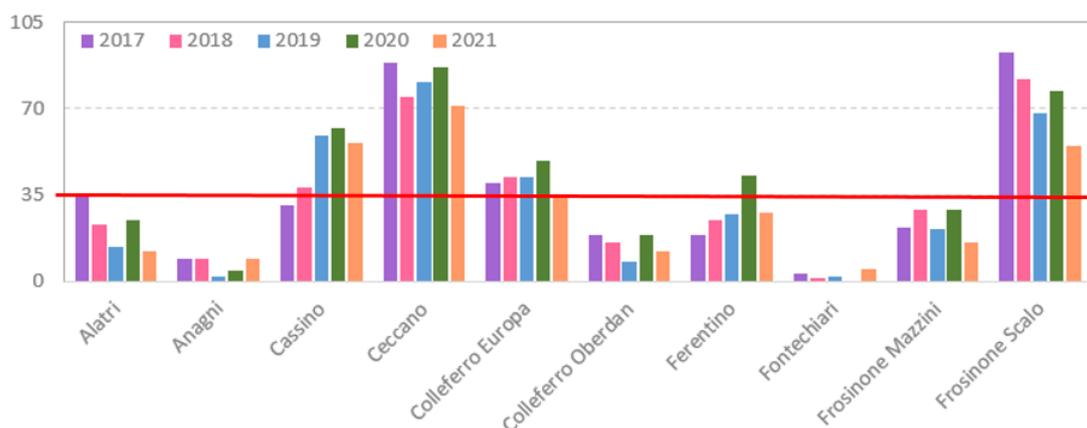


Figura 5.7 - Numero di superamenti del valore limite giornaliero di PM10.

La media annua dell'NO₂ decresce negli anni presso le centraline della Valle del Sacco e nel 2021 non si registra nessun superamento del valore limite.

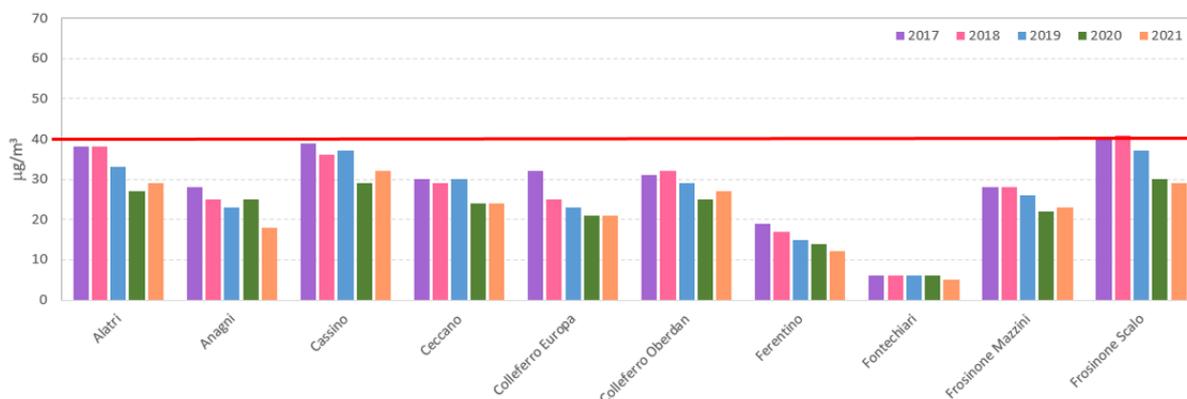


Figura 5.8 - Media Annua NO₂.

5.3.3 Zona Appenninica-Valle del Sacco

Per l'O₃ la Valle del Sacco e l'Appenninica costituiscono una zona unica. Come mostrato nei grafici in Figura 5.9 e Figura 5.10, il valore obiettivo relativo all'AOT40 mediato su 5 anni non è raggiunto per la sola stazione di Fontechiari, l'andamento negli anni non è univoco.

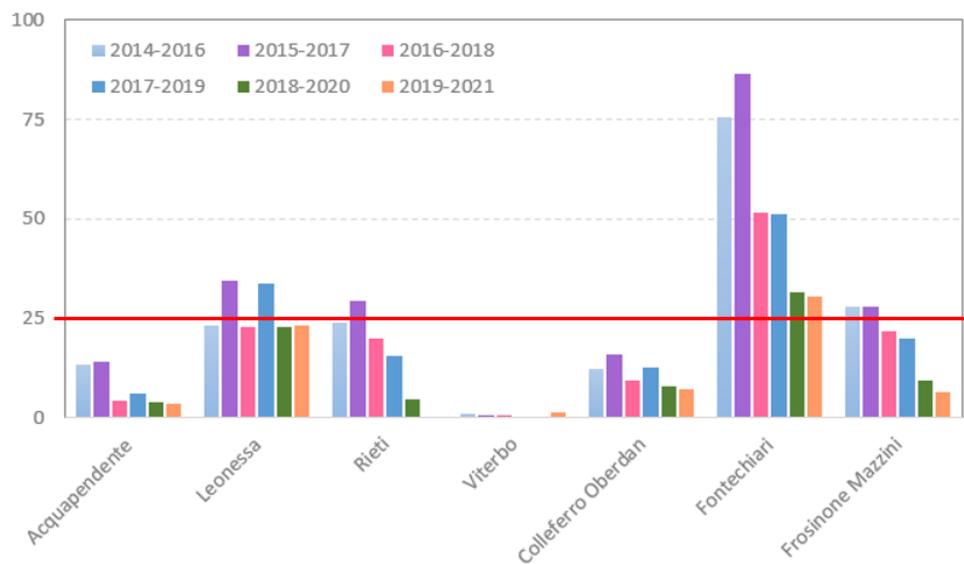


Figura 5.9 - Numero di superamenti di 120 µg/m³ per l'O₃ (mediato su 3 anni).

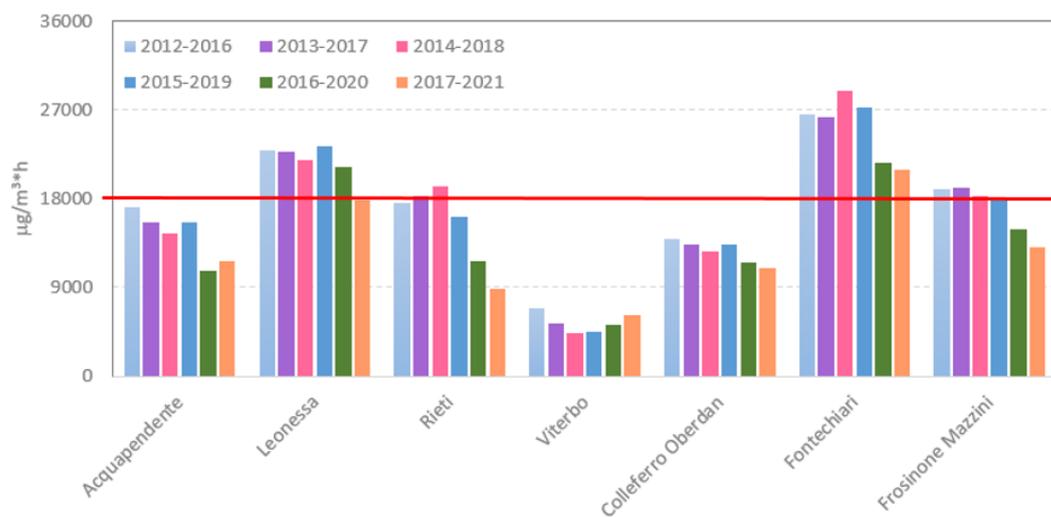


Figura 5.10 - AOT40 per l'O₃ (mediato su 5 anni).

5.3.4 Zona Litoranea

La Zona Litoranea dal 2013 presenta dei superi per i soli standard dell'ozono, in particolare i valori fuori norma sono registrati nel Comune di Allumiere, in cui sono situate due stazioni rurali a circa 500 m s.l.m.. Non è facile stabilire una tendenza per l'ozono, come si vede dalle figure seguenti: la sua formazione è fortemente influenzata da caratteristiche meteorologiche molto variabili di anno in anno oltre che dalla disponibilità in aria dei suoi precursori, tanto che la norma prevede degli standard mediati su più anni.

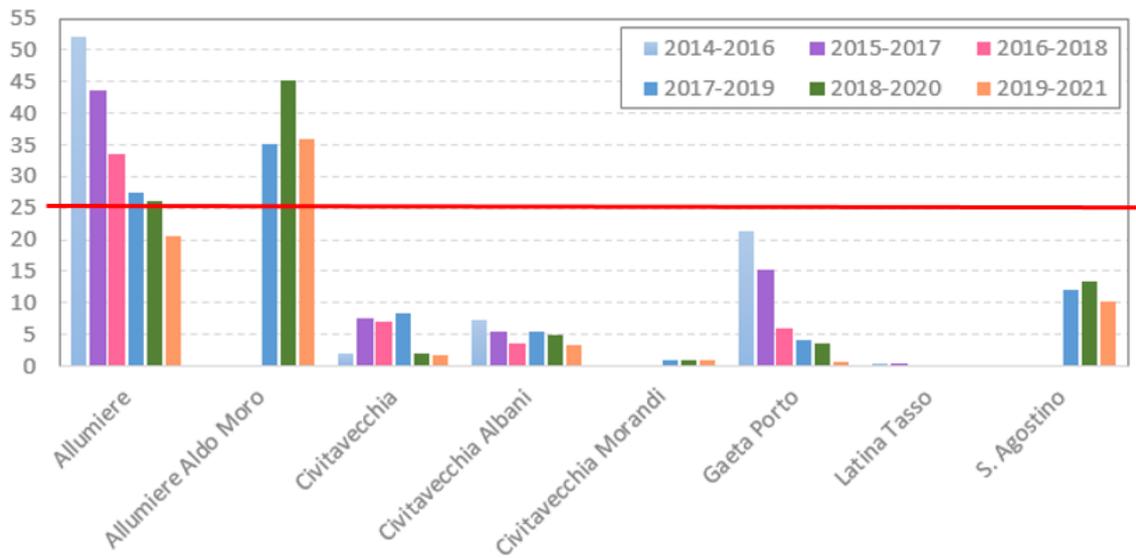


Figura 5.11 - Numero di superamenti di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per l' O_3 (mediato su 3 anni).

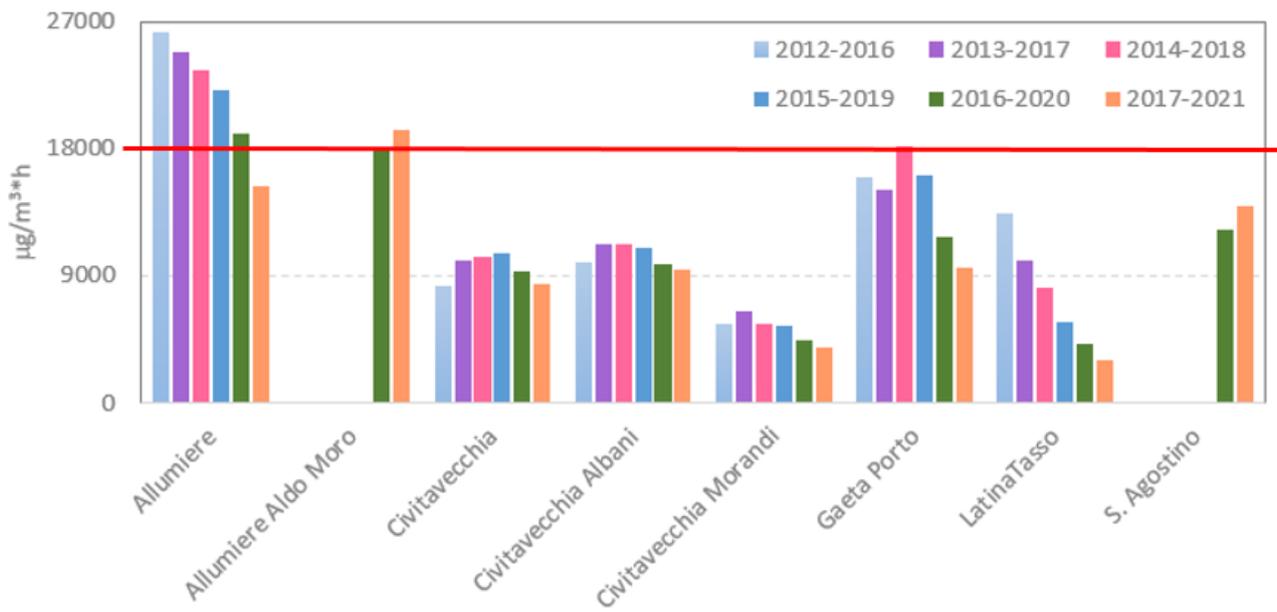


Figura 5.12 - AOT40 per l' O_3 (mediato su 5 anni).

5.4 Analisi superamenti PM10 e condizioni meteorologiche

La concentrazione degli inquinanti atmosferici è influenzata dalle condizioni meteorologiche e principalmente da tre fattori: precipitazione (frequenza e intensità), vento (intensità e direzione), turbolenza. Questi tre fattori determinano le azioni di dilavamento (fenomeni di washout, rainout, e mancato risollevarimento dal suolo), di dispersione meccanica, e la capacità dispersiva dell'atmosfera.

5.4.1 Concentrazioni PM10, precipitazioni e vento in inverno

È stata eseguita una prima analisi della relazione nel periodo invernale tra l'andamento dei superamenti di PM10, la quantità e frequenza delle precipitazioni e l'intensità del vento.

Sono state prese in considerazione due zone della regione: l'Agglomerato di Roma e la Valle del Sacco. Per ognuno di queste due aree è stata scelta una stazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria e una stazione meteorologica vicina dove vengono registrati i parametri meteorologici di precipitazione e intensità del vento.

Le "coppie" di stazioni scelte sono:

- Agglomerato di Roma: Tiburtina/stazione meteo via Lanciani (rete ARSIAL)
- Valle del Sacco: Frosinone scalo/stazione meteo aeroporto di Frosinone (rete ARPA Lazio).

L'analisi ha riguardato 9 inverni nell'arco temporale 2012-2021.

La concentrazione degli inquinanti atmosferici è influenzata dalle condizioni meteorologiche e principalmente da tre fattori: precipitazione (frequenza e intensità), vento (intensità e direzione), turbolenza. Questi tre fattori determinano le azioni di dilavamento (fenomeni di washout, rainout, e mancato risollevarimento dal suolo), di dispersione meccanica, e la capacità dispersiva dell'atmosfera.

