

La qualità dell'aria in provincia di Modena le stazioni della rete regionale di monitoraggio

report dati anno 2021

Arpae - Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna

Servizio Sistemi Ambientali – Area Prevenzione Ambientale Centro

Viale A.Fontanelli n.23 | 41121 Modena | tel 059 433611 fax 059 433658 **PEC aoomo@cert.arpa.emr.it**

Sede legale Via Po, 5 | 40139 Bologna | tel 051 6223811 **PEC** dirigen@cert.arpa.emr.it | www.arpa.emr.it | posta P.IVA 04290860370

SISTEMA DI GESTIONE
QUALITÀ CERTIFICATO

CQY
CERTIQUALITY

UNI EN ISO 9001:2015

a cura di: Arpae Emilia Romagna - Area Prevenzione Ambientale Centro

Responsabilità scientifica:

Enrica Canossa - resp. Servizio Sistemi Ambientali

Carla Barbieri - IF Unità Coordinamento Valutazione qualità dell'aria

Gruppo di lavoro:

Carla Barbieri, Paola Leuci, Sabina Bellodi, Antonella Anceschi, Antonella Sterni, Francesca Novelli

Sommario

	3
Quadro generale	4
L'inventario delle emissioni	6
Emissioni in provincia di Modena	7
Emissioni nel comune di Modena	8
Emissioni di polveri PM10	10
Emissioni di ossidi di azoto	11
La rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria	12
La rete regionale di monitoraggio a Modena	13
La qualità dell'aria a Modena	15
La situazione del 2021 in sintesi	15
La situazione in dettaglio	18
Polveri PM10	18
Limiti di legge	18
Analisi dei dati	19
Trend	21
Particolato PM2,5	24
Limiti di legge	24
Analisi dei dati	24
Trend	26
Metalli: nichel, arsenico, cadmio e piombo	28
Limiti di legge	28
Analisi dei dati	28
Trend	31
Benzo(a)pirene	33
Limiti di legge	33
Analisi dati	33
Trend	33
Ozono (O3)	35
Limiti di legge	35
Analisi dati	35
Trend	38
Biossido di Azoto NO2	42

Limiti di legge	42
Analisi dei dati	42
Trend	45
Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni	47
Benzene	47
Limiti di legge	47
Analisi dati	47
Trend	49
Toluene, Etilbenzene e Xileni	50
Indice sintetico della Qualità dell'aria (IQA)	52
Che cos'è	52
Analisi dei dati	52
Trend	53
Modalità di diffusione dei dati	54

Allegato A: la meteorologia in provincia di Modena report anno 2021

Quadro generale



La regione Emilia-Romagna occupa la porzione sud orientale della Pianura Padana ed è delimitata dal fiume Po a nord, dal mare Adriatico a est e dalla catena Appenninica a sud. La fascia pianeggiante ha un'altitudine ovunque inferiore ai 100 m, con vaste aree al livello del mare nel settore orientale; le zone montuose sono caratterizzate da numerose piccole valli, che presentano generalmente un andamento parallelo tra loro e perpendicolare alla catena Appenninica.

Il Bacino Padano

Le condizioni meteorologiche e il clima dell'Emilia-Romagna sono fortemente influenzate dalla conformazione topografica della pianura padana: la presenza di montagne su tre lati rende questa regione una sorta di "catino" naturale, in cui l'aria tende a ristagnare.

Le condizioni meteorologiche influenzano i gas e gli aerosol presenti in atmosfera in molti modi: ne controllano il trasporto, la dispersione e la deposizione al suolo; influenzano le trasformazioni chimiche che li coinvolgono; hanno effetti diretti e indiretti sulla loro formazione. Alcune sostanze possono rimanere in aria per periodi anche molto lunghi, attraversando i confini amministrativi e rendendo difficile distinguere i contributi delle singole sorgenti emissive alle concentrazioni totali.

Ad esempio, nelle condizioni tipicamente estive con bassa ventilazione, intensa radiazione solare e presenza di un campo anticiclonico consolidato, gli strati atmosferici più vicino al suolo, a causa del loro riscaldamento, risultano interessati da fenomeni di rimescolamento e da locali circolazioni d'aria. In tali condizioni, sull'intero territorio di pianura le masse d'aria sono chimicamente omogenee e favorevoli alla dispersione di inquinanti quali PM10 e NO₂,

ma l'elevata radiazione solare favorisce la formazione di ozono, che si presenta a elevate concentrazioni su tutta l'area, con massimi locali dovuti al trasporto a piccola scala determinato dalle brezze.

Nel periodo invernale, la formazione di una vasta area anticiclonica stabile sul Nord Italia favorisce la formazione di condizioni di inversione termica nello strato atmosferico superficiale, in particolare nelle ore notturne.

In queste condizioni, che talvolta persistono per l'intera giornata, la dispersione degli inquinanti immessi in prossimità della superficie è fortemente limitata, determinando la formazione di aree inquinate in prossimità dei principali centri urbani; queste masse d'aria inquinate, rimanendo confinate prevalentemente alle aree urbane, portano alla formazione dei cosiddetti "pennacchi urbani".

Nelle stagioni di transizione, quali primavera e autunno, ma anche nel periodo invernale, sono frequenti le condizioni di tempo perturbato, determinate da condizioni generali di bassa pressione che si vengono a creare sull'area europea e mediterranea. Tra queste va ricordata la formazione di temporali in prossimità delle Alpi, la bora e i forti venti in prossimità del suolo nella parte orientale del bacino.

Nei mesi estivi si ha, invece, una minore influenza delle condizioni meteorologiche generali e prendono spesso il sopravvento fenomeni locali, quali i temporali, che si presentano con intensità diversa nelle varie zone del bacino padano adriatico. Tutte queste situazioni di tempo perturbato determinano, in generale, condizioni meteorologiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

L'inventario delle emissioni

Per comprendere il fenomeno dell'inquinamento atmosferico risulta fondamentale conoscere il carico emissivo degli inquinanti provenienti dalle diverse attività umane.

La stima quantitativa delle sostanze emesse dalle varie sorgenti, relativa dunque ai soli inquinanti di origine primaria, è realizzata utilizzando fattori di emissione medi e indicatori di attività integrati. Tali informazioni sono raccolte negli inventari delle emissioni, ovvero serie organizzate di dati relativi alla quantità di inquinanti introdotta in atmosfera da ciascuna fonte di emissione.

La metodologia di riferimento implementata dell'inventario regionale INEMAR è quella EMEP-CORINAIR contenuta nel documento ["EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013"](#).

La classificazione delle emissioni secondo tale metodologia prevede l'impiego della codifica **SNAP** (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution) e lo svolgimento delle stime in funzione di essa.

Le attività antropiche e naturali che possono dare origine ad emissioni in atmosfera sono ripartite in **11 macrosettori**:

1. MS1 - Produzione di energia e trasformazione di combustibili: comprende le emissioni associate alla produzione di energia su ampia scala mediante processi di combustione controllata in caldaie, turbine a gas e motori stazionari.
2. MS2 - Combustione non industriale: comprende le emissioni associate ai processi di combustione non di tipo industriale e principalmente finalizzati alla produzione di calore (riscaldamento).
3. MS3 - Combustione industriale: comprende le emissioni associate ai processi di combustione per la produzione in loco di energia necessaria all'attività industriale.
4. MS4 - Processi Produttivi: comprende le emissioni associate dai processi industriali non legati alla combustione
5. MS5 - Estrazione e distribuzione di combustibili: comprende le emissioni dovute ai processi di produzione, distribuzione, stoccaggio di combustibile solido, liquido e gassoso e riguarda sia le attività sul territorio che quelle off-shore.
6. MS6 - Uso di solventi: comprende le emissioni prodotte dalle attività che prevedono l'utilizzo di prodotti contenenti solventi o la loro produzione.
7. MS7 - Trasporto su strada: include tutte le emissioni dovute alle automobili, ai veicoli commerciali leggeri e pesanti, ai motocicli, ciclomotori e agli altri mezzi di trasporto su gomma, comprendendo sia le emissioni dovute allo scarico sia quelle da usura dei freni, delle ruote e della strada
8. MS8 - Altre sorgenti mobili e macchinari: comprende le emissioni prodotte dal traffico aereo, marittimo, fluviale, ferroviario e dai mezzi a motore non transitanti sulla rete stradale.
9. MS9 - Trattamento e smaltimento rifiuti: comprende le emissioni provenienti dalle attività di trattamento e smaltimento dei rifiuti.
10. Agricoltura e allevamenti: il macrosettore 10 comprende le emissioni prodotte da tutte le pratiche agricole quali coltivazioni e allevamenti.
11. Altre sorgenti e assorbimenti: il macrosettore 11 comprende le emissioni generate dall'attività fitologica di piante, arbusti ed erba, da fulmini, emissioni spontanee di gas, emissioni dal suolo e da vulcani, da combustione naturale e dalle attività antropiche quali foreste gestite e combustione dolosa di boschi.

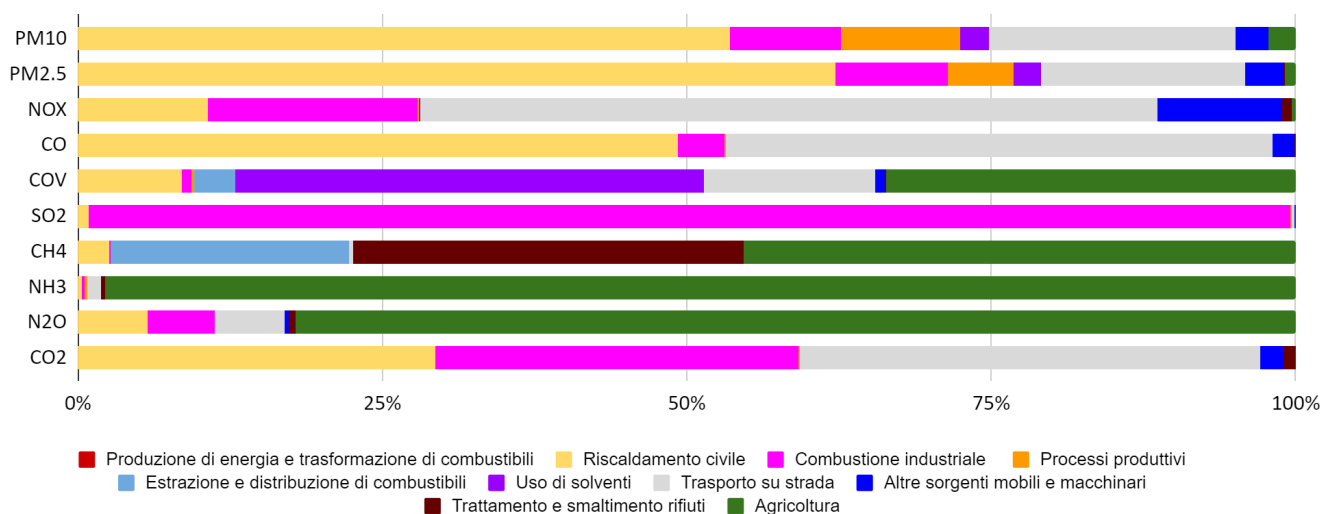
L'aggiornamento più recente dell'**inventario regionale delle emissioni in atmosfera** è relativo all'anno **2017**, l'intera pubblicazione è scaricabile all'indirizzo https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=3056&idlivello=1691

Dall'inventario regionale è possibile estrarre le emissioni della provincia di Modena.

Emissioni in provincia di Modena

MACROSETTORI		Emissioni (t/anno)									
		Polveri PM10	Polveri PM2.5	Ossidi di azoto NOx	Monossido di carbonio CO	Composti Organici Volatili COV	Biossido di zolfo SO2	Metano CH4	Ammoniacca NH3	Protossido di azoto N2O	Anidride carbonica CO2
MS1	Produzione di energia e trasformazione di combustibili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MS2	Riscaldamento civile	992	981	1041	9208	1034	39	713	20	53	1320988
MS3	Combustione industriale	168	146	1686	708	105	4120	53	15	50	1343479
MS4	Processi produttivi	181	85	7	8	27	3	0	14	0	6077
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0	0	400	0	5467	0	0	0
MS6	Uso di solventi	43	35	14	0	4689	0	0	1	0	0
MS7	Trasporto su strada	376	265	5912	8384	1703	9	107	75	53	1702172
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	49	49	995	335	100	3	2	0	4	89804
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti	1	1	77	28	8	2	8970	24	5	43359
MS10	Agricoltura	41	15	33	0	4096	0	12725	6605	756	0
MS11	Altre sorgenti e assorbimenti	0	0	0	0	3545	0	0	0	0	-633024
Totale Provincia Modena		1850	1578	9763	18670	15707	4175	28037	6755	920	3872855

Provincia di Modena: ripartizione % delle emissioni dei principali inquinanti nei diversi macrosettore



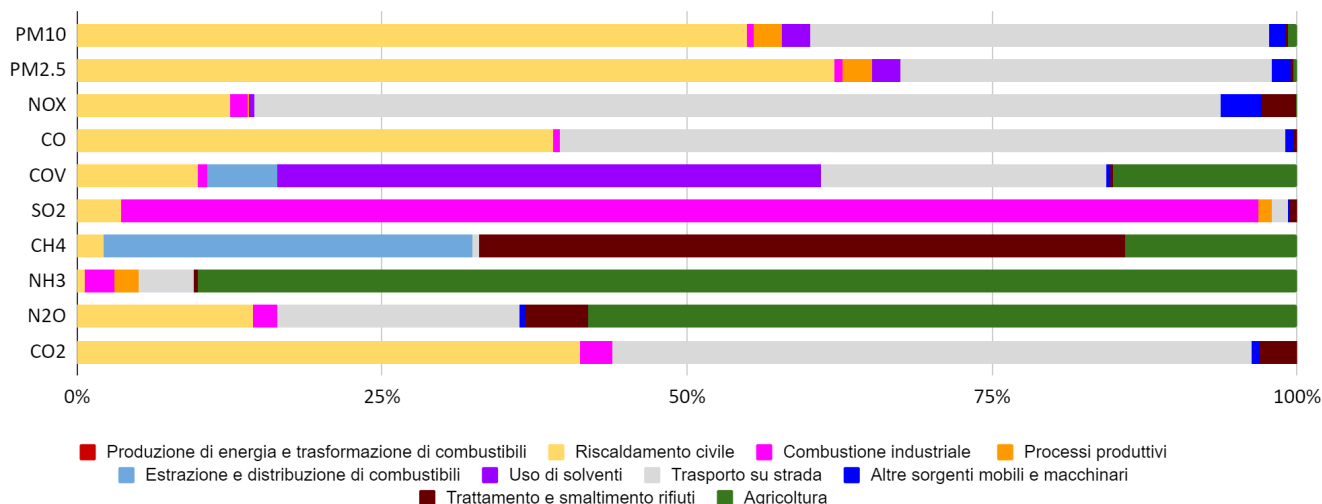
- inquinamento da **polveri** primarie: il maggiore contributo è dovuto al riscaldamento civile (54% PM10, 62% PM2.5) che utilizza le biomasse come combustibile, al trasporto su strada (17% PM2.5, 20% PM10), seguiti dalla combustione industriale (9%) e dai Processi produttivi (9,8% PM10 e 5,4% PM2.5).

- **ossidi di azoto (NO_x):** la fonte principale di ossidi di azoto è il trasporto su strada (61%), seguito dalla combustione nell'industria (17%), dal riscaldamento civile (11%) e dal trasporto dovuto ad altre sorgenti mobili (10%);
- **biossido di zolfo (SO₂)** è prodotto principalmente dalla combustione nell'industria (99%);
- **monossido di carbonio (CO):** le fonti principali di monossido di carbonio sono il riscaldamento civile (49%), il trasporto su strada (45%) e la combustione industriale (4%);
- **composti organici volatili non metanici COV,** derivano soprattutto dall'utilizzo di solventi nel settore industriale e civile (30%); significativa risulta anche la produzione di COV di origine biogenica da specie agricole e vegetazione (26% e 23%);
- **ammoniaca (NH₃)** deriva quasi completamente da pratiche agricole e zootecnia (98%);
- **anidride carbonica (CO₂):** dai trasporti stradali (44%), dai processi di combustione industriale (35%) e dal riscaldamento civile (34%);
- **protossido di azoto (N₂O)** è quasi interamente dovuto a coltivazioni e allevamenti (82%);
- **metano (CH₄),** deriva principalmente dal settore classificato come agricoltura (45%), dal trattamento dei rifiuti (32%) e dalla distribuzione del metano stesso e sue emissioni fuggitive (20%).

Emissioni nel comune di Modena

MACROSETTORI		Emissioni (t/anno)									
		Polveri PM10	Polveri PM2.5	Ossidi di azoto NO _x	Monossido di carbonio CO	Composti Organici Volatili COV	Biossido di zolfo SO ₂	Metano CH ₄	Ammoniaca NH ₃	Protossido di azoto N ₂ O	Anidride carbonica CO ₂
MS1	Produzione di energia e trasformazione di combustibili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MS2	Riscaldamento civile	164	162	290	1510	198	8	119	3	12	409050
MS3	Combustione industriale	2	2	34	22	14	200	0	12	2	26054
MS4	Processi produttivi	7	6	1	1	0	2	0	10	0	0
MS5	Estrazione e distribuzione di combustibili	0	0	0	0	115	0	1696	0	0	0
MS6	Uso di solventi	7	6	12	0	891	0	0	0	0	0
MS7	Trasporto su strada	112	80	1830	2298	466	3	31	22	16	520389
MS8	Altre sorgenti mobili e macchinari	4	4	78	25	8	0	0	0	0	7053
MS9	Trattamento e smaltimento rifiuti	1	1	64	13	5	1	2969	2	4	30094
MS10	Agricoltura	2	1	3	0	301	0	788	442	48	0
MS11	Altre sorgenti e assorbimenti	0	0	0	0	25	0	0	0	0	-4883
Totale Provincia Modena		298	261	2312	3868	2024	214	5603	491	82	987757

Comune di Modena: ripartizione % delle emissioni dei principali inquinanti nei diversi macrosettore



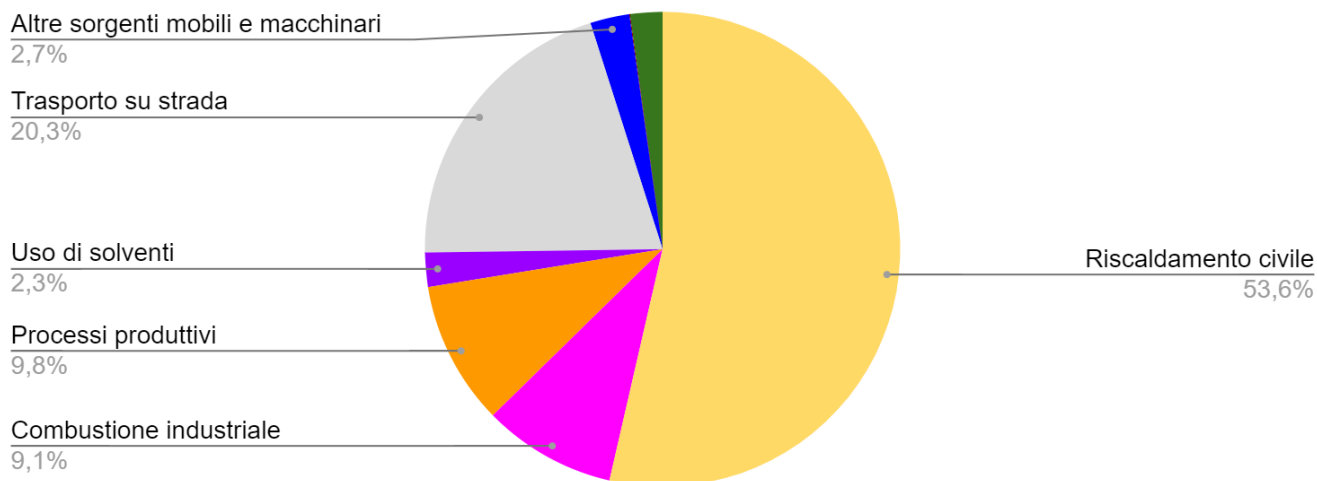
- inquinamento da **polveri** primarie: il maggiore contributo è dovuto al riscaldamento civile (55% PM10, 62% PM2.5) e al trasporto su strada (38% PM10, 31% PM2.5), seguiti dai Processi produttivi (2% PM10 e 3% PM2.5). Per il **PM10** è preponderante l'apporto delle attività di combustione di biomasse legnose, dei mezzi di trasporto ad alimentazione diesel, oltre ad usura di freni e pneumatici e abrasione del manto stradale prodotti da tutti i mezzi di trasporto
- **ossidi di azoto (NOx)**: la fonte principale di ossidi di azoto è il trasporto su strada (79%), seguito dalla dal riscaldamento civile (13%) e dal trasporto dovuto ad altre sorgenti mobili (3%);
- **monossido di carbonio (CO)**: le fonti principali di monossido di carbonio sono il trasporti su strada (59%) il riscaldamento civile (39%);
- **composti organici volatili non metanici COV**, derivano soprattutto dall'utilizzo di solventi nel settore industriale e civile (44%) e dal trasporto su strada (23%); significativa risulta anche la produzione di COV di origine biogenica da specie agricole e vegetazione (26% e 23%);
- **biossido di zolfo (SO₂)** è prodotto principalmente dalla combustione nell'industria (93%);
- **metano (CH₄)**: deriva principalmente dal trattamento dei rifiuti (53%) e dalla distribuzione del metano stesso e sue emissioni fuggitive (30%); dal settore classificato come agricoltura (14%);
- **ammoniaca (NH₃)** deriva quasi completamente da pratiche agricole e zootecnia (90%);
- **protossido di azoto (N₂O)** è dovuto a coltivazioni e allevamenti (58%), Trasporto su strada (20%) e dal riscaldamento civile (15%);
- **anidride carbonica (CO₂)**: viene prodotta dai trasporti stradali (53%) e dal riscaldamento civile (41%);