5.4.2 Concentrazioni PM10, precipitazioni e vento in inverno

È stata eseguita un'analisi della relazione nel periodo invernale tra l'andamento dei superamenti di PM10, la quantità e frequenza delle precipitazioni e l'intensità del vento.

Sono state prese in considerazione due zone della regione: l'Agglomerato di Roma 2021 e la Valle del Sacco 2021. Per ognuno di queste due aree è stata scelta una stazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria e una stazione meteorologica vicina dove vengono registrati i parametri meteorologici di precipitazione e intensità del vento.

Le "coppie" di stazioni scelte sono:

- Agglomerato di Roma: Tiburtina/stazione meteo via Lanciani per precipitazione (rete ARSIAL) e stazione meteo Boncompagni per intensità del vento (rete ARPA Lazio)
- Valle del Sacco: Frosinone scalo/stazione meteo aeroporto di Frosinone (rete ARPA Lazio).

L'analisi ha riguardato 10 inverni (novembre, dicembre, gennaio, febbraio) nell'arco temporale 2012-2022.

Nella Figura 5.13 è riportato il grafico prodotto per il rapporto tra precipitazioni cumulate, giorni ventosi e superi di PM10. In rosso la distribuzione relativa all'Agglomerato di Roma, in verde quella relativa alla zona Valle del Sacco. È evidente come, in linea generale, i superi di PM10 più numerosi avvengono in corrispondenza di basse precipitazioni e basso numero di giorni ventosi (e viceversa), riflesso di una scarsa ventilazione associato a un diretto dilavamento dell'atmosfera.

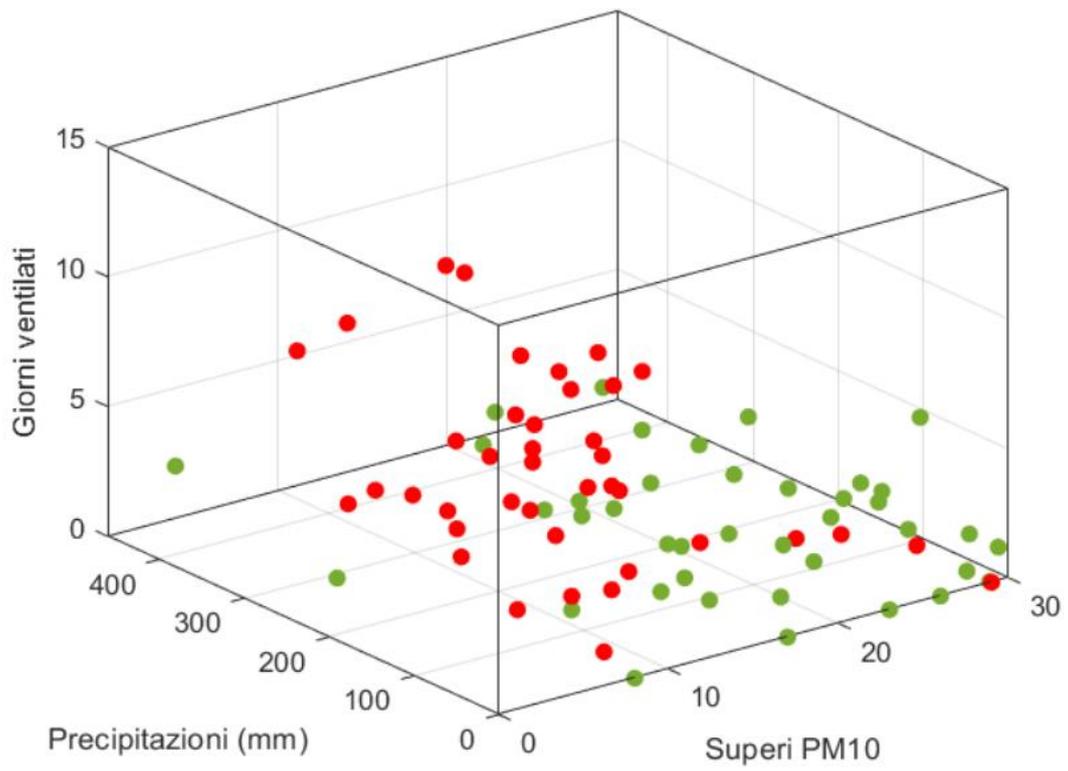


Figura 5.13 - Analisi PM10/parametri meteo nell'Agglomerato di Roma (rosso) e nella zona Vale del Sacco (verde).

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

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. 155/2010. Il sistema viene utilizzato in modalità sia previsionale che ricostruttiva. In particolare si ha che:

- ✓ *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 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. 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 nella sezione "Stato della Qualità dell'Aria/Stime qualità dell'aria" raggiungibile al seguente indirizzo: "<http://www.arpalazio.net/main/aria/sci/>".

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.

In questa sede il sistema sarà utilizzato per la valutazione della qualità dell'aria per il 2021 ovvero per verificare il rispetto dei limiti di legge attraverso la ricostruzione degli andamenti dei parametri fissati dalla normativa per i principali inquinanti.

Qui di seguito viene presentata una descrizione del sistema modellistico e, a seguire, i dettagli dell'analisi effettuata per il 2021.

6.1 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 6.1.

- Modello meteorologico prognostico WRF per la ricostruzione dei campi meteorologici a scala regionale effettuata a partire dai campi meteorologici a scala globale NCEP forniti da US-NOAA;
- Modulo di interfaccia per l'adattamento dei campi meteorologici prodotti da WRF sui domini di calcolo 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 ISPRA) integrato con le informazioni a scala regionale riferite in particolare alle sorgenti puntuali ed al traffico stradale;
- Condizioni la contorno fornite dal sistema nazionale *QualeAria*;
- Modello Euleriano per la dispersione e le reazioni chimiche degli inquinanti in atmosfera (codice FARM);
- Combinazione dei dati osservati con i campi di concentrazione forniti dalla catena modellistica mediante tecniche di *Data Fusion*;
- Modulo di post-processing per il calcolo dei parametri necessari alla verifica del rispetto dei limiti di legge (medie giornaliere, medie su 8 ore).

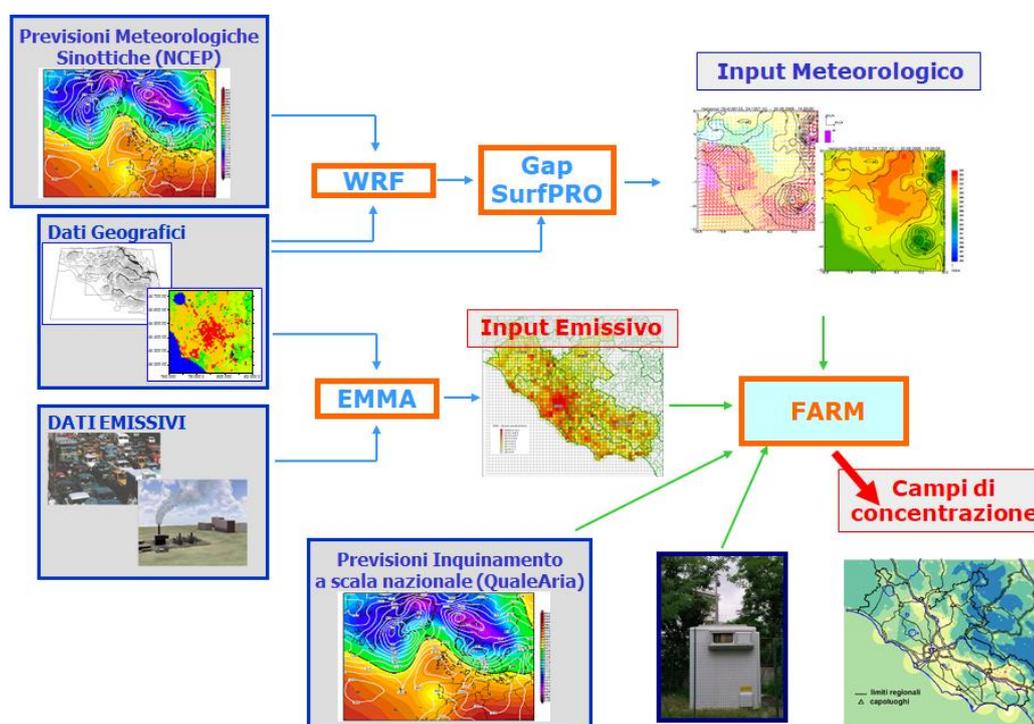


Figura 6.1 - Schema del sistema modellistico.

6.2 Dominio di calcolo

Di seguito sono riportate le caratteristiche generali del dominio di calcolo della catena modellistica utilizzata per la valutazione annuale.

Tabella 6.1 - Caratteristiche spaziali del dominio di calcolo.

Dominio	Lazio (244 x 204 km ²)
Numero nodi	nx: 244; ny: 204; nz: 16
Angolo SW	x: 686500 - y: 4552500
Risoluzione orizzontale	Campi meteorologici 3km x 3km Campi di concentrazione: 1km x 1km
Proiezione	UTM32 WGS84
Livelli verticali (m)	10;35;70;120;195;305;465;695;1025;1505;2200;3205;4550;6050;7550;9050

6.3 Trattamento delle emissioni

L'inventario regionale delle emissioni *Lazio_2017 (vs. 2020)* ha come punto di partenza il database ISPRA 2015, all'interno del quale le emissioni, dettagliate a livello provinciale, sono suddivise in sorgenti diffuse e puntuali. Nell'inventario regionale sono presenti aggiornamenti ad anni più recenti, rispetto al 2015, per settori specifici e descrive entità e distribuzione geografica delle sorgenti emissive originate dalle diverse attività presenti sul territorio per tale anno.

Come primo passo le emissioni diffuse a livello provinciale sono state disaggregate a quello comunale, utilizzando un approccio top-down grazie all'utilizzo di indicatori ausiliari, comunemente detti variabili surrogato o *proxy*, che si assumono rappresentativi della distribuzione spaziale delle attività responsabili delle emissioni. In questo modo le pressioni ambientali ad opera delle diverse attività risultano definite con maggior dettaglio ed assumono importanza diversa comune per comune.

La base dati delle sorgenti puntuali è stata integrata ed aggiornata sulla base di informazioni relative agli anni 2015-16. Le sorgenti rappresentate nell'inventario regionale risultano in tal modo pari a circa 400 e sono riconducibili ad attività legate alla produzione di energia elettrica o ad attività rilevanti di combustione e produzione industriale.

A partire da questa base di partenza sono stati effettuati ulteriori approfondimenti focalizzati su alcuni settori di particolare rilevanza sul territorio regionale con particolare riferimento alle sorgenti puntuali, al riscaldamento domestico (utilizzo della biomassa) e al trasporto stradale. Un'indagine campionaria sul consumo domestico di biomasse legnose condotta nel 2019 ha consentito di aggiornare a tale anno la stima delle emissioni da riscaldamento facente uso di tali combustibili; le emissioni legate al traffico stradale sono state aggiornate sulla base delle informazioni sui parchi veicolari circolanti al 2017 e per quanto riguarda la rete stradale di Roma, sulla base i flussi di traffico riferiti al 2015.

Di seguito la distribuzione delle sorgenti puntuali sul territorio regionale.

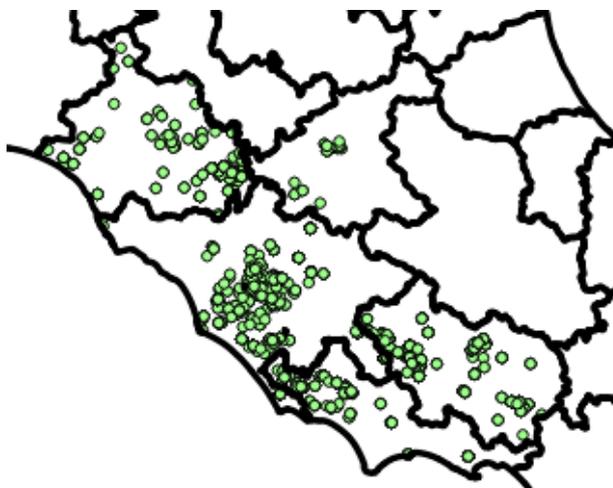


Figura 6.2 – sorgenti puntuali.

Il riscaldamento domestico rappresenta una fonte primaria di inquinamento, in particolare per quanto riguarda il particolato legato alla combustione di biomasse. Per meglio caratterizzare meglio questo settore ARPA Lazio ha commissionato un'indagine statistica i cui risultati hanno permesso una modifica sostanziale dei contenuti rispetto all'inventario ISPRA 2015, in termini assoluti (consumi di biomassa), relativi (sua distribuzione sul territorio) e di tecnologie in uso. Infatti, rispetto all'indagine ISTAT relativa all'anno 2013 (ISTAT, 2013), su cui l'inventario ISPRA 2015 è basato, si registra un incremento dei consumi di biomassa di circa il 40%, con consumo complessivo su base regionale di poco più di 2.2 Mt all'anno. Anche dal punto di vista della diffusione territoriale, l'indagine regionale mette in luce notevoli differenze nella penetrazione d'uso della biomassa tra le province laziali, modificando in maniera sostanziale la distribuzione dei consumi sottesa all'inventario nazionale ISPRA 2015. In termini relativi, la ripartizione dei consumi di biomassa tra le province indica un maggior ricorso alla biomassa in contesti montani (in particolare nelle province di Rieti e Frosinone) e fuori dai centri urbani più popolati, come ragionevole attendersi. Nei contesti più urbanizzati invece, la diffusione di combustibili quali il metano, la difficoltà di approvvigionamento e di stoccaggio della biomassa necessaria a soddisfare i bisogni di riscaldamento stagionale, la tipologia di edifici con abitazioni distribuite su più piani, fanno sì che il consumo pro-capite sia molto più ridotto.

L'aggiornamento relativo al settore del trasporto stradale è stato effettuato con due diversi livelli di dettaglio per il Comune di Roma e per il resto del territorio regionale.

La stima delle emissioni del traffico stradale all'interno dei confini del Comune di Roma ha beneficiato dell'esistenza di un dettagliato modello del traffico realizzato da Roma Servizi per la Mobilità. Tale rete è composta da oltre 70000 archi stradali (polilinee che congiungono due nodi significativi della rete, cioè punti di discontinuità del flusso di veicoli come per esempio gli incroci).