Emissioni totali	Emissioni (t/anno)									
	Polveri PM10	Polveri PM2.5	Ossidi di azoto NOx	Monossido di carbonio CO	Composti Organici Volatili COV	Biossido di zolfo SO2	Metano CH4	Ammoniaca NH3	Protossido di azoto N2O	Anidride carbonica CO2
Comune Modena	298	261	2312	3868	2024	214	5603	491	82	987757
Provincia Modena	1850	1578	9763	18670	15707	4175	28037	6755	920	3872855
contributo % Comune Modena/Provincia Modena	16,1%	16,5%	23,7%	20,7%	12,9%	5,1%	20,0%	7,3%	8,9%	25,5%

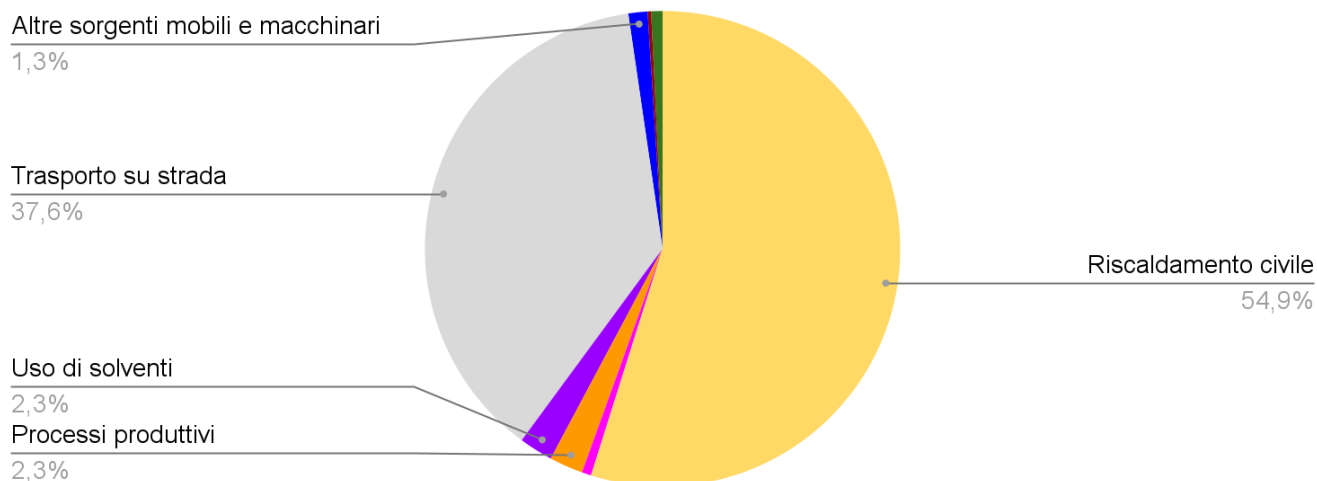
Il contributo del comune di Modena sulle emissioni dell'intera provincia risulta essere per anidride carbonica del 26%, ossidi di azoto del 24%, monossido di carbonio del 21%, metano 20%, polveri del 16-17%, per i COV del 13% e inferiore al 10% per ammoniaca, biossido di zolfo e protossido di azoto.

Emissioni di polveri PM10

Provincia di Modena: contributo % dei macrosettori alle emissioni di PM10



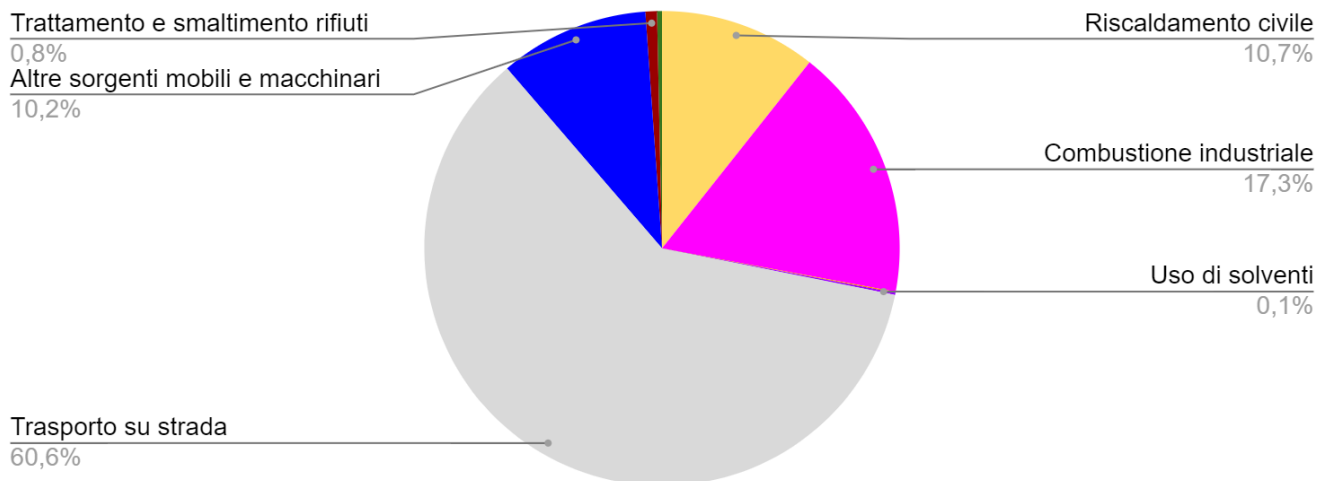
Comune di Modena: contributo % dei macrosettori alle emissioni di PM10



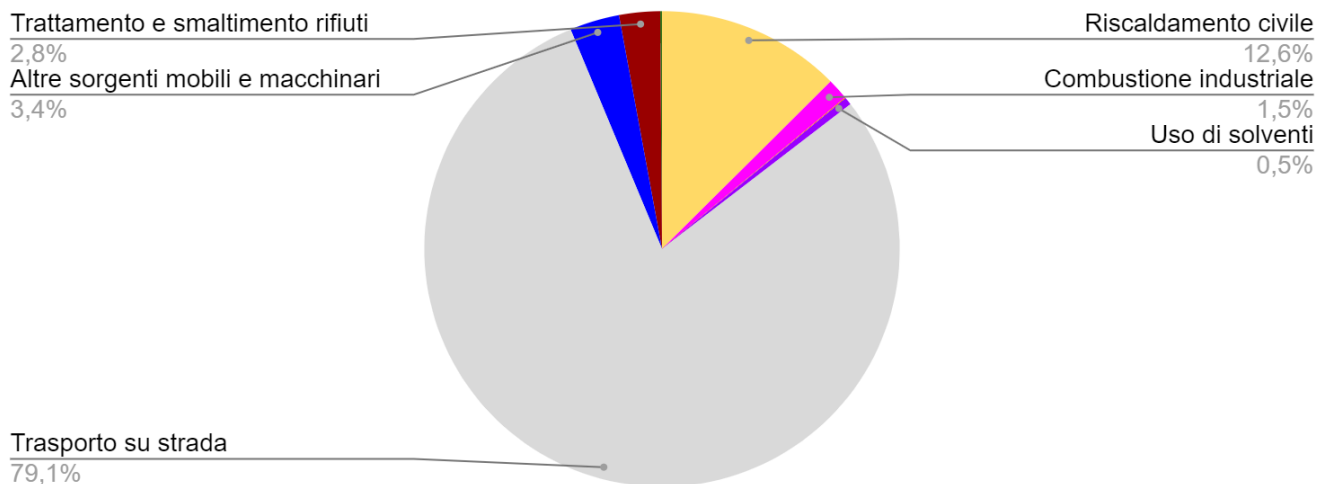
Se analizziamo le emissioni dei vari macrosettori, possiamo rilevare che la fonte principale di polveri PM10 è il Riscaldamento civile (Provincia di Modena 54%, Comune Modena 55%), seguito dal Trasporto su strada (Provincia di Modena 20%, Comune di Modena 38%) e dai Processi produttivi (Provincia di Modena 9,8%, Comune di Modena 2%).

Emissioni di ossidi di azoto

Provincia di Modena: contributo % dei macrosettori alle emissioni di NOX



Comune di Modena: contributo % dei macrosettori alle emissioni di NOX



Se analizziamo le emissioni dei vari macrosettori, possiamo rilevare che la fonte principale di ossidi di azoto è il Trasporto su strada (Provincia di Modena 61%, Comune di Modena 79%) seguito dalla Combustione industriale (Provincia di Modena 17%, Comune Modena 2%) e dal Riscaldamento civile (Provincia di Modena 11%, Comune Modena 13%).

La rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria

La valutazione delle qualità dell'aria in Emilia-Romagna viene attuata secondo un programma approvato dalla Giunta regionale con Deliberazione n. 2001/2011 avente per oggetto "il recepimento del Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa - approvazione della nuova zonizzazione e della nuova configurazione della rete di rilevamento e indirizzi per la gestione della qualità dell'aria."

La Delibera regionale riporta la suddivisione del territorio in quattro aree omogenee:

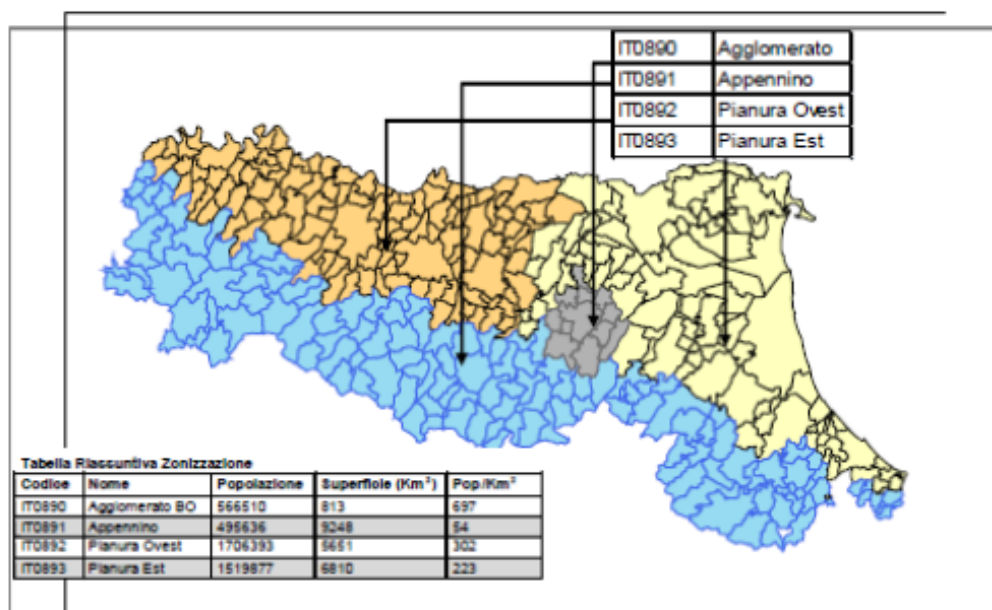
AGGLOMERATO DI BOLOGNA - zona costituita da un insieme di aree urbane avente una popolazione inferiore a 250000 abitanti, ma con una densità di popolazione per Km² superiore a 3000 abitanti.