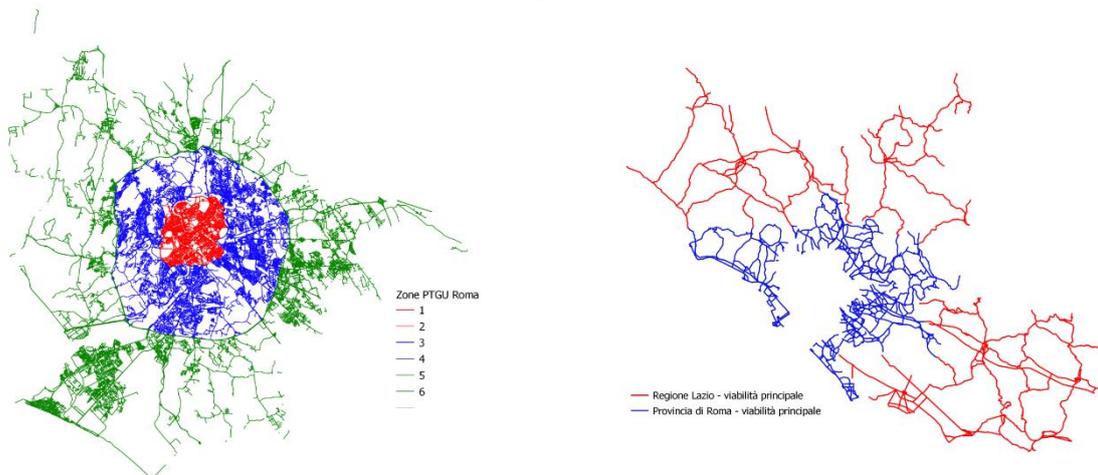


Figura 6.3 – Sinistra: Rappresentazione della rete stradale di Roma per appartenenza alle zone PTGU 2014. 1 – Mura Aureliane, 2 – Anello ferroviario, 3 – Fascia verde, 4 – GRA, 5 - Confine comunale, 6 – Ostia e Acilia.
 Destra: rete stradale al di fuori del Comune di Roma

Di seguito un esempio delle emissioni di NO_x del trasporto stradale nell'area di Roma (Kg/h) e nel territorio regionale (tonn./anno).

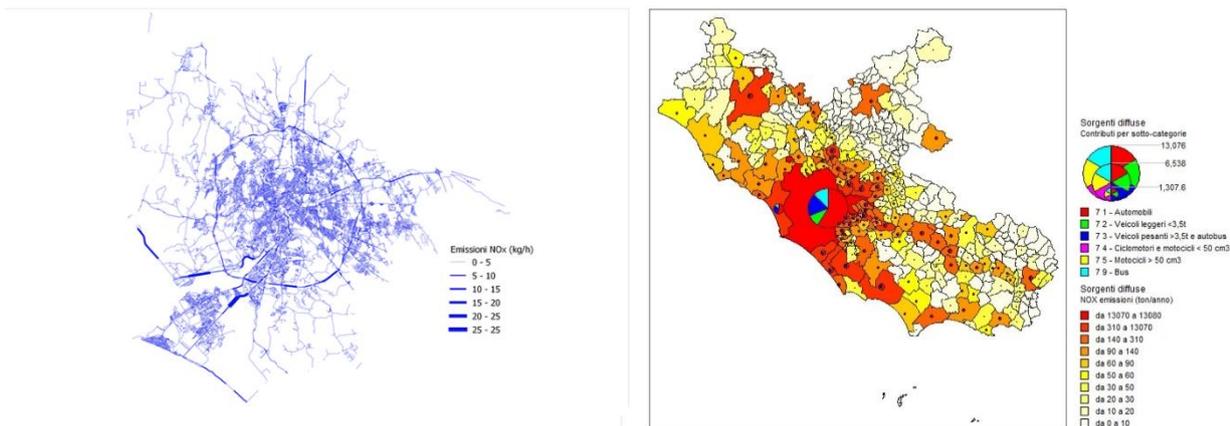


Figura 6.4 – sinistra: emissioni di NO_x da trasporto stradale. destra: nel Comune di Roma (Kg/h), sinistra: regionale (tonn/anno)

Di seguito è riportato il totale emesso su base comunale di NO_x, PM_{2.5} e la frazione coarse di PM₁₀ (compreso tra 2.5 µm e 10 µm).

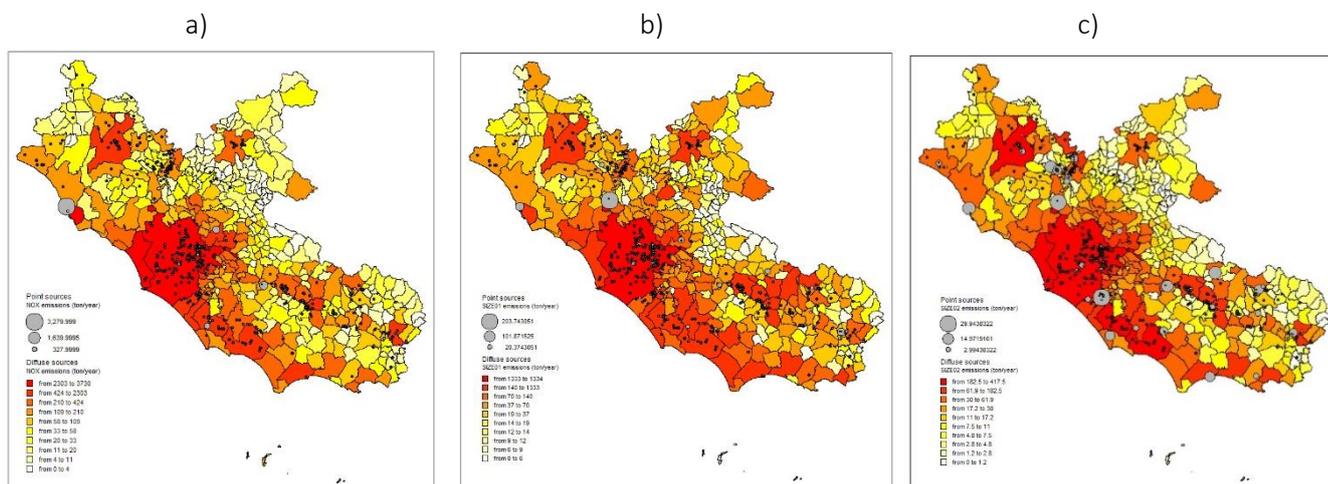


Figura 6.5 – a) emissioni totali di NO_x, b) emissioni totali di PM_{2.5}, c) emissioni totali di PM coarse.

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.

6.4 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 circa 1 grado terrestre e con risoluzione temporale di 3 ore. I campi meteorologici alla scala regionale sono quindi ottenuti attraverso l'applicazione del modello meteorologico prognostico non-idrostatico WRF, che realizza la discesa di scala utilizzando un sistema di griglie di calcolo innestate, aventi risoluzioni orizzontali fino a 3 km nel dominio più fine.

A valle di ciò viene utilizzato il processore meteorologico SURFPRO per calcolare i coefficienti di dispersione necessari per il modello fotochimico.

6.5 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 (SAPRC99 è lo schema chimico in operativo). Le condizioni iniziali ed al contorno sono costruite a partire dalle previsioni fornite dal sistema QualeAria, che fornisce in operativo le previsioni degli inquinanti fino a 5 giorni a scala nazionale.

6.6 Integrazione delle misure nel sistema modellistico

Le concentrazioni dei diversi inquinanti ricostruite dal sistema modellistico risultano essere in alcuni casi 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 tenendo conto, in ogni caso, dei naturali limiti numerici che tale scelta comporta per le simulazioni con una catena modellistica euleriana.

Nel caso specifico, la simulazione è stata effettuata su un dominio *target* di 1km x 1km sull'intero territorio regionale.

Con l'obiettivo di ottenere dei campi di concentrazione più vicini alle osservazioni 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 WRF/FARM mediante opportune tecniche di *data fusion*. 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. Pertanto, limitatamente al PM10, si è deciso di combinare i campi di concentrazione con le misure prodotte dalle numerose campagne sperimentali effettuate, nel 2021 e negli anni precedenti, su tutto il territorio regionale mediante l'utilizzo del laboratorio mobile.

Tali campagne, sebbene siano state realizzate rispettando i requisiti di durata richiesti dal d.lgs. 155/2010, sono per loro natura discontinue e limitate nel tempo, tipicamente 2 mesi di cui uno nel periodo estivo ed uno nel periodo invernale.

Poiché le campagne di misura con i mezzi mobili non coprono l'intero arco annuale, che è il requisito necessario per poter effettuare l'integrazione di tali dati con il sistema modellistico è stato effettuato un passaggio intermedio finalizzato a ricostruire, 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 utilizzata è descritta in Sozzi et al, 2013, *Stimatore statistico lineare per la stima della concentrazione media giornaliera di PM₁₀*, BEA-UNIDEA, 2013/03.

In particolare, considerando l'intero periodo in cui si sono svolte le campagne con mezzo mobile (se per esempio sono state realizzate 4 campagne durante l'intero anno, è l'intero anno il periodo da considerare) sulla base delle serie storiche relative alle varie postazioni *slave* si applica giorno dopo giorno per l'intero periodo considerato lo stimatore BLUE (3), alla fine si ottiene una serie storica costituita dalle misure realizzate dal mezzo mobile per tutti i giorni in cui era presente nel sito considerato e dalle stime per tutti i giorni in cui il mezzo mobile era assente. Si è dunque applicata la procedura sopra descritta per ottenere delle "stazioni virtuali" nei punti in cui è stato effettuato un monitoraggio nel 2020 o negli anni precedenti per un sufficiente periodo di copertura e che comprendesse almeno una settimana invernale, i siti utilizzati vengono riportati in Tabella 6.2.

I valori ricostruiti con lo stimatore lineare BLUE sono poi stati utilizzati nella procedura di assimilazione per ottenere delle stime più aderenti alla realtà.

Tabella 6.2 - Campagne monitoraggio 2021 ed utilizzate per la valutazione della qualità dell'aria.

Località	Latitudine	Longitudine	z (m s.l.m.)
Albano Laziale	804.091	4625.639	344
Arnara	865.927	4612.947	247
Borgo Montello	814.97	4599.918	34
Boville	870.135	4620.824	225
Castro dei Volsci	867.316	4605.38	142
Ceprano	877.154	4609.474	103
Collepardo	906.241	4610.392	132
Colonna	811.618	4638.104	298
Giuliano Romano	856.984	4607.688	345
Guarcino	858.528	4636.692	629
Lariano	818.912	4626.821	358
Minturno	897.633	4578.795	98
Monte Fiascone	749.161	4714.153	563
Monte San Giovanni Campano	877	4614.623	165
Orte	778.639	4705.951	52
Pastena	875.107	4600.581	302
Patrica	856.375	4614.916	145
Piedimonte San Germano	897.148	4604.982	100
Priverno	848.646	4599.732	86
Roccasecca	887.956	4608.335	128
San Cesareo	813.33	4636.633	338
Sant'Elia Fiumerapido	904.544	4608.891	72
Sora	881.078	4626.31	272
Soriano del Cimino	770.755	4703.46	296

Località	Latitudine	Longitudine	z (m s.l.m.)
Terracina	854.745	4579.312	7
Toffia	810.028	4680.55	259
Torrice	866.272	4619.112	216
Valmontone	826.371	4632.285	248
Vico nel Lazio	861.691	4634.469	703
Zagarolo	818.581	4638.087	333

Si evidenzia come applicando la procedura statistica, 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 delle postazioni *slave* ed i relativi pesi. Ciò comporta che è di fatto possibile attivare la procedura sopra descritta 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 si riaggiornerà la gerarchia delle postazioni *slave* ed i relativi pesi per tener conto di eventuali variazioni nel quadro emissivo locale e non 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.

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 i dataset seguenti:

- ✓ Misure orarie o, nel caso del PM10 e PM2.5, giornaliere fornite da tutte le stazioni della rete regionale fissa di monitoraggio della qualità dell'aria;
- ✓ Limitatamente al PM10, ricostruzione delle concentrazioni giornaliere effettuate a partire dalle campagne di misura condotte con il Laboratorio mobile mediante la tecnica di stima oggettiva (Sozzi et al, 2013, *Stimatore statistico lineare per la stima della concentrazione media giornaliera di PM₁₀*, BEA-UNIDEA, 2013/03).

7. Valutazione della qualità dell'aria del 2021

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 emmissive 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 prodotte 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.

7.1 Distribuzione spaziale della concentrazione di PM10

Di seguito è riportata la mappa di concentrazione media annua del 2021 di PM10 nel territorio regionale e due ingrandimenti della mappa nelle aree di Roma e della Valle del Sacco.

Il PM10 si accumula in maggior misura nelle zone Valle del Sacco e Agglomerato di Roma.