PIANURA OVEST - porzione di territorio con caratteristiche meteo climatiche simili dove è elevato il rischio di superamento dei limiti di legge per alcuni parametri.

PIANURA EST - porzione di territorio con caratteristiche meteo climatiche simili dove è elevato il rischio di superamento dei limiti di legge per alcuni parametri.

APPENNINO - porzione di territorio dove i valori della qualità dell'aria sono inferiori ai parametri di legge

La zonizzazione definisce le unità territoriali sulle quali viene eseguita la valutazione della qualità dell'aria e alle quali si applicano le misure gestionali.



La rete regionale della qualità dell'aria (RRQA) dal primo gennaio 2013 è composta da 47 punti di misura in siti fissi ed è dotata di 176 analizzatori automatici. La rete è completata da 10 laboratori mobili e numerose unità mobili per la realizzazione di specifiche campagne di valutazione; a queste si affianca anche la rete meteorologica RIRER, all'interno della quale sono presenti 10 stazioni per la meteorologia urbana (MetUrb).

La rete della qualità dell'aria ha ottenuto nel 2005 la certificazione UNI EN ISO 9001, che da allora ha sempre mantenuto. Il sistema di controllo qualità, attraverso una sistematica azione di documentazione delle procedure, controllo e verifica, garantisce il mantenimento degli standard stabiliti dalla certificazione.

Gli inquinanti monitorati variano da stazione a stazione in dipendenza dalle caratteristiche di diffusione e dinamica chimico-fisica dell'inquinamento, della distribuzione delle sorgenti di emissione e delle caratteristiche del territorio. Si va dai 47 punti di misura per l'NO₂ ai 43 punti di misura per il PM10, mentre vengono progressivamente ridotti gli

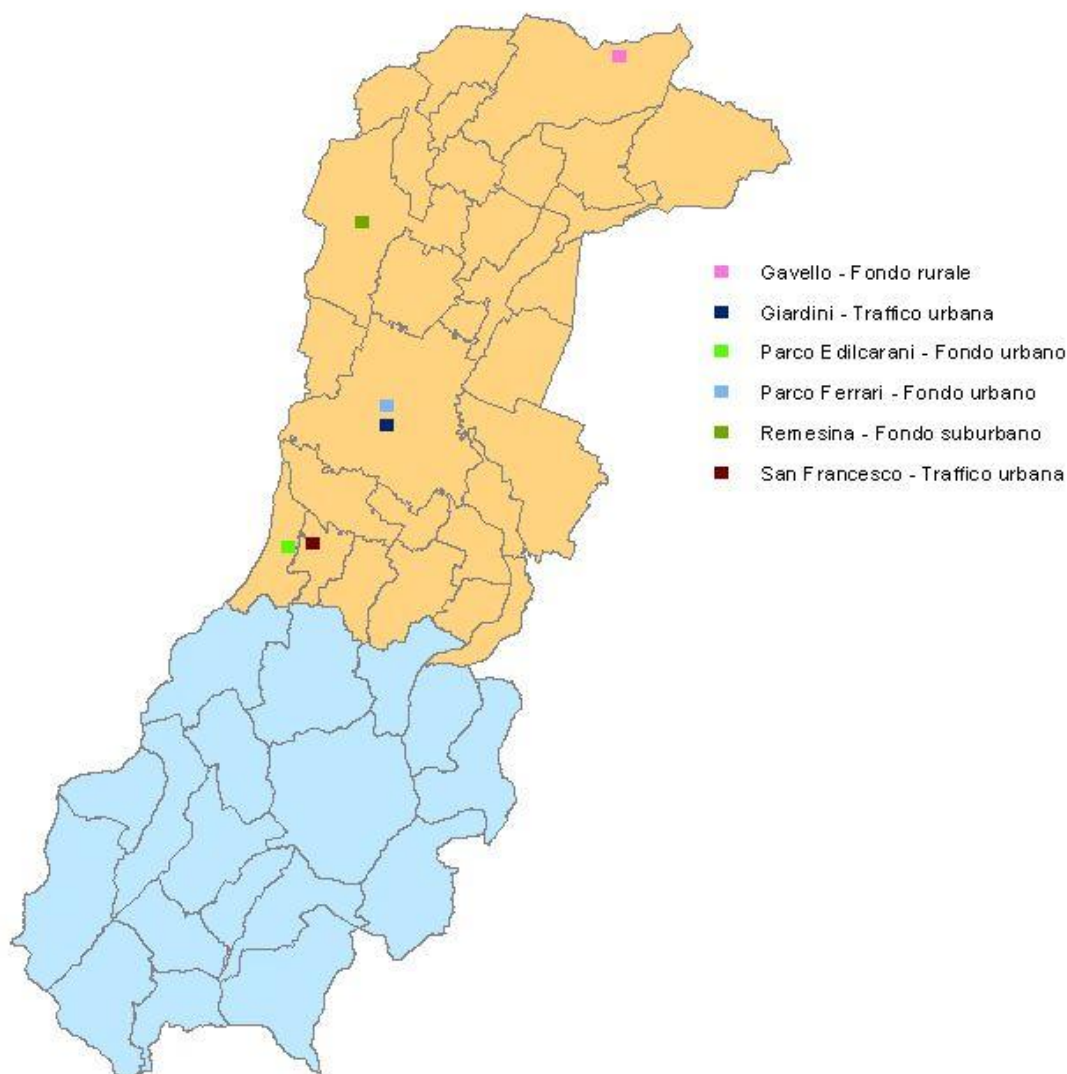
analizzatori che monitorano inquinanti la cui concentrazione è ormai al di sotto del limite di rilevabilità strumentale (esempio SO₂) o ampiamente al di sotto dei valori limite (esempio CO).

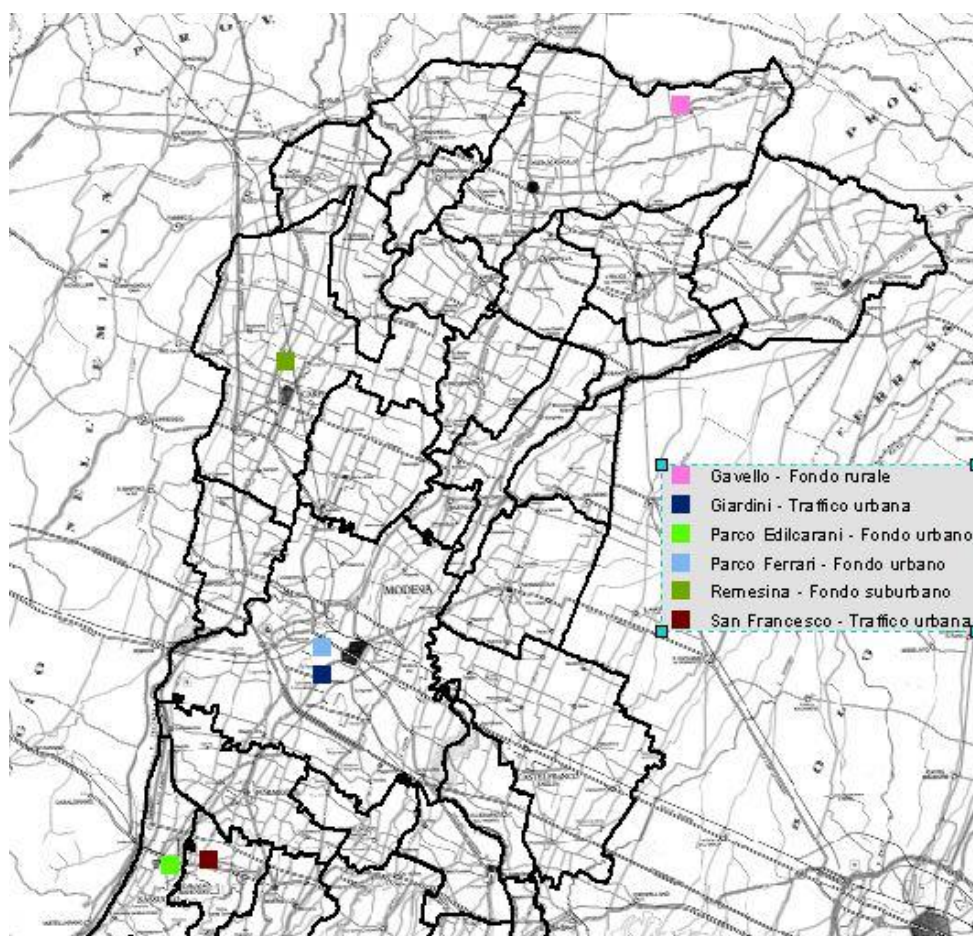
In parallelo aumenta la distribuzione territoriale dei punti di misura che oggi vanno a coprire anche zone di fondo rurale e remoto, dato che le caratteristiche degli inquinanti si sono progressivamente modificate.

Oggi le forme più significative di inquinamento sono dovute a inquinanti secondari (come ozono e polveri fini e ultrafini), che tendono a interessare tutto il territorio e non solo le aree industriali e urbane immediatamente prossime ai punti di emissione.

La rete regionale di monitoraggio a Modena

Zona Ovest	Bastiglia , Bomporto, Campogalliano, Camposanto, Carpi, Castelfranco Emilia, Castelnuevo Rangone, Castelvetro di Modena, Cavezzo, Concordia sulla Secchia, Finale Emilia, Fiorano Modenese, Formigine, Maranello, Medolla, Mirandola, Modena, Nonantola, Novi di Modena, Ravarino, San Cesario sul Panaro, San Felice sul Panaro, San Possidonio, San Prospero, Sassuolo, Savignano sul Panaro, Soliera, Spilamberto, Vignola
Appennino	Fanano, Fiumalbo, Frassinoro, Guiglia, Lama Mocogno, Marano sul Panaro, Montecreto, Montefiorino, Montese, Palagano, Pavullo nel Frignano, Pievepelago, Polinago, Prignano sulla Secchia, Riolunato, Serramazzoni, Sestola, Zocca





STAZIONI	Ubicazione	Comun e	Attiv a dal	zona	tipo	CONFIGURAZIONE				
						NOX	O3	PM10	PM2.5	BTEX
 GIARDINI	Via Giardini 543 *	Modena	1990			X		X		X
 PARCO FERRARI	Parco Ferrari	Modena	2005			X	X	X	X	
 REMESINA	Via Remesina	Carpi	1997			X	X	X		
 GAVELLO	Via Gazzi – loc. Gavello	Mirandola	2008			X	X	X	X	
 SAN FRANCESCO	Circ. San Francesco **	Fiorano Modenese	2007			X		X		
 PARCO EDILCARANI	Parco Edilcarani	Sassuolo	2010			X	X	X	X	
Zona:  Urbana  Suburbana  Rurale Tipo:  Traffico  Fondo  Industriale										
* Traffico di 33000 veicoli /giorno **Traffico di 26000 veicoli/giorno										

Dal 1 gennaio 2020 la configurazione della rete regionale è stata modificata in seguito all'approvazione della DGR 1135/2019 "Approvazione del progetto di riesame della classificazione delle zone e degli agglomerati della Regione Emilia-Romagna ai fini della valutazione della qualità dell'aria"; in particolare per Modena sono stati dismessi due analizzatori di monossido di carbonio e uno di BTX. Il monitoraggio di benzene rimane nella stazione da traffico presente nel comune capoluogo (Giardini).

La qualità dell'aria a Modena del 2021 in sintesi

Polveri PM10

Valore Limite giornaliero: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ numero di superamenti media giornaliero max 35 volte/anno

Valore Limite annuale: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



PM10 VALORE LIMITE ANNUALE : RISPETTATO IN TUTTE LE STAZIONI

Tutte le stazioni misurano una media annuale inferiore al Valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; le stazioni da traffico di Giardini e San Francesco sono quelle con valori più alti pari a 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dall'anno 2013 il Valore Limite Annuale fissato a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ viene rispettato da tutte le stazioni.

Il trend delle medie annuali mostra complessivamente una diminuzione, particolarmente marcata in anni dove la meteorologia è risultata più favorevole (2013, 2014 e 2016).



PM10 VALORE LIMITE GIORNALIERO: RISPETTATO IN 2 STAZIONI SU 6

I superamenti del Valore Limite giornaliero sono maggiori dei 35 consentiti in 4 stazioni su 6, le stazioni che rispettano completamente i limiti imposti dalla normativa sono Parco Edilcarani a Sassuolo (stazione di fondo urbano) e Gavello a Mirandola (stazione di fondo rurale).

Il trend del numero di superamenti risulta complessivamente in calo, particolarmente marcato negli anni 2013-2014-2016-2018.

Polveri PM_{2,5}

Valore Limite annuale: 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



PM_{2,5} VALORE LIMITE ANNUALE : RISPETTATO IN TUTTE LE STAZIONI

Il valore limite per la concentrazione media annuale di PM_{2,5} (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) è stato rispettato in tutte le stazioni di misura.

La natura prevalentemente secondaria di questo inquinante, quindi la sua elevata diffusione spaziale, si traduce in concentrazioni generalmente omogenee in tutte le stazioni situate nella zona di pianura, anche se collocate in aree diverse e lontane fra loro.

Il trend delle medie annuali delle stazioni della RRQA dal 2012 fino al 2021 mostra complessivamente una diminuzione delle concentrazioni, particolarmente marcata nel 2014 e 2016.

Metalli

Arsenico: Valore Obiettivo (media annua): 6,0 ng/m^3

Cadmio: Valore Obiettivo (media annua): 5,0 ng/m^3

Nichel: Valore Obiettivo (media annua): 20,0 ng/m^3

Piombo: Valore Limite (media annua): 500 ng/m^3



Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo Valore Obiettivo o Valore Limite : RISPETTATO

Come indicato dal D.Lgs. 155/10 i metalli sono stati ricercati sul particolato PM10; la stazione di monitoraggio è quella di Parco Ferrari (tipologia fondo urbano) a Modena.

Per tutti i metalli ricercati le concentrazioni medie annuali rilevate sono risultate ampiamente al di sotto dei valori di riferimento normativi.

Se si analizza il trend delle medie annuali dal 2012 al 2021 della stazione di Parco Ferrari, si può notare un calo evidente per cadmio e piombo, una diminuzione più contenuta per arsenico, mentre si rileva una sostanziale stabilità per il nichel.

Benzo (a) pirene

Valore Obiettivo media annua: 1,0 ng/m³



Benzo(a) pirene Valore Obiettivo: RISPETTATO

Come indicato dal D.Lgs. 155/10 il benzo(a) pirene è stato ricercato sul particolato PM10; la stazione di monitoraggio è quella di Parco Ferrari (tipologia fondo urbano) a Modena.

La concentrazione media annuale risulta ampiamente al di sotto dei valori di riferimento normativi (1,0 ng/m³).

Nel periodo dal 2012 al 2021 i dati risultano in lieve calo.

Ozono O₃

Protezione della salute umana

Soglia di Informazione: 180 µg/m³ (media oraria)

Soglia di Allarme: 240 µg/m³ (media oraria da non superare per più di 3 ore consecutive)

Valore Obiettivo: 120 µg/m³ (massimo giornaliero della media mobile su 8 ore da non superare più di 25 volte/anno civile come media su tre anni)

Protezione della vegetazione

Valore Obiettivo: 18000 µg/m³*h (AOT40* : calcolata sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio) come media su 5 anni

*Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le ore 8:00 e le 20:00 nel periodo maggio-luglio



OZONO, SOGLIA DI INFORMAZIONE ALLA POPOLAZIONE: RISPETTATA

La soglia di informazione alla popolazione (concentrazione media oraria = 180 µg/m³) nel 2021 non è stata superata.



SOGLIA DI ALLARME: RISPETTATA

Nel 2021 in tutte le stazioni non risulta mai superata la Soglia di Allarme di 240 µg/m³.



OZONO, CRITICO IL NUMERO DI SUPERAMENTI DELL'OBIETTIVO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Il numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (media massima giornaliera calcolata su 8 ore superiore a 120 µg/m³) dell'ozono nel 2021 continua a essere critico, essendo stato superato in gran parte delle stazioni più del doppio dei giorni consentiti (25 superamenti).



PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE: PERMANE LA CRITICITÀ

La valutazione di questo indicatore, come indicato dal D.Lgs. 155/10, è limitata alle stazioni di fondo suburbano e rurale, quindi nel calcolo sono state considerate solo le stazioni di Carpi e Mirandola.

I dati sono ancora alti e lontani dal valore di 18000 µg/m³*h, indicato dalla normativa per la protezione della vegetazione, a conferma della criticità che ancora esiste per questo inquinante.

Biossido di azoto NO₂

Valore Limite orario: 200 µg/m³ numero di superamenti max 18 volte/anno

Valore Limite annuale: 40 µg/m³

Soglia di Allarme: 400 µg/m³ (media oraria misurata per 3 ore consecutive)



VALORE LIMITE ANNUALE : RISPETTATO IN TUTTE LE STAZIONI

Nel 2021, le concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) in tutte le stazioni hanno rispettato il valore limite annuale.

Il Valore Limite Annuale fissato a 40 µg/m³ risulta da diversi anni rispettato dalle stazioni di fondo e nel 2020 e 2021 anche dalle stazioni da traffico di Giardini a Modena e San Francesco a Fiorano, dove comunque questo indicatore risulta ancora critico. Il trend delle medie annuali delle stazioni della rete regionale dal 2012 fino al 2020 mostra complessivamente una diminuzione delle concentrazioni, particolarmente marcata dal 2017.

Il numero di superamenti del livello orario per la protezione per la salute umana di 200 µg/m³ (da non superare per più di 18 ore/anno) non risulta da tempo superato in nessuna stazione.

Il Biossido di Azoto si configura come un inquinante critico più per i livelli medi, che per gli episodi acuti, ed è necessario mantenere sotto attento controllo questo inquinante, anche in considerazione del fatto che si tratta di un precursore sia di polveri che di O₃.

Benzene

Valore Limite annuale: 5 µg/m³



BENZENE VALORE LIMITE ANNUALE : RISPETTATO

I dati di benzene degli ultimi anni confermano che questo inquinante ha raggiunto livelli molto bassi fino a un quinto del limite, quindi non rappresenta una criticità.

Nel periodo dal 2012 al 2021 i dati risultano in lievissimo calo.

Visto che il benzene viene misurato nelle stazioni da traffico, laddove cioè si verificano picchi di inquinamento, si può ritenere che in generale vi sia complessivamente il rispetto del limite su area vasta.

IQA Indice sintetico della qualità dell'aria

Inquinante	Indicatore di riferimento	Valore
PM10	Media giornaliera	50 µg/m ³
O ₃	Valore massimo della media mobile su 8 ore	120 µg/m ³
NO ₂	Valore massimo orario	200 µg/m ³

Nel 2021, l'aria è risultata "Buona" o "Accettabile" complessivamente in 263 giornate, corrispondenti a circa il 72% dell'anno. Per il restante periodo, 102 giornate (28%), la qualità dell'aria è risultata "Mediocre" o "Scadente", situazione determinata dal superamento di uno dei limiti sopra indicati.

Nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre e dicembre, il valore dell'indice sintetico, scelto come valore del sottoindice peggiore, è determinato dai livelli di PM10, inquinante critico invernale.

Nei mesi di maggio, giugno, luglio, agosto e settembre, il valore dell'indice sintetico è determinato dai livelli di O₃, inquinante critico estivo.

I mesi con la migliore qualità dell'aria sono stati marzo, aprile, maggio e novembre.

In primavera la circolazione delle masse d'aria favorisce la diffusione degli inquinanti e la temperatura, insieme all'irraggiamento solare, non ha ancora raggiunto i livelli estivi, quindi in questo periodo la maggior parte delle giornate (84%) risulta di qualità "Buona" o "Accettabile", solo in 15 giornate è risultata "Mediocre".

La situazione in dettaglio

In seguito viene presentata la qualità dell'aria a Modena, documentata attraverso l'utilizzo di serie pluriennali di dati, considerando sia lo stato di qualità dell'aria, in quanto tale, che le pressioni esercitate dall'uomo su tale matrice.

Gli inquinanti che verranno descritti nei capitoli successivi sono quelli indicati nel DLgs 155 del 2010: polveri PM10 e PM2.5, metalli (nichel, arsenico, cadmio e piombo), benzo-a- pirene, ozono, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio.

L'analisi di ciascun inquinante prevede la presentazione tabellare dei dati, la rappresentazione tramite grafici box-plot, il confronto con i valori limite, l'andamento delle medie mensili, dei dati giornalieri, la settimana tipica e il giorno tipico (solo per gli inquinanti che misurano dati con frequenza oraria).