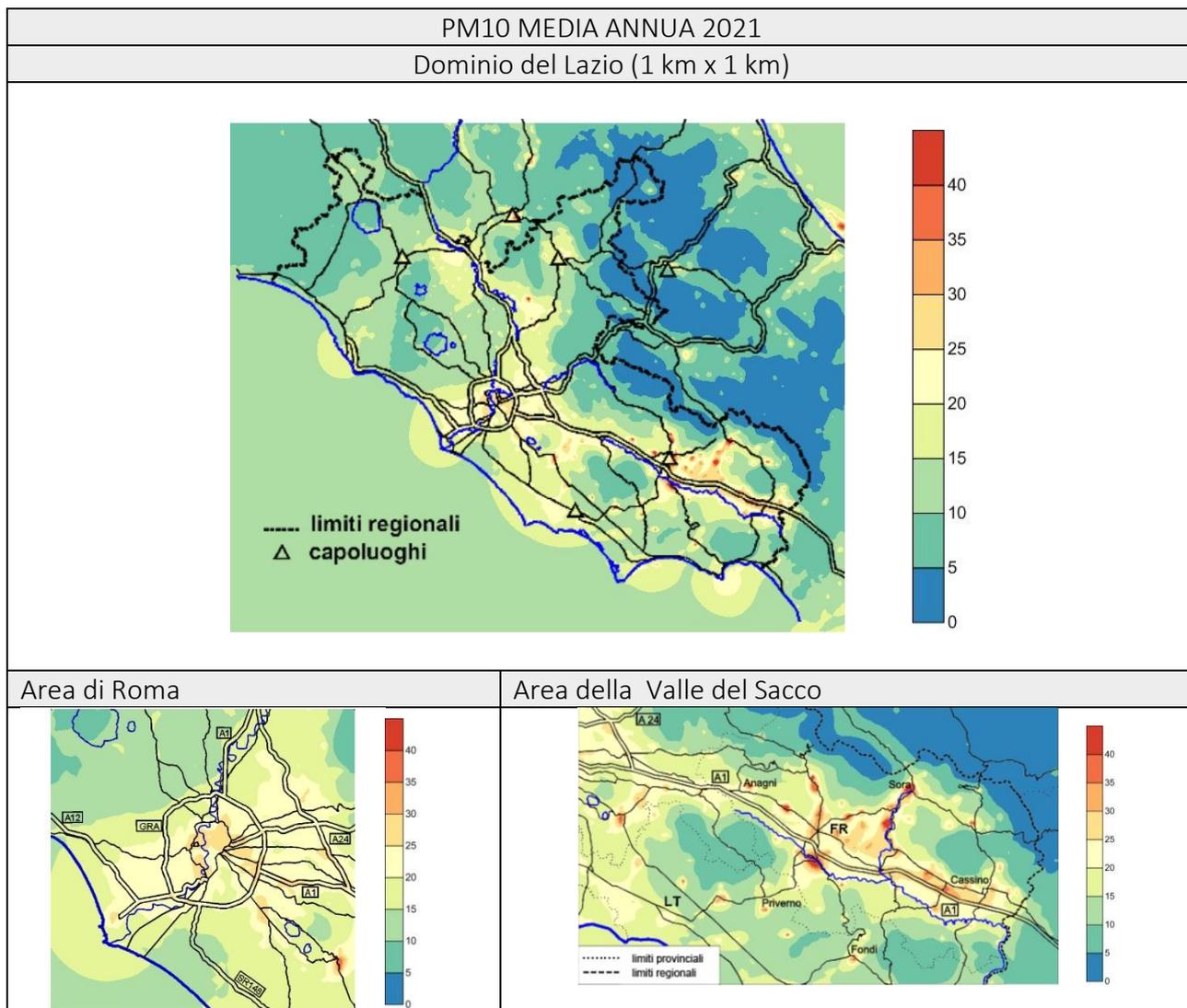


Figura 7.1 - Distribuzione spaziale della media annua di PM10 nel 2021.

La zona Valle del Sacco (Figura 7.1, in basso a dx) presenta dei valori di concentrazione superiori al limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per le restanti zone: l'Agglomerato (Figura 7.1, in basso a sx) e la zona Litoranea nonostante il carico emissivo che le caratterizza beneficiano della vicinanza con la costa che garantisce una buona dispersione degli inquinanti mentre la zona Appenninica è caratterizzata da un'emissione più bassa di polveri.

La distribuzione spaziale del numero di superamenti del valore limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 7.2) risulta maggiormente critica nella Zona Valle del Sacco, tanto da eccedere il numero massimo di superamenti consentiti anche in alcune aree della zona Appenninica confinante.

Per la zona Litoranea e nell'agglomerato di Roma (Figura 7.2, dx) si osserva l'eccedenza del numero massimo di superamenti stabilito dalla normativa in modo discontinuo nel territorio.

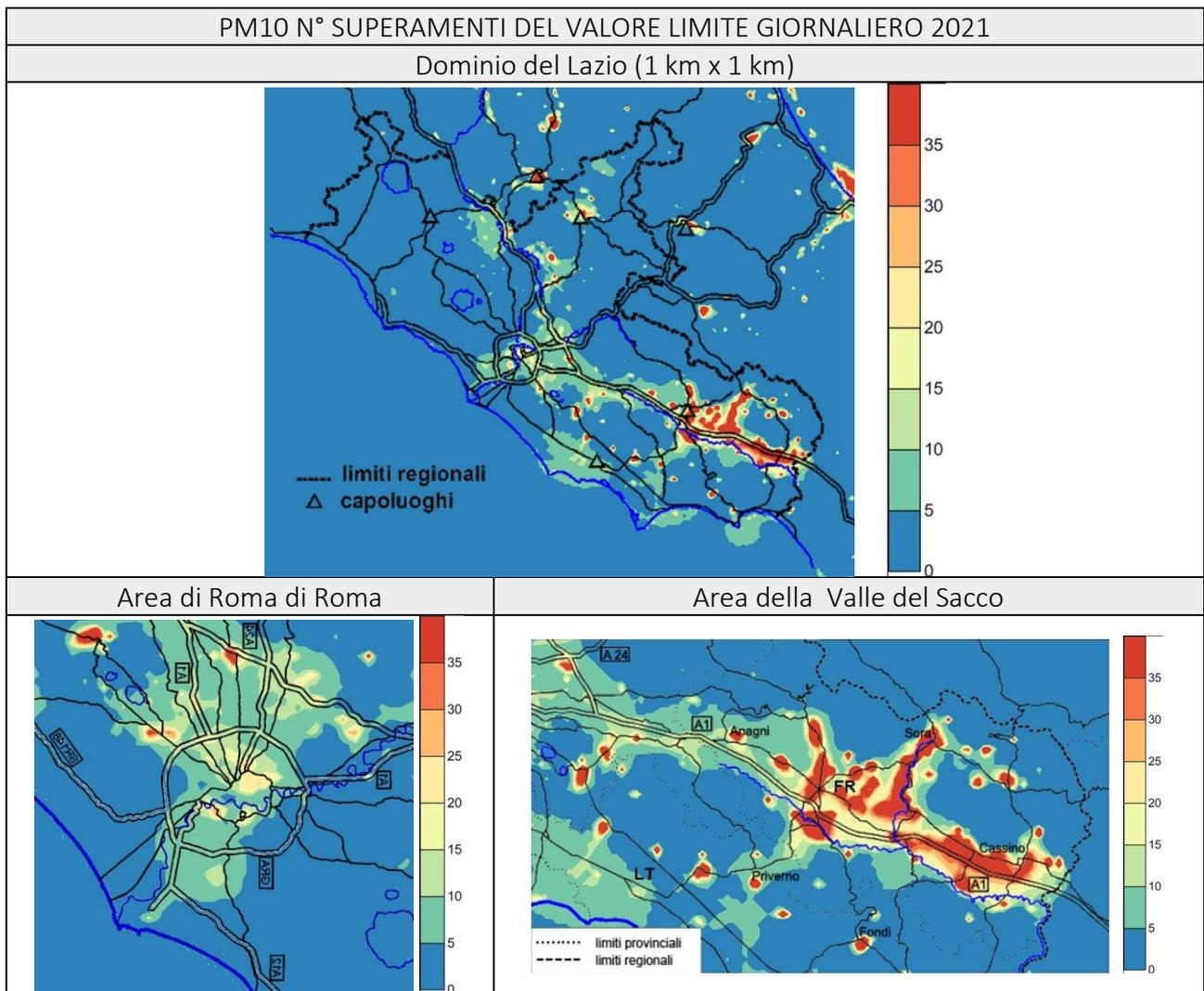


Figura 7.2 - Distribuzione spaziale del numero di superamenti di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 nel 2021.

7.2 Distribuzione spaziale della concentrazione di PM2.5

In Figura 7.3 è riportata la distribuzione spaziale della concentrazione media annuale di PM2.5 per il 2021 nel territorio regionale e due ingrandimenti della mappa nelle aree di Roma e della Valle del Sacco.

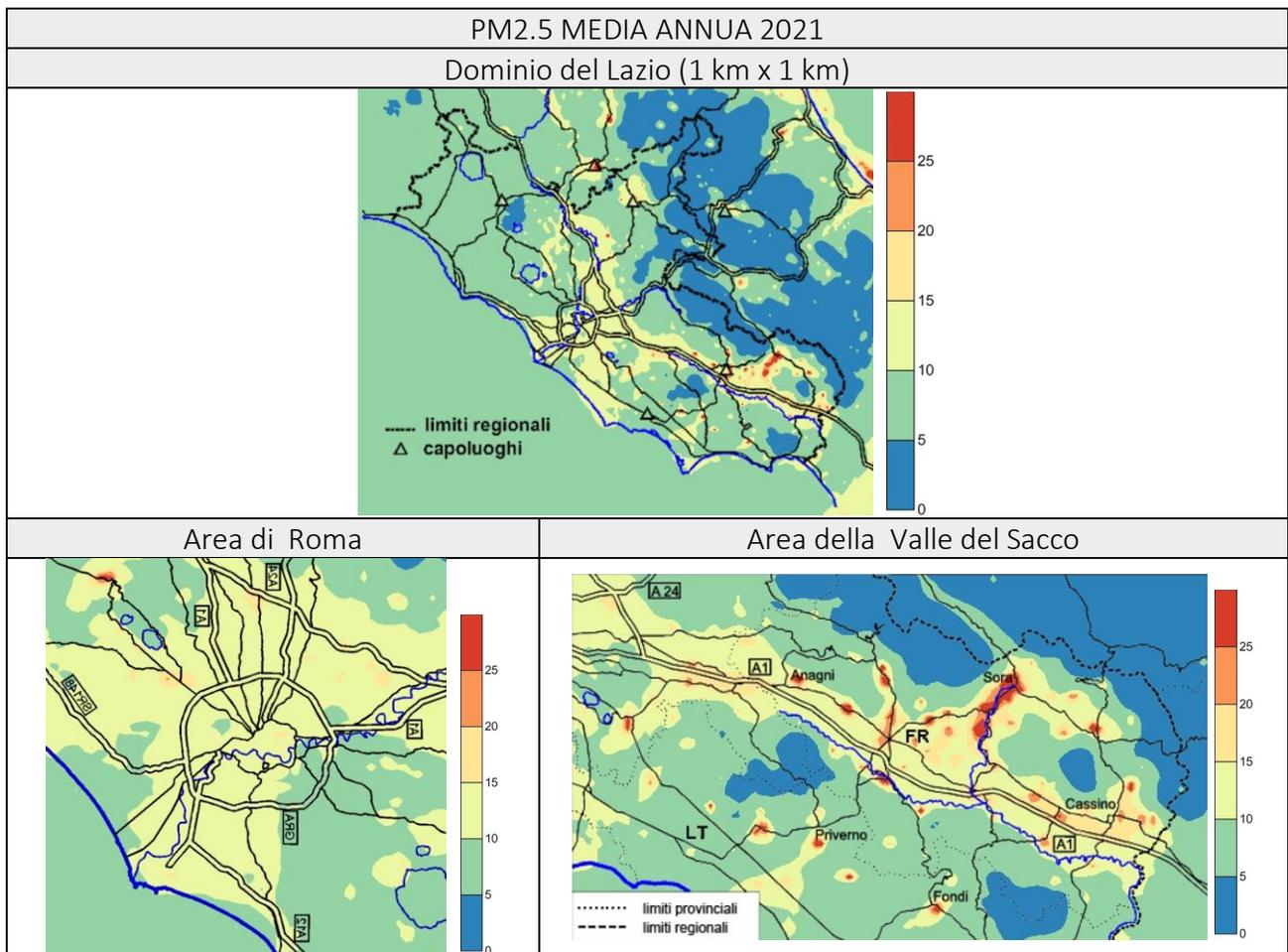


Figura 7.3 - Distribuzione spaziale della media annua di PM2.5 nel 2021.

La distribuzione spaziale della concentrazione media annua di PM2.5 presenta valori più elevati nella Valle del Sacco (Figura 7.3, destra) distribuiti in modo disomogeneo nel territorio.

7.3 Distribuzione spaziale della concentrazione di NO₂

Di seguito viene riportata la distribuzione della media annuale di NO₂ nel territorio regionale e due ingrandimenti della mappa nelle aree di Roma e della Valle del Sacco.

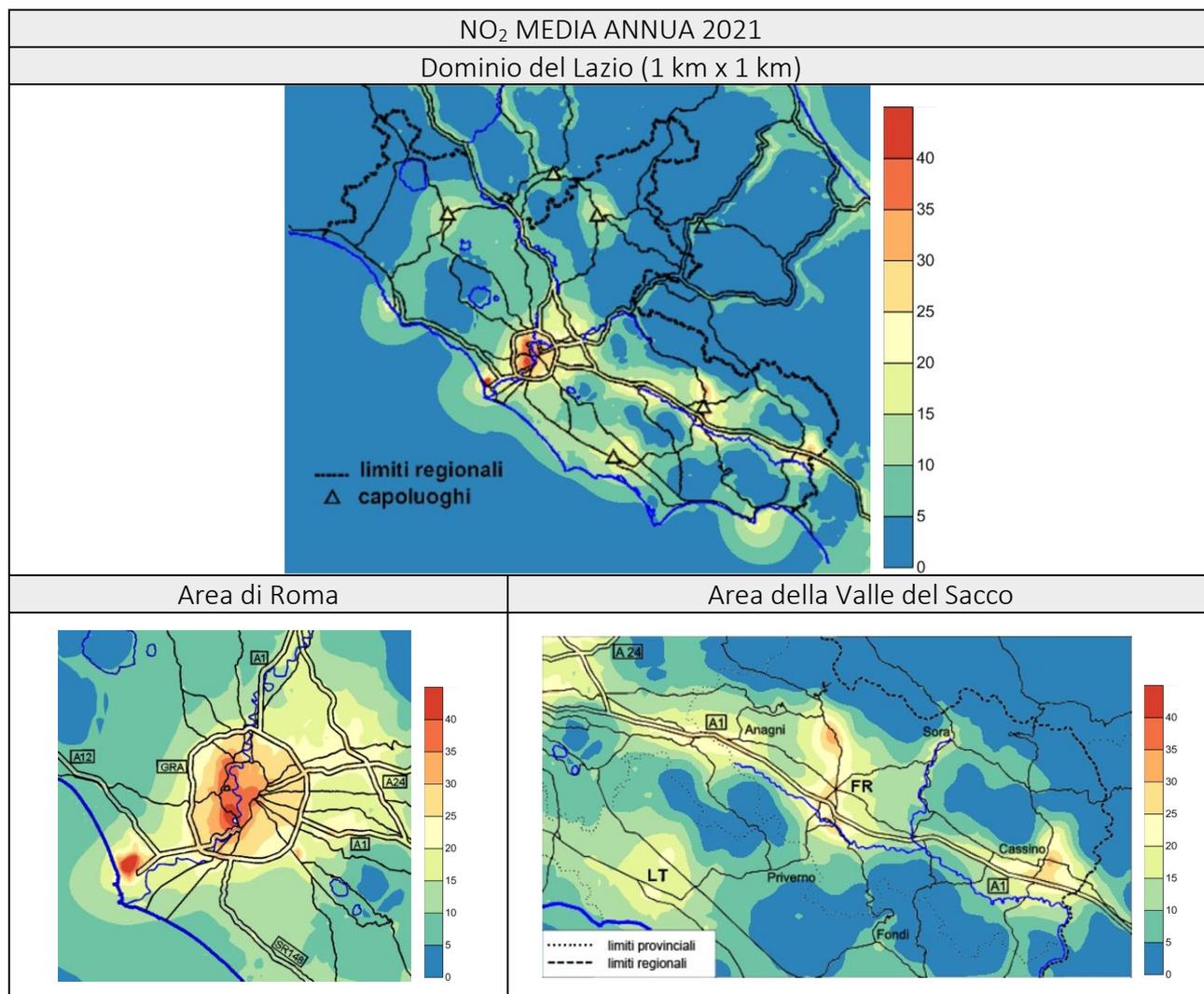


Figura 7.4 - Distribuzione spaziale della media annua di NO₂ nel 2021.

Le Zone Valle del Sacco e Agglomerato di Roma presentano dei valori per le concentrazioni di NO₂ più elevate rispetto al resto del territorio regionale. La situazione più critica si registra nell'Agglomerato di Roma, in particolare nell'area metropolitana, dove le concentrazioni sono superiori al valore limite annuale di 40 µg/m³.

Nell'Agglomerato di Roma (Figura 7.4, sinistra), le maggiori criticità risultano interessare gran parte dell'area urbana con particolare riferimento alle aree interne al Gran Raccordo Anulare. Le concentrazioni medie annuali sono inferiori nelle aree verdi urbane, a ovest della città, la riserva dell'Insugherata e il parco naturale della Tenuta dei Massimi e il parco dell'Appia Antica.

Nella Valle del Sacco si osservano le concentrazioni maggiori si registrano presso i centri urbani più densamente popolati lungo l'autostrada A1.

7.4 Distribuzione spaziale della concentrazione di O₃

Relativamente all'ozono, in Figura 7.5 viene riportata la distribuzione spaziale del numero di superamenti del limite di 120 µg/m³, calcolato come massimo della media mobile delle 8 ore, nel territorio regionale e due ingrandimenti della mappa nelle aree di Roma e della Valle del Sacco.

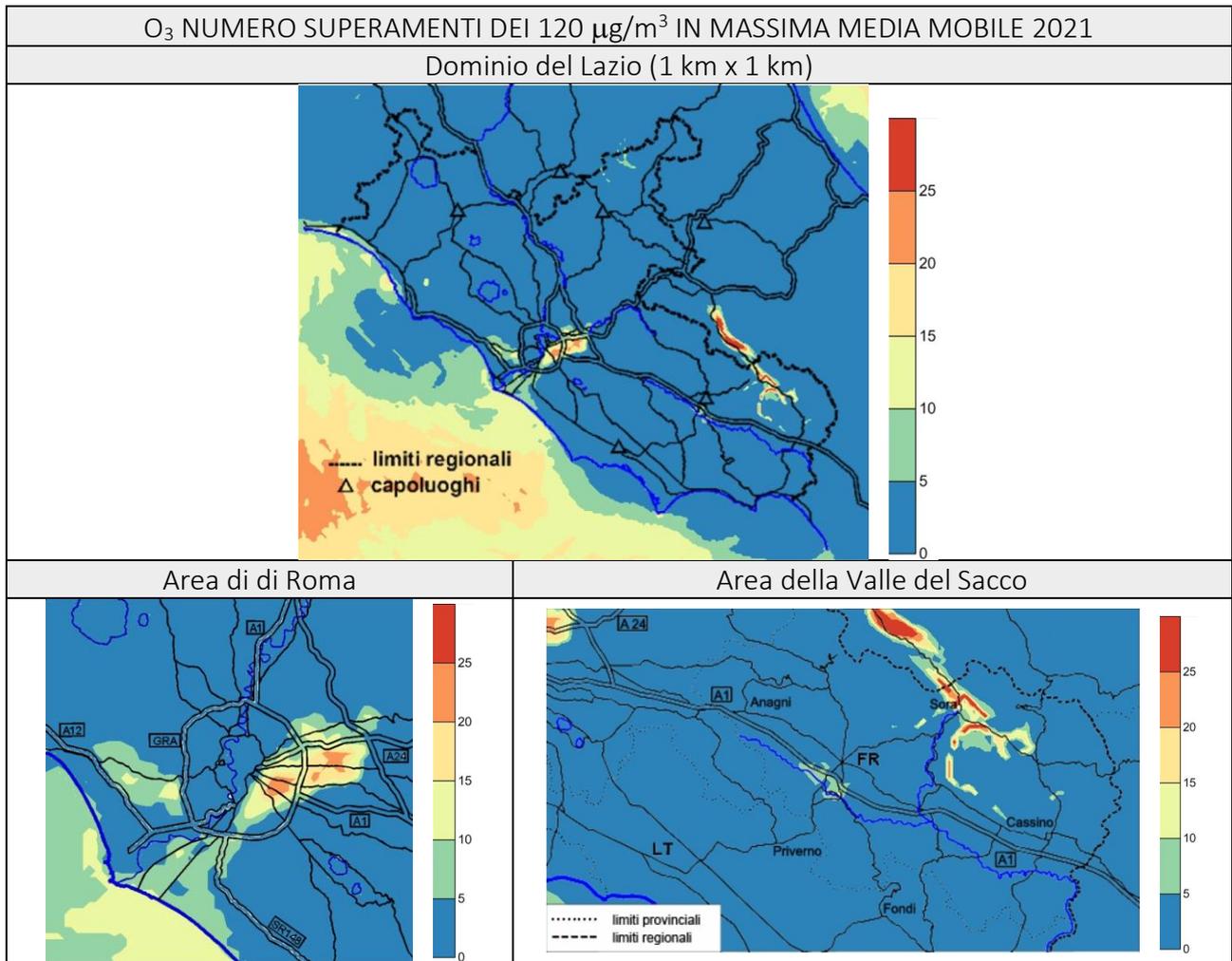


Figura 7.5 - Distribuzione spaziale del numero di superamenti di 120 µg/m³ (max della media di 8 ore) di O₃ nel 2021.

Si osservano superamenti del valore limite di 120 µg/m³ lungo la dorsale appenninica, nell'area sud-est e ad ovest dell'Agglomerato di Roma.

7.5 Distribuzione spaziale della concentrazione di Benzene

La distribuzione media annua della concentrazione di benzene evidenzia i valori maggiori in corrispondenza di alcuni centri abitati (Figura 7.6).

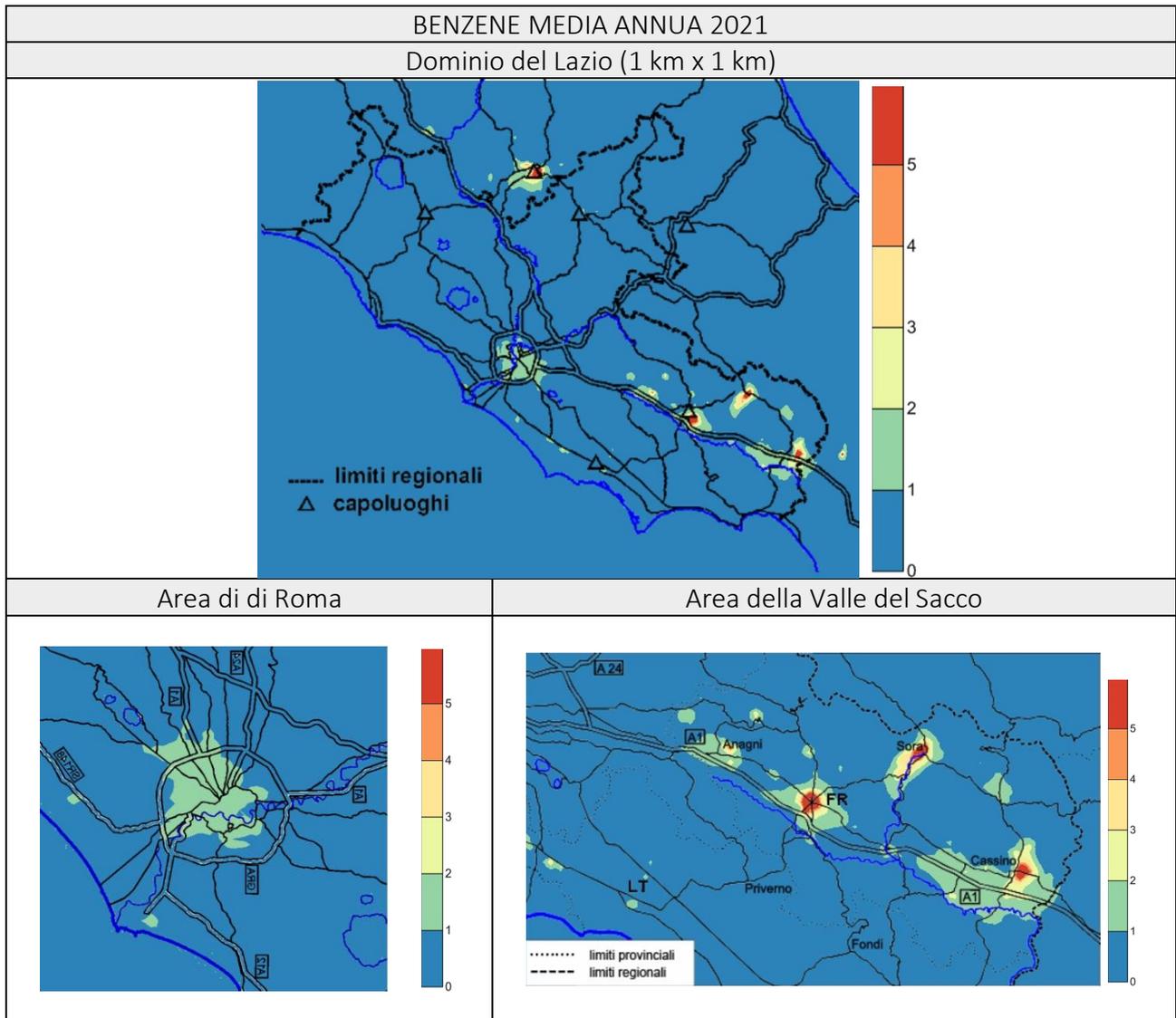


Figura 7.6 - Distribuzione spaziale della media annua di Benzene nel 2021.

Le concentrazioni più elevate si osservano in corrispondenza dei centri abitati di Frosinone scalo, Cassino e Sora. Nell'agglomerato di Roma la concentrazione media annua non eccede i $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

7.6 Caratterizzazione comunale dello stato della qualità dell'aria

Una volta effettuata la valutazione della qualità dell'aria nel territorio regionale, si effettua la caratterizzazione per ogni Comune dello stato della qualità dell'aria. È necessario, prima di procedere, fare alcune considerazioni relative alla risoluzione del sistema modellistico.

Il modello di dispersione fornisce, come riportato nei paragrafi precedenti, il campo di concentrazione dei diversi inquinanti sull'intero territorio regionale con una risoluzione di 1km^2 . La risoluzione di un modello equivale ad una discretizzazione dello spazio all'interno del quale calcolare i campi di concentrazione. Ciò significa che il modello è in grado di fornire i valori medi orari di concentrazione su celle di dimensioni pari alla risoluzione orizzontale a partire dai quali vengono poi calcolati gli standard di legge riportati nei paragrafi precedenti. In generale l'estensione spaziale dei Comuni nel territorio laziale è superiore della risoluzione orizzontale della simulazione modellistica, ciò implica che la superficie comunale è discretizzata in un numero elevato di celle, ognuna caratterizzata da un valore di concentrazione.

Al fine di caratterizzare lo stato di qualità dell'aria rappresentativo del Comune, in assenza di indicazioni normative o di linee guida tecniche è necessario definire, per ogni inquinante, quale valore di concentrazione considerare tra quelli delle diverse celle che costituiscono la superficie amministrativa del Comune.

A tal fine sono state inizialmente valutate due ipotesi:

- 1) la media pesata delle celle (o frazioni) comprese nell'area del Comune in funzione della percentuale di superficie della cella ricadente nel perimetro del Comune;
- 2) il valore massimo tra le celle (o frazioni) ricomprese nell'area del Comune calcolato secondo la seguente metodologia:

Per scegliere è necessario definire cosa si intende per superamento di un Comune: si è deciso di considerare come superamenti tutti i valori di concentrazione sopra i valori limite per almeno 1 kmq di territorio (unità elementare con maggiore risoluzione del dominio).

In base al principio di precauzione il parametro utilizzato è il valore massimo sul Comune. Per ogni Comune il valore rappresentativo dello standard è il massimo dello standard sulla superficie del Comune se questo valore è relativo ad una cella intera. Altrimenti, se il valore massimo è relativo a una frazione di cella, si considera il valore più elevato tra le restanti celle o frazioni di celle che costituiscono la superficie del Comune, questo sarà il valore rappresentativo per il Comune se la somma della sua area e quella della frazione di cella è maggiore di 1 Km².

Il Comune sarà in superamento se questo massimo è superiore al valore limite di legge.

Per completezza, nell'Allegato vengono comunque riportati anche i valori minimi e medi (pesati) di concentrazione stimati per ogni singolo Comune, le aree di superamento e la popolazione esposta. Il confronto tra i valori medi e i massimi degli standard è utile a valutare se gli eventuali superamenti riguardino solo una piccola porzione di territorio o l'intero territorio comunale.

Nei paragrafi seguenti vengono riportate le caratterizzazioni in base alla valutazione dello stato della qualità dell'aria del 2021, per ogni Comune delle quattro zone in cui è suddiviso il territorio del Lazio.

Nella Tabella 7.1, è riportata la descrizione dei parametri riportati nelle Tabelle 7.2 – 7.5.

Tabella 7.1 - Descrizione dei parametri.

Inquinante	Parametro	Descrizione
PM10	media	media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	superi	numeri di superamenti giornalieri di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PM2.5	media	media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO ₂	media	media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	superi	numeri di superamenti orari di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$
C ₆ H ₆	media	media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CO	superi	numero di superamenti di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ della media mobile massima su 8 ore
SO ₂	superi	numeri di superamenti giornalieri di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$
O ₃	superi	numeri di superamenti giornalieri di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media su 3 anni)

7.6.1 Agglomerato di Roma

In Tabella 7.2 è riportata la caratterizzazione, per ogni Comune dell'Agglomerato di Roma, in base alla valutazione dello stato della qualità dell'aria del 2021.

Tabella 7.2 - Caratterizzazione dei Comuni nell'Agglomerato di Roma.