Le stazioni di Giardini e Parco Ferrari sono prese come riferimento per visualizzare l'andamento degli inquinanti attraverso linee di tendenza visualizzate nei grafici dei trend, così da fornire una indicazione dell'andamento dei vari parametri negli anni, sia in un contesto che risente della fonte traffico (Giardini) che in un contesto che non risente prioritariamente di una singola fonte di emissione specifica (Parco Ferrari).

Polveri PM10

Il materiale particolato aerodisperso è un insieme eterogeneo di sostanze di diversa natura, particelle solide e liquide sospese in aria ambiente. È pertanto caratterizzato da una grande varietà di caratteristiche fisiche, chimiche, geometriche e morfologiche. Il termine PM10 identifica le particelle di diametro aerodinamico uguale o inferiore ai 10 µm. Con PM2,5 si intende invece la frazione fine del particolato con particelle aventi diametro aerodinamico uguale o inferiore a 2,5 µm.

Solo una parte dell'inquinamento da polveri è di origine primaria, ossia dovuta ai soli processi di trasporto e diffusione di polveri direttamente emesse dalle varie sorgenti inquinanti, mentre la parte più consistente (circa il 70%) è di origine secondaria, ovvero dovuta ai processi chimico-fisici che avvengono in atmosfera a partire dai precursori (NH₃, NO_x, SO₂, COV) emessi da trasporti, agricoltura, impianti per il riscaldamento domestico e dal comparto industriale (vedi Quadro conoscitivo Piano Aria Integrato Regionale 2020).

Limiti di legge

D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

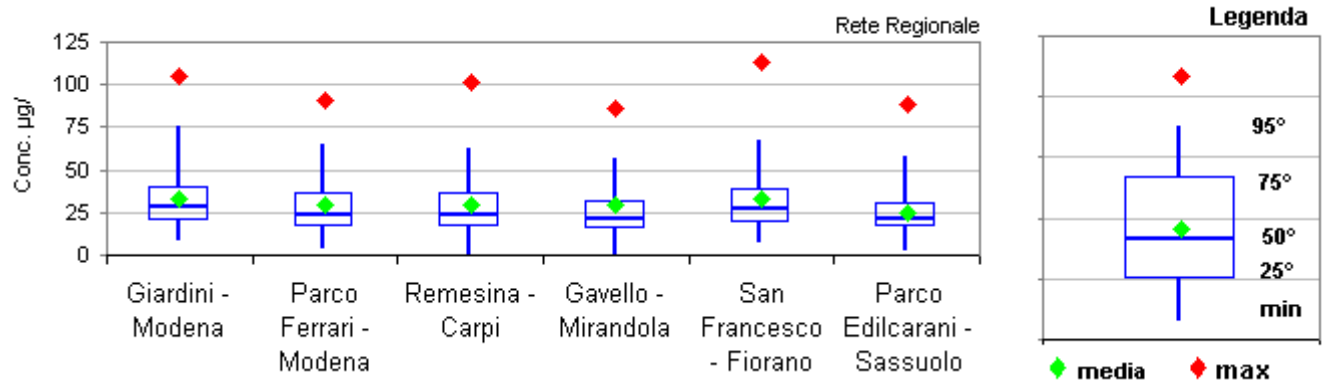
Valore Limite giornaliero (da non superare più di 35 volte/anno)	media giornaliera	50 µg/m ³
Valore Limite annuale	media annuale	40 µg/m ³

Analisi dei dati

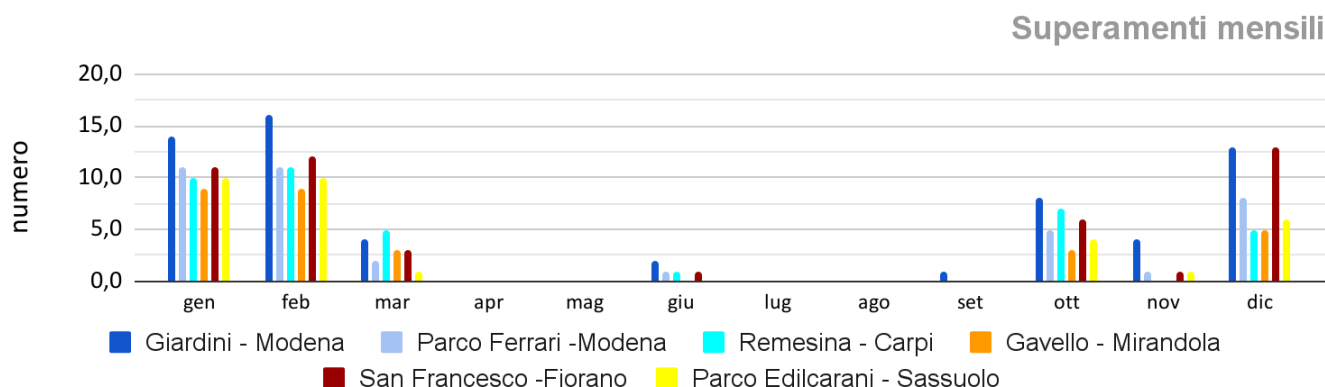
STAZIONI	Comune	zona	tipo	Concentrazioni (µg/m³)								
				Dati Validi (%)	Min	Max	25°	50°	75°	95°	Media Annuale	N° Sup Media giornaliera
■ Giardini	Modena	🏠	🚗	99	10	105	20	28	41	75	33	62
■ Parco Ferrari	Modena	🏠	🌳	97	5	91	17	24	37	65	29	39
■ Remesina	Carpi	🏠	🌳	97	<3	101	17	23	36	62	28	39
■ Gavello	Mirandola	🌳	🌳	97	<3	86	15	21	32	57	25	29
■ San Francesco	Fiorano	🏠	🚗	95	8	113	19	27	39	68	32	47
■ Parco Edilcarani	Sassuolo	🏠	🌳	98	4	89	16	21	31	58	26	32
■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite												

Tutte le stazioni misurano una media annuale inferiore al Valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$; le stazioni da traffico di Giardini e San Francesco sono quelle con valori più alti $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I superamenti del Valore Limite giornaliero sono maggiori dei 35 consentiti in 4 stazioni su 6, le stazioni che rispettano completamente i limiti imposti dalla normativa sono Parco Edilcarani a Sassuolo (stazione di fondo urbano) e Gavello a Mirandola (stazione di fondo rurale).



Superamenti del Valore Limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

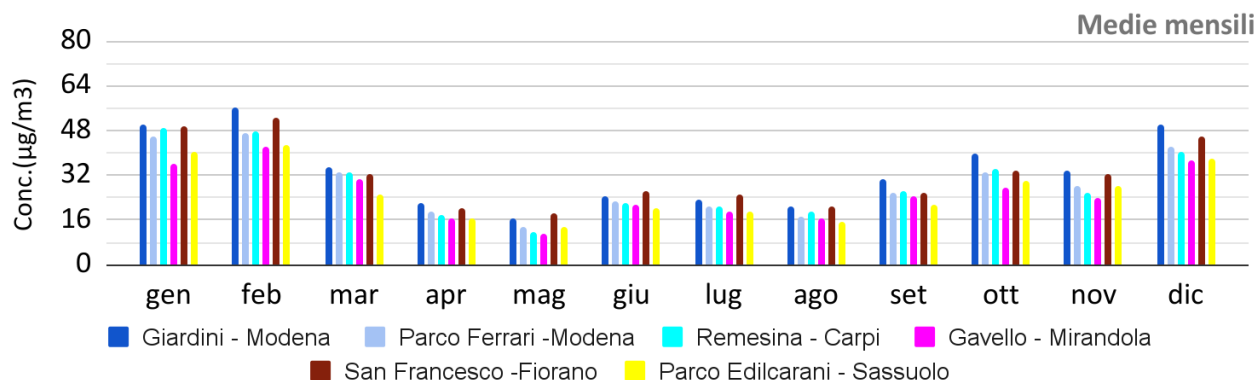


I superamenti del Valore Limite Giornaliero fissato a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si concentrano nella stagione invernale, il mese con il maggior numero di superamenti è febbraio che presenta in media 12 superamenti, segue gennaio con 11 e

dicembre con 8: in particolare nel mese di febbraio la stazione peggiore della Rete Regionale è risultata essere Giardini con 16 superamenti.

Se confrontiamo i dati misurati nella zona pedecollinare con quelli della zona di pianura, si può notare che quest'ultima presenta maggiori criticità rispetto alla zona a sud; in particolare, nella stazione da traffico di Giardini sono stati registrati 62 giorni di superamento, contro i 47 giorni di San Francesco, differenza che si presenta in modo meno marcato anche nelle due stazioni di fondo urbano (Parco Ferrari 39 e Parco Edilcarani 32).

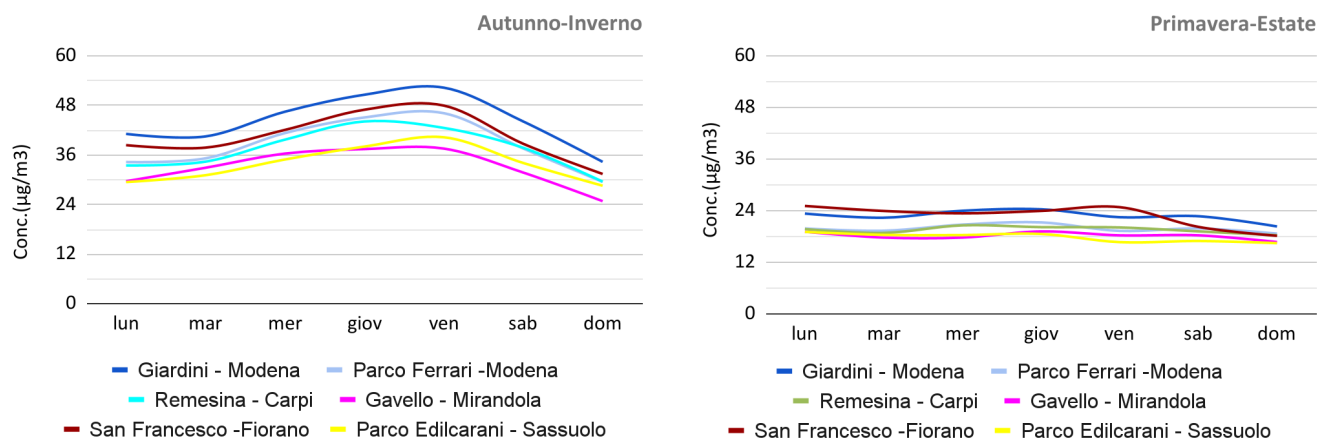
Andamento medie mensili



Come per i superamenti emerge che i mesi maggiormente critici sono quelli invernali caratterizzati da elevata stabilità atmosferica, spesso inversione termica in quota, e da scarsa ventilazione: in questa situazione meteorologica si crea nei livelli atmosferici più bassi un unico strato di inquinamento diffuso e uniforme, dove la dispersione degli inquinanti emessi è fortemente limitata. Questo può determinare un marcato aumento delle concentrazioni che possono raggiungere valori molto elevati, anche a causa della formazione di particolato secondario per la trasformazione chimico-fisica degli inquinanti primari.