IT1219 AGGLOMERATO ROMA												
Provincia	Cod. ISTAT	Nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃
				media	superi	media	media	superi	media	superi	superi	superi
RM	12058003	Albano Laziale	23,9	25	11	16	13	0	1	0	0	12
RM	12058005	Anguillara Sabazia	65	16	2	14	8	0	0	0	0	16
RM	12058009	Ariccia	18,2	21	6	13	10	0	1	0	0	12
RM	12058015	Campagnano di Roma	46,1	17	9	15	9	0	0	0	0	9
RM	12058018	Capena	29,5	20	8	15	20	0	1	0	0	17
RM	12058022	Castel Gandolfo	14,6	22	7	13	14	0	1	0	0	14
RM	12058024	Castelnuovo di Porto	30,8	19	5	14	20	0	1	0	0	14
RM	12058118	Ciampino	11	28	33	17	25	0	1	0	0	9
RM	12058036	Fiano Romano	41,8	20	12	15	20	0	1	0	0	3
RM	12058120	Fiumicino	213,4	31	13	16	50	0	1	0	0	23
RM	12058122	Fonte Nuova	20,2	24	15	15	20	0	1	0	0	19
RM	12058038	Formello	31,4	15	1	13	11	0	0	0	0	9
RM	12058039	Frascati	22,7	30	22	16	30	0	1	0	0	10
RM	12058046	Grottaferrata	18,2	23	10	13	16	0	1	0	0	15
RM	12058047	Guidonia Montecelio	78,8	26	25	16	27	0	1	0	0	28
RM	12058057	Marino	25,1	30	43	21	19	0	1	0	0	10
RM	12058059	Mentana	24,1	26	31	19	20	0	1	0	0	15
RM	12058064	Monte Porzio Catone	9,4	25	11	13	23	0	1	0	0	9
RM	12058065	Monterotondo	40,5	25	30	19	19	0	1	0	0	15
RM	12058068	Morlupo	24	17	7	14	10	0	0	0	0	2
RM	12058081	Riano	24,9	18	5	13	14	0	0	0	0	15
RM	12058086	Rocca di Papa	40	24	13	15	9	0	0	0	0	13
RM	12058091	Roma	1307,7	30	29	17	44	0	2	0	0	45
RM	12058093	Sacrofano	28,5	14	0	11	10	0	0	0	0	12
RM	12058098	Sant'Angelo Romano	21,5	25	17	16	21	0	0	0	0	14
RM	12058104	Tivoli	68,4	25	15	16	26	0	1	0	0	20

(**) –calcolato come media su 3 anni

Le criticità nell'Agglomerato di Roma sono relative a PM10, NO₂ e O₃:

- I superi del PM10 sono sopra il valore limite a Marino, mentre a Roma, dove la stazione di Tiburtina ha misurato 37 superamenti, il modello "restituisce" il valore massimo di 29, inferiore ai 35 consentiti;
- La media annuale di NO₂ è superiore al valore limite di 40 µg/m³ nei Comuni di Roma e Fiumicino;
- Per l'O₃, il numero di superamenti come massimo della media mobile di 8 ore dei 120 µg/m³ mediato sugli anni 2019-2021 supera il numero massimo consentito (25 annui) nei Comuni di Roma e Guidonia Montecelio.

7.6.2 Zona Valle del Sacco

In Tabella 7.3 è riportata la caratterizzazione, per ogni Comune della Zona Valle del Sacco, in base alla valutazione dello stato della qualità dell'aria del 2021.

Tabella 7.3 - Caratterizzazione dei Comuni nella Valle del Sacco.

IT1217 ZONA VALLE DEL SACCO													
Provincia	Cod. ISTAT	Nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃	
				media	superi	media	media	superi	media	superi			
FR	12060002	Acuto	13,4	13	3	9	12	0	1	0	0	5	
FR	12060003	Alatri	97,2	41	106	28	35	0	3	0	0	7	
FR	12060005	Amaseno	77,2	23	19	17	9	0	0	0	0	5	
FR	12060006	Anagni	113,8	46	121	40	32	0	6	0	0	7	
FR	12060007	Aquino	19,2	35	74	22	24	0	2	0	0	9	
FR	12060008	Arce	39,5	35	78	23	17	0	1	0	0	13	
FR	12060009	Arnara	12,3	31	66	18	24	0	1	0	0	6	
FR	12060010	Arpino	56	29	48	26	11	0	1	0	0	17	
FR	12060012	Ausonia	20,1	16	2	13	8	0	1	0	0	17	
FR	12060014	Boville Ernica	28,2	34	82	26	14	0	1	0	0	11	
FR	12060015	Broccostella	12	23	32	20	12	0	2	0	0	17	
RM	12058020	Carpineto Romano	86,4	12	0	9	9	0	0	0	0	9	
FR	12060018	Casalvieri	27,2	25	44	20	7	0	1	0	0	14	
FR	12060019	Cassino	82,8	36	76	27	35	0	12	0	0	16	
FR	12060020	Castelliri	15,5	34	75	30	13	0	2	0	0	12	
FR	12060021	Castelnuovo Parano	10	14	0	10	9	0	1	0	0	17	
FR	12060023	Castro dei Volsci	58,3	39	90	34	17	0	1	0	0	12	
FR	12060022	Castrocielo	27,9	36	74	22	21	0	2	0	0	12	
RM	12058026	Cave	17,7	19	6	15	13	0	1	0	0	10	
FR	12060024	Ceccano	60,5	58	138	36	30	0	2	0	0	7	
FR	12060025	Ceprano	38	32	58	22	19	0	2	0	0	10	
FR	12060026	Cervaro	39,2	29	63	25	24	0	2	0	0	10	
FR	12060027	Colfelice	14,2	29	41	16	18	0	1	0	0	11	
RM	12058034	Colleferro	27,6	28	30	20	28	0	1	0	0	7	
FR	12060028	Collepardo	25	16	9	7	17	0	0	0	0	5	
RM	12058035	Colonna	3,5	24	9	12	19	0	1	0	0	11	
FR	12060030	Coreno Ausonio	26	12	2	10	6	0	1	0	0	19	
FR	12060031	Esperia	108,8	23	35	19	12	0	1	0	0	13	
FR	12060032	Falvaterra	12,8	21	9	11	7	0	0	0	0	10	
FR	12060033	Ferentino	80,6	44	113	34	22	0	1	0	0	6	
FR	12060036	Fontana Liri	16	33	67	23	11	0	1	0	0	14	
FR	12060037	Fontechiari	16,2	16	6	13	7	0	1	0	0	16	
FR	12060038	Frosinone	47	34	71	25	30	0	10	0	0	12	

IT1217 ZONA VALLE DEL SACCO												
Provincia	Cod. ISTAT	Nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃
				media	superi	media	media	superi	media	superi		
FR	12060039	Fumone	14,8	18	8	9	21	0	0	0	0	5
RM	12058040	Galliciano nel Lazio	26	28	32	17	26	0	1	0	0	15
RM	12058041	Gavignano	14,9	22	12	16	22	0	1	0	0	5
RM	12058042	Genazzano	32,1	18	7	14	16	0	1	0	0	9
FR	12060041	Giuliano di Roma	34	24	19	7	16	0	0	0	0	10
RM	12058045	Gorga	26,4	12	2	7	11	0	0	0	0	3
FR	12060043	Isola del Liri	16,2	33	69	30	17	0	4	0	0	14
RM	12058049	Labico	11,8	24	11	14	19	0	1	0	0	8
RM	12058060	Monte Compatri	24,3	24	11	13	21	0	1	0	0	16
FR	12060044	Monte San Giovanni Campano	48,6	85	159	79	16	0	2	0	0	13
RM	12058062	Montelanico	35	16	5	11	16	0	0	0	0	6
FR	12060045	Morolo	26,5	20	10	12	15	0	1	0	0	6
RM	12058073	Olevano Romano	26,1	18	7	15	10	0	1	0	0	10
RM	12058074	Palestrina	47,1	24	19	17	15	0	1	0	0	12
FR	12060046	Paliano	70,1	25	23	18	28	0	2	0	0	8
FR	12060047	Pastena	42	20	8	8	6	0	0	0	0	10
FR	12060048	Patrica	27	32	63	22	24	0	1	0	0	9
FR	12060051	Pico	32,7	19	8	9	5	0	1	0	0	9
FR	12060052	Piedimonte San Germano	17,4	30	61	18	25	0	2	0	0	11
FR	12060053	Piglio	35,2	13	4	9	13	0	1	0	0	8
FR	12060054	Pignataro Interamna	24,6	24	31	15	24	0	2	0	0	10
FR	12060055	Pofi	30,7	26	21	15	21	0	1	0	0	6
FR	12060056	Pontecorvo	88,2	33	73	24	15	0	2	0	0	13
FR	12060057	Posta Fibreno	9,1	23	34	19	7	0	1	0	0	15
FR	12060058	Ripi	31,4	32	64	21	18	0	1	0	0	16
FR	12060059	Rocca d'Arce	11,5	20	9	10	7	0	0	0	0	13
RM	12058088	Rocca Priora	28	23	9	12	10	0	1	0	0	18
FR	12060060	Roccasecca	43,3	37	87	26	20	0	2	0	0	13
FR	12060070	San Vittore del Lazio	27,1	26	17	15	22	0	1	0	0	14
RM	12058119	San Cesareo	22,7	21	26	15	17	0	2	0	0	14
FR	12060063	San Giorgio a Liri	15,5	32	68	21	9	0	1	0	0	10
FR	12060064	San Giovanni Incarico	24,9	17	11	14	20	0	1	0	0	26
FR	12060065	Sant'Ambrogio sul Garigliano	9	16	9	13	14	0	1	0	0	14
FR	12060066	Sant'Andrea del Garigliano	16,9	17	6	15	9	0	1	0	0	23
FR	12060067	Sant'Apollinare	17	20	18	16	17	0	1	0	0	12
FR	12060068	Sant'Elia Fiumerapido	41	33	81	32	21	0	3	0	0	17
FR	12060069	Santopadre	21,5	16	4	9	5	0	0	0	0	16
RM	12058102	Segni	61,3	25	16	17	25	0	1	0	0	23
FR	12060071	Serrone	15,4	15	4	12	10	0	1	0	0	7
FR	12060073	Sgurgola	19,3	18	8	12	17	0	1	0	0	18

IT1217 ZONA VALLE DEL SACCO												
Provincia	Cod. ISTAT	Nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃
				media	superi	media	media	superi	media	superi		
FR	12060074	Sora	71,8	55	122	51	21	0	10	0	0	21
FR	12060075	Strangolagalli	10,5	32	58	19	12	0	1	0	0	10
FR	12060076	Supino	35,3	23	21	14	21	0	1	0	0	9
FR	12060079	Torrice	18,2	39	97	26	18	0	2	0	0	10
FR	12060082	Vallecorsa	39,7	19	5	12	6	0	0	0	0	18
FR	12060083	Vallemaio	19,5	12	0	9	10	0	0	0	0	14
RM	12058110	Valmontone	40,7	27	18	21	27	0	1	0	0	16
FR	12060085	Veroli	120,3	39	109	30	22	0	1	0	0	20
FR	12060086	Vicalvi	8,2	18	7	14	6	0	1	0	0	27
FR	12060087	Vico nel Lazio	45,8	24	35	14	22	0	0	0	0	9
FR	12060089	Villa Santa Lucia	18,2	29	42	16	27	0	2	0	0	18
FR	12060090	Villa Santo Stefano	20,3	21	11	7	12	0	0	0	0	14
RM	12058114	Zagarolo	29	27	40	19	26	0	1	0	0	29

(**) –calcolato come media su 3 anni

Le criticità nella zona Valle del Sacco sono:

- per il PM10 il numero massimo di superamenti di 50 µg/m³ giornalieri è superiore al limite consentito (35 annui) per anno civile in 34 degli 86 Comuni totali; la media annua è superiore al valore limite di 40 µg/m³ in 6 Comuni;
- la media annuale di PM2.5 supera il valore limite per 17 Comuni degli 86 totali;
- la media annuale del benzene supera il valore limite per 4 Comuni degli 86 totali;
- per l'O₃ il numero di superamenti in massima media mobile delle 8 ore dei 120 µg/m³ mediato nel periodo 2019-2021 superiore ai 25 consentiti da legge è superato in 3 Comuni.

7.6.3 Zona Appenninica

Nella tabella seguente è riportata la caratterizzazione, per ogni Comune della Zona Appenninica, in base alla valutazione dello stato della qualità dell'aria del 2021.

Tabella 7.4 - Caratterizzazione dei Comuni nella Zona Appenninica.

IT1216 ZONA APPENNINICA												
Provincia	cod istat	nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃
				media	superi	media	media	superi	media	superi	superi	superi
RI	12057001	Accumoli	86,9	5	0	4	1	0	0	0	0	3
FR	12060001	Acquafondata	25,6	5	0	4	2	0	0	0	0	4
VT	12056001	Acquapendente	130,3	22	19	17	6	0	0	0	0	4
RM	12058001	Affile	15	8	0	7	5	0	0	0	0	9
RM	12058002	Agosta	9,5	12	1	10	7	0	0	0	0	11
FR	12060004	Alvito	52	26	59	24	7	0	1	0	0	12

IT1216 ZONA APPENNINICA													
Provincia	cod istat	nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃	
				media	superi	media	media	superi	media	superi	superi	superi	
RI	12057002	Amatrice	174,4	22	17	21	4	0	0	0	0	5	
RM	12058006	Anticoli Corrado	16	10	0	8	10	0	0	0	0	16	
RI	12057003	Antrodoco	64	13	5	12	4	0	0	0	0	7	
RM	12058008	Arcinazzo Romano	28,3	11	0	9	4	0	0	0	0	8	
RM	12058010	Arsoli	11,9	11	0	9	8	0	0	0	0	11	
RI	12057004	Ascrea	14,4	8	0	6	3	0	0	0	0	3	
FR	12060011	Atina	29,8	35	81	32	10	0	2	0	0	22	
VT	12056003	Bagnoregio	72,6	12	0	10	4	0	0	0	0	2	
VT	12056006	Bassano in Teverina	12,1	23	10	9	9	0	0	0	0	1	
RM	12058012	Bellegra	18,7	13	0	11	8	0	0	0	0	12	
FR	12060013	Belmonte Castello	14,2	9	0	7	7	0	0	0	0	19	
RI	12057005	Belmonte in Sabina	23,6	15	2	9	11	0	1	0	0	3	
VT	12056008	Bolsena	63,9	14	2	10	5	0	0	0	0	5	
VT	12056009	Bomarzo	39,9	19	3	9	11	0	1	0	0	1	
RI	12057006	Borbona	46,3	10	0	9	2	0	0	0	0	7	
RI	12057008	Borgo Velino	17,3	9	0	8	4	0	0	0	0	8	
RI	12057007	Borgorose	148,9	16	14	15	5	0	0	0	0	4	
VT	12056010	Calcata	7,7	14	1	10	7	0	0	0	0	1	
RM	12058014	Camerata Nuova	40,2	5	0	5	2	0	0	0	0	9	
FR	12060016	Campoli Appennino	33,4	15	5	12	7	0	1	0	0	15	
VT	12056011	Canepina	21	16	1	8	7	0	0	0	0	1	
RI	12057009	Cantalice	37,7	32	75	28	12	0	1	0	0	10	
RI	12057010	Cantalupo in Sabina	10,5	25	47	20	6	0	0	0	0	1	
RM	12058017	Canterano	7,3	8	0	7	7	0	0	0	0	11	
VT	12056013	Capodimonte	61,3	10	0	7	4	0	0	0	0	4	
RM	12058019	Capranica Prenestina	20,2	10	0	7	6	0	0	0	0	11	
VT	12056015	Caprarola	57,5	16	4	11	7	0	0	0	0	1	
VT	12056016	Carbognano	17,3	16	3	9	7	0	0	0	0	0	
FR	12060017	Casalattico	28,3	14	4	10	5	0	0	0	0	15	
RM	12058021	Casape	5,2	10	0	6	5	0	0	0	0	11	
RI	12057011	Casaprota	14,6	20	7	12	5	0	0	0	0	1	
RI	12057012	Casperia	25,4	14	2	10	5	0	0	0	0	0	
RI	12057013	Castel di Tora	15,7	7	0	5	2	0	0	0	0	9	
RM	12058023	Castel Madama	28,4	17	7	13	17	0	0	0	0	11	
RM	12058025	Castel San Pietro Romano	15	16	1	9	8	0	0	0	0	12	
RI	12057015	Castel Sant'Angelo	31,3	11	0	9	6	0	0	0	0	9	
VT	12056017	Castel Sant'Elia	24	18	7	12	10	0	0	0	0	1	
RI	12057014	Castelnuovo di Farfa	9	22	15	12	5	0	0	0	0	0	

IT1216 ZONA APPENNINICA												
Provincia	cod istat	nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃
				media	superi	media	media	superi	media	superi	superi	superi
VT	12056018	Castiglione in Teverina	20	11	0	10	6	0	0	0	0	2
VT	12056019	Celleno	24,6	11	0	7	6	0	0	0	0	2
VT	12056020	Cellere	37,2	9	0	7	3	0	0	0	0	3
RM	12058027	Cerreto Laziale	11,7	11	0	9	10	0	0	0	0	12
RM	12058028	Cervara di Roma	31,7	6	0	5	4	0	0	0	0	10
RM	12058030	Ciciliano	18,9	11	0	8	9	0	0	0	0	13
RM	12058031	Cineto Romano	10,5	7	0	6	6	0	0	0	0	8
RI	12057016	Cittaducale	71	20	19	16	13	0	1	0	0	13
RI	12057017	Cittareale	59	6	0	4	2	0	0	0	0	7
VT	12056021	Civita Castellana	83,3	23	16	14	16	0	1	0	0	1
VT	12056022	Civitella d'Agliano	32,9	12	0	10	6	0	0	0	0	1
RM	12058033	Civitella San Paolo	20,5	15	0	10	7	0	0	0	0	1
RI	12057018	Collalto Sabino	22,2	8	0	7	3	0	0	0	0	5
RI	12057019	Colle di Tora	14,2	7	0	5	2	0	0	0	0	4
FR	12060029	Colle San Magno	44,6	18	8	11	7	0	0	0	0	14
RI	12057020	Collegiove	10,8	6	0	5	2	0	0	0	0	4
RI	12057021	Collecchio	27,2	19	6	13	13	0	0	0	0	1
RI	12057022	Colli sul Velino	13,1	14	1	10	9	0	1	0	0	1
RI	12057023	Concerviano	21,5	10	0	7	6	0	0	0	0	3
RI	12057024	Configni	22,7	10	0	8	4	0	1	0	0	7
RI	12057025	Contigliano	53,5	35	84	30	13	0	1	0	0	1
VT	12056023	Corchiano	32,9	24	18	14	10	0	0	0	0	0
RI	12057026	Cottanello	36,5	10	0	8	5	0	0	0	0	0
VT	12056024	Fabrica di Roma	34,7	25	8	16	15	0	0	0	0	1
VT	12056025	Faleria	25,7	18	10	14	8	0	0	0	0	1
RI	12057027	Fara in Sabina	54,9	36	81	25	10	0	0	0	0	2
VT	12056026	Farnese	53	10	0	8	3	0	0	0	0	3
RI	12057028	Fiamignano	100,7	6	0	5	2	0	0	0	0	5
RM	12058037	Filacciano	5,7	16	0	11	9	0	0	0	0	2
FR	12060034	Filettino	77,7	6	0	5	2	0	1	0	0	7
FR	12060035	Fiuggi	33,1	14	4	8	12	0	3	0	0	6
RI	12057029	Forano	17,6	23	26	18	8	0	0	0	0	1
RI	12057030	Frasso Sabino	4,4	19	4	10	5	0	0	0	0	1
VT	12056027	Gallese	37,3	26	19	17	21	0	1	0	0	1
FR	12060040	Gallinaro	17,6	21	34	19	8	0	1	0	0	11
RM	12058044	Gerano	10	10	0	7	7	0	0	0	0	11
VT	12056028	Gradoli	37,5	13	0	9	4	0	0	0	0	6
VT	12056029	Graffignano	29,1	14	0	9	6	0	0	0	0	2

IT1216 ZONA APPENNINICA												
Provincia	cod istat	nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃
				media	superi	media	media	superi	media	superi	superi	superi
RI	12057031	Greccio	17,9	18	13	15	10	0	1	0	0	0
VT	12056030	Grotte di Castro	39,3	14	1	9	4	0	0	0	0	4
FR	12060042	Guarcino	42,3	18	11	12	17	0	1	0	0	4
VT	12056031	Ischia di Castro	104,7	10	0	8	3	0	0	0	0	3
RM	12058048	Jenne	32,1	7	0	5	3	0	0	0	0	9
RI	12057032	Labro	11,4	12	1	9	7	0	0	0	0	4
VT	12056032	Latera	22,7	11	0	8	3	0	0	0	0	12
RI	12057033	Leonessa	204,9	23	34	18	6	0	0	0	0	13
RM	12058051	Licenza	17,5	7	0	5	4	0	0	0	0	11
RI	12057034	Longone Sabino	34,1	10	0	7	6	0	0	0	0	4
VT	12056033	Lubriano	16,6	10	0	8	3	0	0	0	0	3
RM	12058052	Magliano Romano	21,1	12	0	9	7	0	0	0	0	1
RI	12057035	Magliano Sabina	43,7	27	40	21	17	0	1	0	0	1
RM	12058053	Mandela	13,2	10	0	8	11	0	0	0	0	8
RM	12058055	Marano Equo	7,6	8	0	7	6	0	0	0	0	12
RM	12058056	Marcellina	15,3	18	6	12	14	0	0	0	0	14
RI	12057036	Marcetelli	11	5	0	4	1	0	0	0	0	3
VT	12056034	Marta	33,3	11	1	8	4	0	0	0	0	4
RM	12058058	Mazzano Romano	28,9	17	11	14	7	0	0	0	0	1
RI	12057037	Micigliano	37,4	7	0	5	3	0	0	0	0	12
RI	12057038	Mompeo	10,9	19	7	8	5	0	0	0	0	1
RI	12057039	Montasola	12,6	10	0	7	5	0	0	0	0	1
RI	12057043	Monte San Giovanni in Sabina	30,7	13	0	7	7	0	0	0	0	0
RI	12057040	Montebuono	19,6	13	0	10	5	0	0	0	0	0
VT	12056036	Montefiascone	104,8	16	2	11	9	0	0	0	0	16
RM	12058061	Monteflavio	17,2	10	0	6	4	0	0	0	0	8
RI	12057041	Monteleone Sabino	18,9	16	4	10	5	0	0	0	0	3
RM	12058063	Montelibretti	44,1	23	28	17	14	0	0	0	0	4
RI	12057042	Montenero Sabino	22,6	16	0	7	6	0	0	0	0	0
VT	12056038	Monterosi	10,8	15	1	12	7	0	0	0	0	2
RI	12057044	Montopoli di Sabina	37,6	33	67	24	10	0	0	0	0	1
RM	12058066	Montorio Romano	23,8	18	3	8	6	0	0	0	0	6
RM	12058067	Moricone	20,1	19	4	11	9	0	0	0	0	15
RI	12057045	Morro Reatino	15,8	14	3	10	8	0	1	0	0	15
RM	12058069	Nazzano	12,2	16	0	10	11	0	0	0	0	8
VT	12056039	Nepi	84	19	13	15	8	0	0	0	0	9
RM	12058071	Nerola	18,6	19	5	9	6	0	0	0	0	1
RI	12057046	Nespolo	8,7	6	0	6	2	0	0	0	0	5

IT1216 ZONA APPENNINICA												
Provincia	cod istat	nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃
				media	superi	media	media	superi	media	superi	superi	superi
VT	12056040	Onano	24,6	12	0	7	4	0	0	0	0	3
VT	12056042	Orte	70,2	25	27	14	14	0	1	0	0	1
RI	12057047	Orvinio	24,6	9	0	8	3	0	0	0	0	7
RI	12057048	Paganico Sabino	9,2	6	0	5	2	0	0	0	0	9
RM	12058075	Palombara Sabina	75,5	27	47	20	12	0	0	0	0	20
RM	12058076	Percile	17,6	7	0	5	3	0	0	0	0	8
RI	12057049	Pescorocchiano	94,6	21	40	20	4	0	0	0	0	5
FR	12060049	Pescosolido	44,6	24	52	23	8	0	2	0	0	21
RI	12057050	Petrella Salto	102,2	12	3	11	5	0	0	0	0	6
VT	12056043	Piansano	26,5	9	0	7	3	0	0	0	0	3
FR	12060050	Picinisco	62	14	12	14	5	0	1	0	0	8
RM	12058077	Pisoniano	13,2	9	0	7	6	0	0	0	0	12
RI	12057051	Poggio Bustone	22,3	19	17	15	10	0	1	0	0	13
RI	12057052	Poggio Catino	15	19	8	12	5	0	0	0	0	1
RI	12057053	Poggio Mirteto	26,5	35	73	27	8	0	0	0	0	1
RI	12057054	Poggio Moiano	26,8	20	12	13	5	0	0	0	0	3
RI	12057055	Poggio Nativo	16,4	26	26	16	5	0	0	0	0	1
RI	12057056	Poggio San Lorenzo	8,7	16	0	8	5	0	0	0	0	2
RM	12058078	Poli	21,4	14	3	8	8	0	0	0	0	13
RM	12058080	Ponzano Romano	19,2	16	1	12	11	0	0	0	0	3
RI	12057057	Posta	66,2	9	1	7	3	0	0	0	0	7
RI	12057058	Pozzaglia Sabina	25,2	7	0	5	3	0	0	0	0	11
VT	12056044	Proceno	41,9	13	1	8	4	0	0	0	0	4
RI	12057059	Rieti	206,5	28	54	22	20	0	1	0	0	10
RM	12058082	Rignano Flaminio	38,9	17	3	13	8	0	0	0	0	1
RM	12058083	Riofreddo	12,2	8	0	6	6	0	0	0	0	9
RI	12057060	Rivodutri	26,9	19	18	15	10	0	1	0	0	12
RM	12058084	Rocca Canterano	15,8	8	0	6	5	0	0	0	0	13
RM	12058085	Rocca di Cave	11,1	13	0	9	8	0	0	0	0	11
RM	12058089	Rocca Santo Stefano	9,7	9	0	7	7	0	0	0	0	11
RI	12057062	Rocca Sinibalda	49,4	11	0	7	6	0	0	0	0	3
RM	12058087	Roccagiovine	8,6	7	0	6	4	0	0	0	0	8
RI	12057061	Roccantica	16,7	15	3	9	4	0	0	0	0	0
RM	12058090	Roiate	10,3	9	0	7	5	0	0	0	0	9
VT	12056045	Ronciglione	52,3	16	6	12	6	0	0	0	0	1
RM	12058092	Roviano	8,3	10	0	8	9	0	0	0	0	16
RI	12057063	Salisano	17,5	18	4	8	4	0	0	0	0	1
RM	12058094	Sambuci	8,2	10	0	7	7	0	0	0	0	16

IT1216 ZONA APPENNINICA												
Provincia	cod istat	nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃
				media	superi	media	media	superi	media	superi	superi	superi
FR	12060061	San Biagio Saracinisco	31,1	5	0	4	2	0	0	0	0	5
FR	12060062	San Donato Val di Comino	35,7	22	43	21	5	0	1	0	0	10
RM	12058095	San Gregorio da Sassola	35,2	17	4	10	17	0	0	0	0	12
VT	12056047	San Lorenzo Nuovo	28	15	1	10	5	0	0	0	0	5
RM	12058096	San Polo dei Cavalieri	42,6	17	4	9	14	0	0	0	0	9
RM	12058100	San Vito Romano	12,7	12	0	9	8	0	0	0	0	22
RM	12058099	Sant'Oreste	43,5	16	1	12	10	0	0	0	0	2
RM	12058101	Saracinesco	11	9	0	7	10	0	0	0	0	11
RI	12057064	Scandriglia	63,1	20	12	13	4	0	0	0	0	9
RI	12057065	Selci	7,8	17	6	13	6	0	0	0	0	0
FR	12060072	Settefrati	50,6	12	1	10	5	0	1	0	0	8
VT	12056048	Soriano nel Cimino	78,6	25	19	14	13	0	1	0	0	2
RI	12057066	Stimigliano	11,4	25	42	21	8	0	0	0	0	1
RM	12058103	Subiaco	63,4	14	8	12	7	0	1	0	0	11
RI	12057067	Tarano	20,1	16	4	12	6	0	0	0	0	2
FR	12060077	Terelle	31,7	11	0	8	10	0	1	0	0	20
RI	12057068	Toffia	11,2	23	10	11	5	0	0	0	0	1
FR	12060078	Torre Cajetani	11,6	17	6	10	13	0	0	0	0	24
RI	12057070	Torri in Sabina	26,2	15	4	11	5	0	0	0	0	1
RI	12057069	Torricella in Sabina	25,8	16	4	11	7	0	0	0	0	2
RM	12058106	Torrita Tiberina	10,8	19	4	12	8	0	0	0	0	1
FR	12060080	Trevi nel Lazio	54,5	15	11	13	5	0	1	0	0	6
FR	12060081	Trivigliano	12,7	24	23	16	17	0	0	0	0	4
RI	12057071	Turania	8,6	6	0	5	2	0	0	0	0	5
RI	12057072	Vacone	9,1	10	0	8	4	0	0	0	0	0
VT	12056053	Valentano	43,3	10	0	8	3	0	0	0	0	6
RM	12058108	Vallepietra	51,5	6	0	4	2	0	0	0	0	7
VT	12056054	Vallerano	15,5	19	4	8	7	0	0	0	0	0
FR	12060084	Vallerotonda	59,7	9	0	9	7	0	0	0	0	9
RM	12058109	Vallinfreda	16,8	7	0	5	4	0	0	0	0	6
RI	12057073	Varco Sabino	24,6	6	0	5	2	0	0	0	0	7
VT	12056055	Vasanello	28,6	26	24	13	7	0	0	0	0	1
RM	12058112	Vicovaro	36,1	13	0	9	14	0	0	0	0	20
VT	12056058	Vignanello	20,5	22	11	11	7	0	0	0	0	1
FR	12060088	Villa Latina	17	14	1	12	5	0	1	0	0	15
VT	12056059	Viterbo	406,3	19	6	12	21	0	1	0	0	4
FR	12060091	Viticuso	21,1	6	0	5	2	0	0	0	0	10
VT	12056060	Vitorchiano	29,8	18	2	9	15	0	1	0	0	2

IT1216 ZONA APPENNINICA												
Provincia	cod istat	nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃
				media	superi	media	media	superi	media	superi	superi	superi
RM	12058113	Vivaro Romano	12,2	6	0	5	3	0	0	0	0	11

(**) –calcolato come media su 3 anni

Per la zona Appenninica le criticità sono:

- Il superamento del valore limite giornaliero del PM10 (35 consentiti dalla legge) si registra in 15 Comuni;
- 5 Comuni presentano un valore medio annuo di PM2.5 superiore al valore limite.