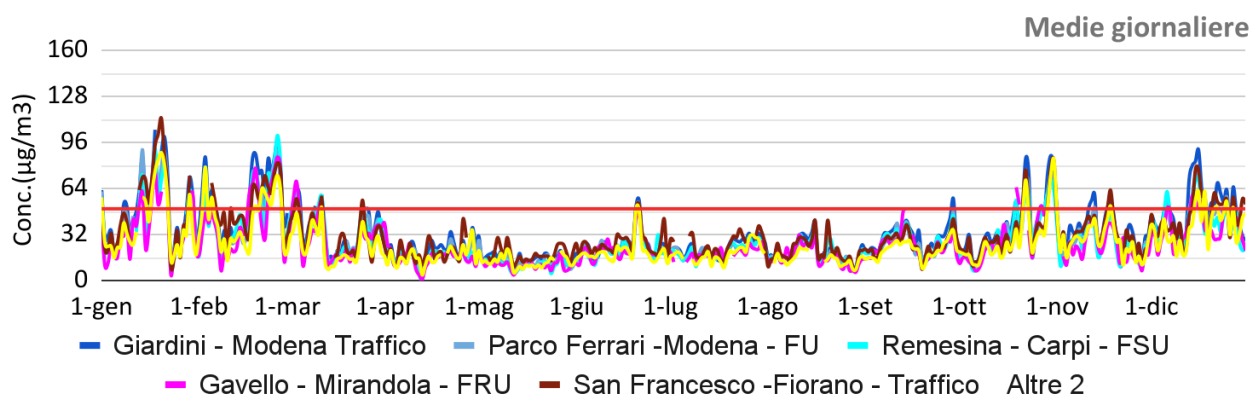
Le concentrazioni più alte di polveri PM10 sono state misurate nei mesi di febbraio e gennaio con una media provinciale rispettivamente di 48 e 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Settimana tipo



La settimana tipo nel periodo invernale mostra una lieve aumento dal lunedì al venerdì, per poi diminuire la domenica, mentre nel periodo estivo non si evidenziano variazioni rilevanti.

Dati Giornalieri



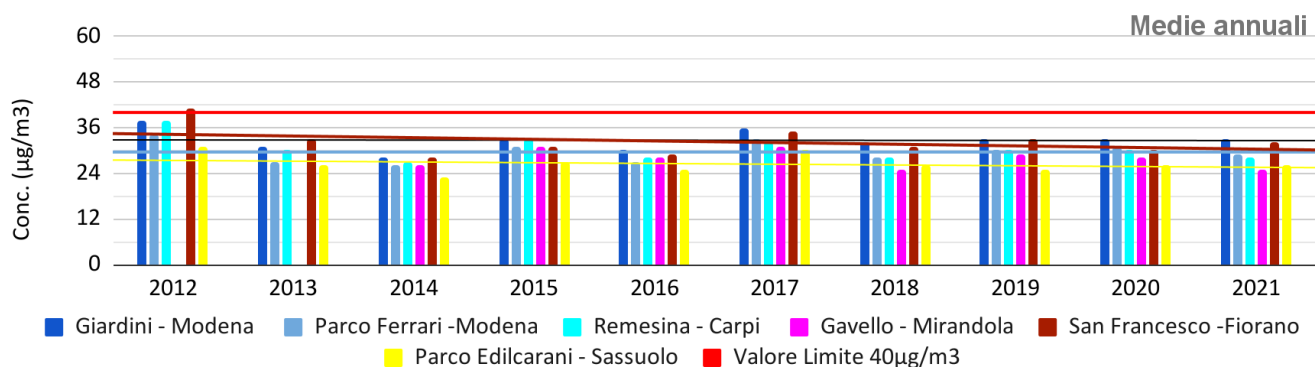
Il massimo valore dell'anno misurato dalla rete di Modena è stato quello di San Francesco il giorno 20 gennaio con un dato pari a 113 µg/m³.

Trend

Medie annuali

STAZIONI	Comune	Zona	Tipo	Concentrazioni (µg/m³)									
				Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021
■ Giardini	Modena			38	31	28	33	30	36	32	33	33	33
■ Parco Ferrari	Modena			34	27	26	31	27	33	28	30	31	29
■ Remesina	Carpi			38	30	27	33	28	32	28	30	30	28
■ Gavello	Mirandola					26	31	28	31	25	29	28	25
■ San Francesco	Fiorano			41	33	28	31	29	35	31	33	30	32
■ Parco Edilcarani	Sassuolo			31	26	23	27	25	30	26	25	26	26

■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite



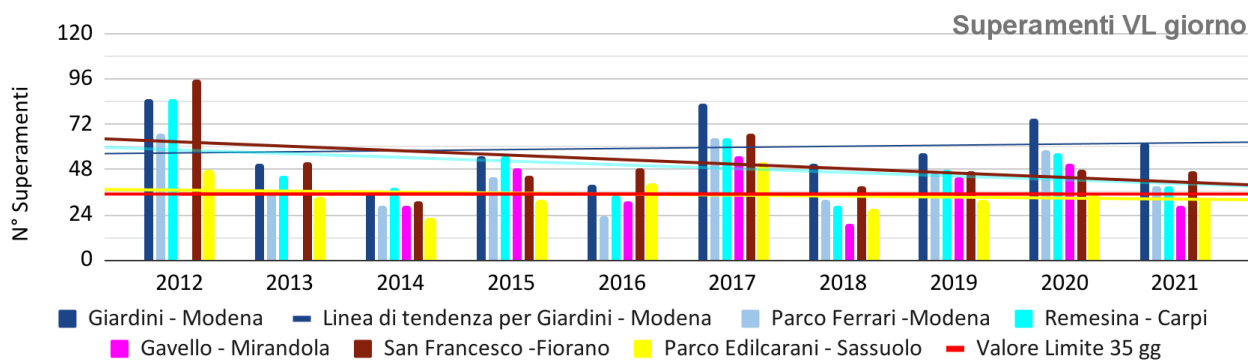
Dall'anno 2013 il Valore Limite Annuale fissato a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ viene rispettato da tutte le stazioni.

Il trend delle medie annuali mostra complessivamente una lieve diminuzione, che è particolarmente marcata in anni dove la meteorologia è risultata più favorevole (2013, 2014 e 2016): se si confrontano i dati del 2012 con quelli del 2021 il calo percentuale risulta essere del 18%.

Superamenti

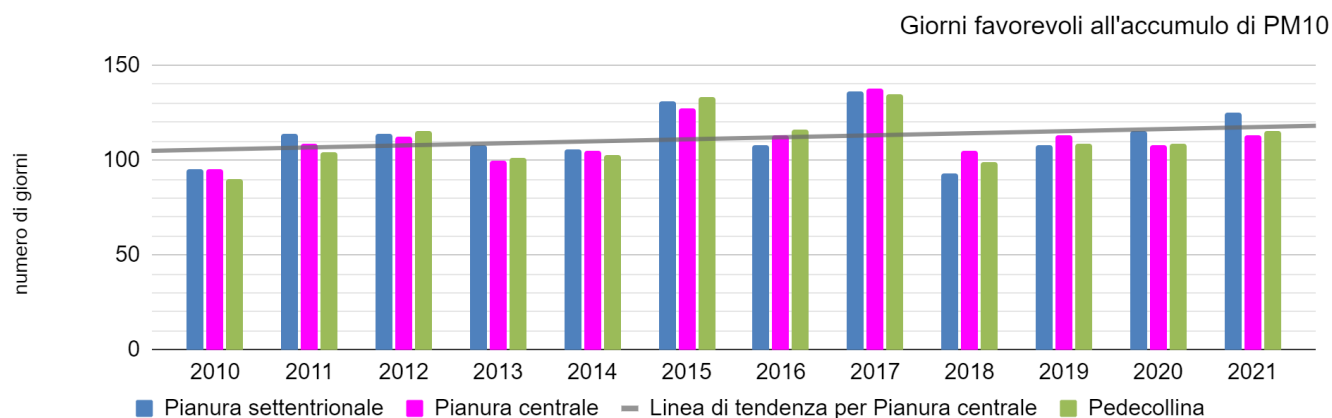
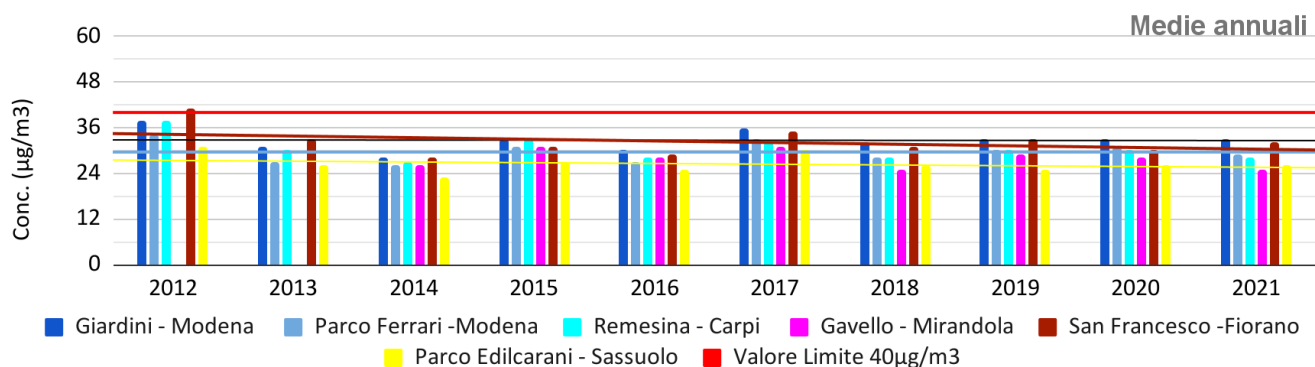
STAZIONI	Comune	Zona	Tipo	Numero di superamenti del Valore Limite giornaliero									
				Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021
■ Giardini	Modena	■	■	85	51	36	55	40	83	51	58	75	62
■ Parco Ferrari	Modena	■	■	67	37	29	44	23	65	32	47	58	39
■ Remesina	Carpi	■	■	85	45	38	55	34	65	29	49	57	39
■ Gavello	Mirandola	■	■			29	49	31	55	19	45	51	29
■ San Francesco	Fiorano	■	■	96	52	31	45	49	67	39	48	48	47
■ Parco Edilcarani	Sassuolo	■	■	47	33	22	31	40	51	26	32	34	32

■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite



Il trend del numero di superamenti risulta complessivamente in calo, particolarmente marcato negli anni 2013-2014-2016-2018: se si confrontano i dati del 2012 con quelli del 2021 il calo percentuale risulta essere del mediamente del 41%.