7.6.4 Zona Litoranea

Nella tabella seguente è riportata la caratterizzazione, per ogni Comune della Zona Litoranea, in base alla valutazione dello stato della qualità dell'aria del 2021.

Tabella 7.5 - Caratterizzazione dei Comuni nella Zona Litoranea.

IT1218 ZONA LITORANEA												
Provincia	cod istat	nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃
				media	superi	media	media	superi	media	superi	superi	superi
RM	12058004	Allumiere	97,9	17	5	10	8	0	0	0	0	6
RM	12058007	Anzio	43,5	21	12	15	13	0	1	0	0	9
LT	12059001	Aprilia	177,7	23	10	13	16	0	3	0	0	2
RM	12058117	Ardea	50,9	20	6	13	14	0	1	0	0	8
VT	12056002	Arlena di Castro	22,3	9	0	7	3	0	0	0	0	2
RM	12058011	Artena	54,2	32	60	25	22	0	1	0	0	9
VT	12056004	Barbarano Romano	37,3	11	0	7	6	0	0	0	0	2
VT	12056005	Bassano Romano	37,4	13	0	11	4	0	0	0	0	1
LT	12059002	Bassiano	31,6	11	1	6	13	0	0	0	0	6
VT	12056007	Blera	92,8	15	3	8	6	0	0	0	0	3
RM	12058013	Bracciano	142,4	15	4	12	7	0	0	0	0	2
LT	12059003	Campodimele	38,2	13	0	6	2	0	0	0	0	9
RM	12058016	Canale Monterano	36,8	11	0	9	4	0	0	0	0	3
VT	12056012	Canino	123,5	11	0	9	4	0	0	0	0	2
VT	12056014	Capranica	40,7	14	1	11	7	0	0	0	0	1
LT	12059004	Castelforte	29,9	14	2	13	5	0	0	0	0	15
RM	12058029	Cerveteri	125,4	17	5	14	10	0	0	0	0	3
LT	12059005	Cisterna di Latina	142,8	31	73	22	18	0	1	0	0	3
RM	12058032	Civitavecchia	72,3	21	3	10	28	0	0	0	0	8

IT1218 ZONA LITORANEA												
Provincia	cod istat	nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃
				media	superi	media	media	superi	media	superi	superi	superi
LT	12059006	Cori	86	30	46	20	12	0	0	0	0	7
LT	12059007	Fondi	142,3	39	92	32	14	0	0	0	0	5
LT	12059008	Formia	73,5	26	19	14	21	1	0	0	0	8
LT	12059009	Gaeta	28,5	23	10	9	20	2	0	0	0	7
RM	12058043	Genzano di Roma	18,3	23	7	15	9	0	1	0	0	10
LT	12059010	Itri	101,2	25	43	17	14	0	0	0	0	8
RM	12058116	Ladispoli	26	18	7	15	10	0	0	0	0	3
RM	12058050	Lanuvio	44	21	8	13	11	0	1	0	0	9
RM	12058115	Lariano	27	32	54	17	11	0	0	0	0	8
LT	12059011	Latina	277,8	25	16	12	25	0	1	0	0	5
LT	12059012	Lenola	45,7	22	24	15	7	0	0	0	0	14
LT	12059013	Maenza	42,6	27	43	20	9	0	0	0	0	11
RM	12058054	Manziana	23,8	14	1	11	5	0	0	0	0	1
LT	12059014	Minturno	42,1	22	12	18	11	0	0	0	0	4
VT	12056035	Montalto di Castro	189,5	11	0	8	4	0	0	0	0	20
VT	12056037	Monte Romano	86	17	3	8	7	0	0	0	0	3
LT	12059015	Monte San Biagio	66,4	15	4	10	6	0	0	0	0	21
RM	12058070	Nemi	7,2	17	3	9	6	0	0	0	0	11
RM	12058072	Nettuno	71,8	23	22	15	11	0	1	0	0	6
LT	12059016	Norma	30,8	17	2	11	12	0	0	0	0	6
VT	12056041	Oriolo Romano	19,2	11	0	9	5	0	0	0	0	3
RM	12058079	Pomezia	110,9	18	2	12	17	0	2	0	0	34
LT	12059017	Pontinia	112,2	23	24	18	11	0	0	0	0	4
LT	12059019	Priverno	56,8	38	93	34	10	0	0	0	0	3
LT	12059020	Prossedi	36,1	23	10	8	12	0	0	0	0	5
LT	12059022	Rocca Massima	18,1	20	6	10	10	0	0	0	0	24
LT	12059021	Roccagorga	24	16	6	10	7	0	0	0	0	19
LT	12059023	Roccasecca dei Volsci	23,6	16	9	9	6	0	0	0	0	11
LT	12059024	Sabaudia	144,3	21	22	17	17	0	0	0	0	4
LT	12059025	San Felice Circeo	32,1	20	12	14	6	0	0	0	0	10
RM	12058097	Santa Marinella	49,3	18	1	9	11	0	0	0	0	6
LT	12059026	Santi Cosma e Damiano	31,6	28	56	26	7	0	0	0	0	5
LT	12059027	Sermoneta	44,9	27	28	17	23	0	1	0	0	1
LT	12059028	Sezze	101,4	34	81	28	16	0	0	0	0	4
LT	12059029	Sonnino	63,8	40	101	35	7	0	0	0	0	8
LT	12059030	Sperlonga	18	18	4	9	11	0	0	0	0	11
LT	12059031	Spigno Saturnia	38,7	13	4	8	9	0	0	0	0	26
VT	12056049	Sutri	60,9	14	1	11	5	0	0	0	0	1

IT1218 ZONA LITORANEA												
Provincia	cod istat	nome	Area (km ²)	PM10		PM2.5	NO ₂		C ₆ H ₆	CO	SO ₂	**O ₃
				media	superi	media	media	superi	media	superi	superi	superi
VT	12056050	Tarquinia	279	16	3	11	7	0	0	0	0	11
LT	12059032	Terracina	136,4	29	28	17	10	0	0	0	0	3
VT	12056051	Tessennano	14,7	9	0	7	2	0	0	0	0	2
RM	12058105	Tolfa	168	18	4	11	8	0	0	0	0	6
RM	12058107	Trevignano Romano	39,4	14	1	11	5	0	0	0	0	2
VT	12056052	Tuscania	208	12	0	9	5	0	0	0	0	4
VT	12056056	Vejano	44,3	12	0	9	5	0	0	0	0	4
RM	12058111	Velletri	129,6	41	94	30	12	0	1	0	0	20
VT	12056057	Vetralla	113,1	16	2	8	11	0	1	0	0	4
VT	12056046	Villa San Giovanni in Tuscia	5,3	11	0	7	6	0	0	0	0	2

(**) –calcolato come media su 3 anni

Nella zona Litoranea le criticità sono:

- per il PM10 la media annua è superiore al limite normativo per 2 Comuni, Velletri e Sonnino, mentre i superi del valore limite giornaliero sono superiori ai 35 consentiti per 12 Comuni sui 67 totali;
- la media annua del PM2.5 è superiore al valore limite per 7 Comuni;
- il numero di superamenti in massima media mobile delle 8 ore dei 120 µg/m³ mediato nel periodo 2019-2021 superiore ai 25 consentiti da legge per l'O₃ sono registrati in 2 Comuni, Pomezia e Spigno Saturnia.

Conclusioni

Il documento riporta la valutazione annuale della qualità dell'aria del 2021, realizzata come previsto dal d.lgs.155/2010, combinando i diversi strumenti previsti dalla normativa.

In particolare, la valutazione della qualità dell'aria sul territorio regionale è il risultato della combinazione dei campi di concentrazione forniti dal sistema modellistico operativo presso il Centro Regionale della Qualità dell'Aria con le misure fornite dalla rete di monitoraggio mediante tecniche di *data fusion* (assimilazione a posteriori).

Il sistema modellistico utilizzato è un sistema di tipo integrato, articolato in moduli specialistici per il trattamento delle diverse informazioni necessarie alla valutazione della qualità dell'aria (caratteristiche del sito, orografia e uso del suolo, meteorologia, emissioni, dispersione, deposizione e chimica dell'atmosfera) e di post-processor finalizzati sia alla visualizzazione grafica dei campi 2D e 3D utilizzati e elaborati dal sistema modellistico, sia alla verifica dei risultati prodotti mediante il confronto con i dati misurati.

L'assimilazione è stata effettuata a partire dai dati orari di concentrazioni dei vari inquinanti monitorati in ogni stazione operativa con una copertura dei dati di almeno il 75%.

Inoltre, ai fini dell'assimilazione dei dati di PM10, le misure dalla rete fissa sono state integrate con le misure effettuate con i laboratori mobili in varie campagne di monitoraggio, ricostruendo statisticamente le serie giornaliere delle concentrazioni (misura di stima obbiettiva), mediante uno stimatore statistico "Best Linear Unbiased Estimator".

A partire dalla distribuzione spaziale della concentrazione degli inquinanti su tutto il territorio regionale, ad ogni Comune è stata associato lo stato della qualità dell'aria secondo la metodologia descritta nel capitolo 7.

Per quanto riguarda le emissioni utilizzate nel sistema modellistico, è necessario evidenziare che a partire dal 2020 è stato implementato nel modello l'aggiornamento dell'inventario delle emissioni regionali (LAZIO_2017 vs.2020) che, alla luce delle informazioni acquisite localmente e in linea con quanto calcolato dall'ISPRA a livello nazionale, ha visto rispetto ai dati utilizzati negli anni antecedenti il 2020, un significativo incremento delle emissioni dovute al riscaldamento domestico.

La valutazione della qualità dell'aria è stata effettuata su base comunale ma, in conformità con le previsioni normative, le misure di contrasto all'inquinamento devono essere invece definite dalla Regione per le aree di superamento all'interno delle zone.

Nelle tabelle seguenti viene riportata una sintesi della valutazione della qualità dell'aria 2021 nella regione Lazio.

QUALITA' DELL'ARIA NEL LAZIO	
Inquinante	Qualità dell'aria
Benzene	La concentrazione media annuale è superiore al limite normativo in 4 Comuni della Valle del Sacco (Sora, Anagni, Cassino, Frosinone).
CO	Nessun superamento dei limiti normativi.
SO ₂	Nessun superamento dei limiti normativi.

QUALITA' DELL'ARIA NEL LAZIO	
Inquinante	Qualità dell'aria
NO ₂	La concentrazione media annuale di NO ₂ presenta dei superamenti solamente in 2 Comuni (Roma e Fiumicino).
PM10	La concentrazione media annua è superiore al valore limite in 8 Comuni nel Lazio (Alatri, Anagni, Ceccano, Ferentino, Monte San Giovanni Campano, Sonnino, Sora, Velletri). Il numero di superamenti del valore limite giornaliero di PM10 eccede il massimo consentito in ogni zona della regione (62 Comuni in totale dei quali 34 nella Valle del Sacco).
PM2.5	La media annua è superiore al valore limite in tutte le zone per un totale di 29 Comuni.
O ₃	Si registra il superamento del valore obiettivo per un numero limitato di Comuni (7 in tutta la regione) in ogni zona ad esclusione dell'Appenninica. Sono stati registrati superamenti per l'AOT40 in tutte le zone del Lazio tranne nell'Appenninica, il valore obiettivo per la protezione della salute umana è stato superato solamente nella zona Litoranea e nella Valle del Sacco.
Benzo(a)pirene	È stato superato il valore limite per la media annuale nella Valle del Sacco e nell'Appenninica.
Metalli	Nessun superamento dei limiti normativi.

Nel Lazio nel 2021 si confermano limitate criticità per l'NO₂, che supera solamente nei comuni di Roma e Fiumicino, diminuiscono in parte quelle relative al PM: alcuni Comuni sono in superamento per le medie annue di PM2.5 e PM10, sono presenti Comuni che eccedono il numero di superamenti del valore limite giornaliero previsto dalla legge in ogni zona della regione.

Il benzene supera la media annua nella sola zona Valle del Sacco.

Il benzo(a)pirene supera la media annua nella zona Appenninica e nella Valle del Sacco.

Nel 2021 nel Lazio gli standard dell'O₃ si confermano in diminuzione come nel 2020.

Per quanto riguarda la meteorologia, dal punto di vista della ventilazione il 2021 è stato leggermente più ventoso del 2020, le precipitazioni inferiori come cumulate ma più elevate le cumulate mensili invernali tranne che a Viterbo.