Confronto Giorni critici e medie annuali PM10



Il numero di giorni critici (giornate favorevoli all'accumulo di PM10, vedi allegato Meteo 2021 pag.12) varia da un minimo di 93 del 2018 ad un massimo di 138 del 2017 e 133 del 2015, con un numero medio di 113 gg pari al 64% delle giornate del semestre invernale (ottobre-marzo). Il trend è in lieve aumento a causa degli anni 2015 e 2017 che presentano un numero più elevato di giorni favorevoli all'accumulo. Dopo un lieve decremento che si è registrato nel 2018, negli ultimi tre anni si è assistito ad un aumento del numero dei giorni favorevoli all'accumulo di PM10.

Se si confrontano i trend si nota che sebbene quello dei giorni sfavorevoli alla diffusione degli inquinanti sia in lieve aumento, il trend delle medie annuali e dei superamenti è in calo, e questo disaccoppiamento è un primo segnale che fa ipotizzare che le misure messe in campo per limitare l'inquinamento atmosferico in questi ultimi 10 anni stiano dando i primi risultati positivi.

Particolato PM2,5

Per particolato fine si intendono tutte le particelle solide o liquide sospese nell'aria con dimensioni microscopiche e quindi respirabili. Il PM2,5 è definito come il materiale particolato con un diametro aerodinamico medio inferiore a 2.5 micron ($1\text{ }\mu\text{m} = 1\text{ millesimo di millimetro}$). Esso è originato sia per emissione diretta (particelle primarie), che per reazioni nell'atmosfera di composti chimici quali ossidi di azoto e zolfo, ammoniaca e composti organici (particelle secondarie).










Le sorgenti del particolato possono essere antropiche e naturali. Le fonti antropiche sono riconducibili principalmente ai processi di combustione quali: emissioni da traffico veicolare, utilizzo di combustibili (carbone, combustibili liquidi, legno, rifiuti, rifi ti agricoli), emissioni industriali (cementifici, fonderie, miniere). Le fonti naturali, invece, sono principalmente aerosol marino, suolo risollevato e trasportato dal vento, etc.

Limiti di legge

D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

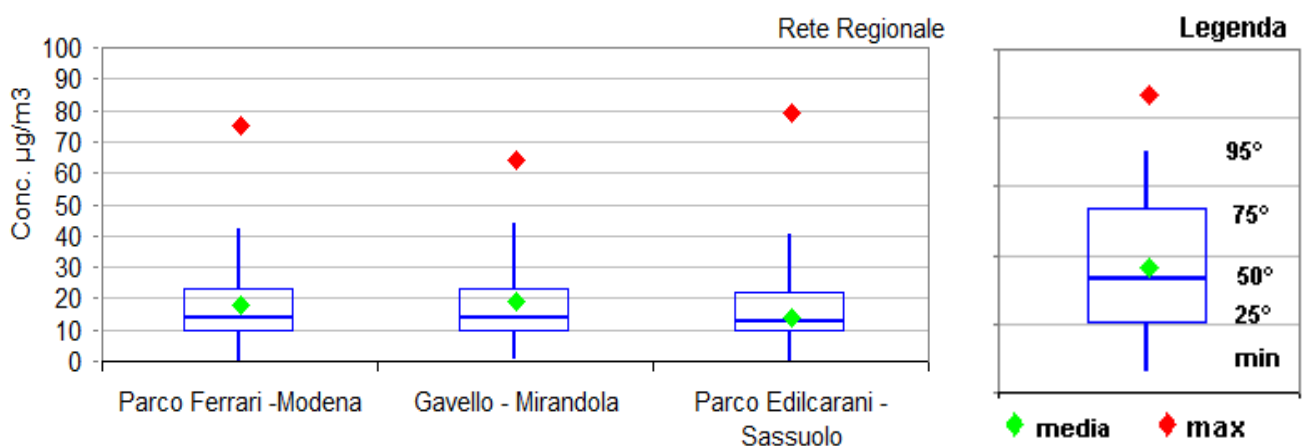
Valore Limite annuale	media annuale	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
-----------------------	---------------	-----------------------------

Analisi dei dati

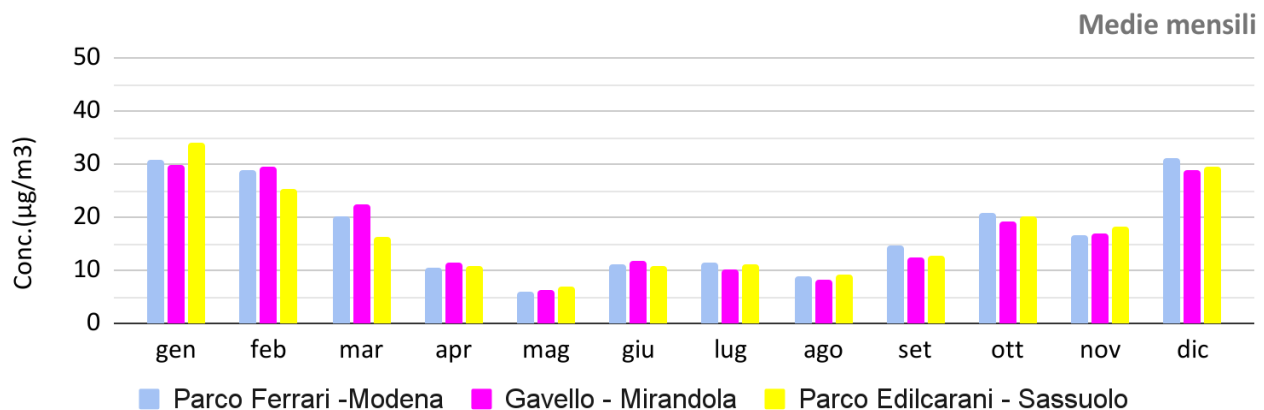
STAZIONI	Comune	zona	tipo	Concentrazioni (µg/m³)							
				Dati Validi (%)	Min	Max	25°	50°	75°	95°	Media Annuale
 Parco Ferrari	Modena			98	<3	75	9	14	23	42	18
 Gavello	Mirandola			99	<3	64	9	14	23	44	17
 Parco Edilcarani	Sassuolo			96	<3	79	9	13	22	41	17
<div><div></div> ≤ Valore Limite</div> <div><div></div> > Valore Limite</div>											

Tutte le stazioni rispettano il Valore Limite annuale di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

I dati misurati nell'intero territorio provinciale sono molto simili tra loro a conferma della natura prevalentemente secondaria di questo inquinante, quindi della sua elevata diffusione spaziale.



Andamento medie mensili

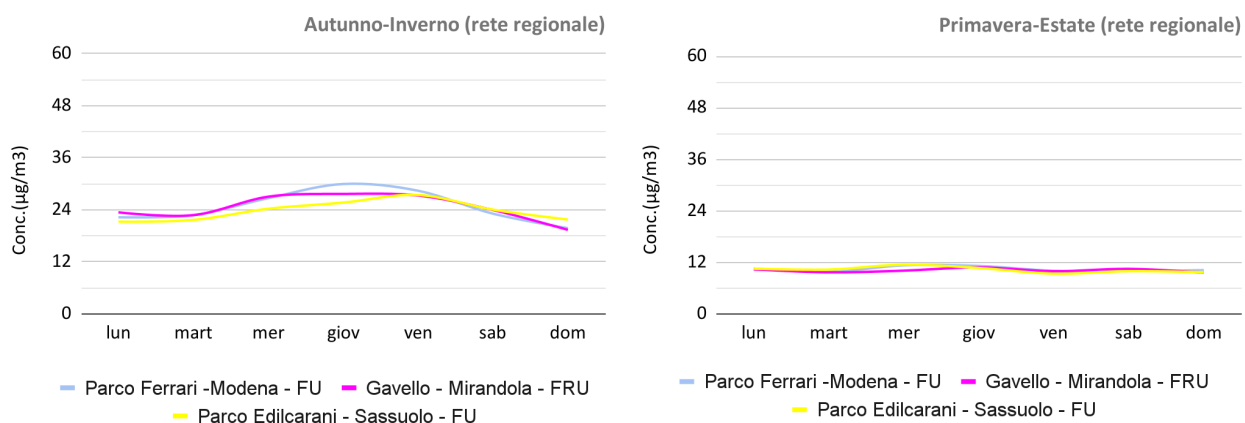


Come già osservato per le polveri PM10 anche le polveri PM2,5 risultano più elevate nella stagione autunnale/invernale rispetto a quella estiva quando il maggior rimescolamento dell'atmosfera favorisce la dispersione degli inquinanti;

Il mese più critico è stato gennaio che ha registrato una media complessiva di tutte le stazioni pari a $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

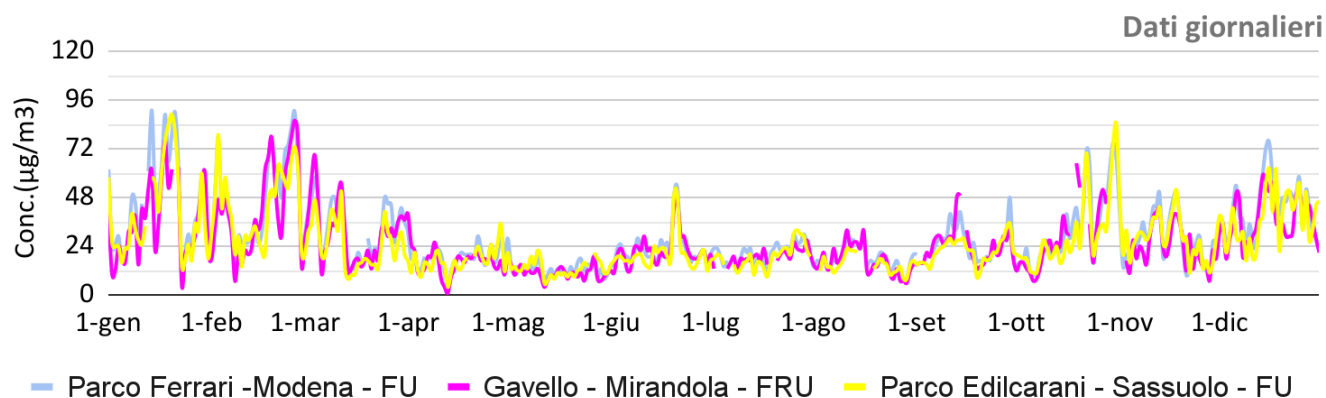
La natura prevalentemente secondaria di questo inquinante, quindi la sua elevata diffusione spaziale, si traduce in concentrazioni generalmente omogenee in tutte le stazioni situate nella zona di pianura sia della rete regionale che locale; la stazione di Parco Edilcarani a Sassuolo presenta valori lievemente più bassi rispetto alle altre stazioni, probabilmente grazie al miglior rimescolamento della zona pedecollinare

Settimana Tipo



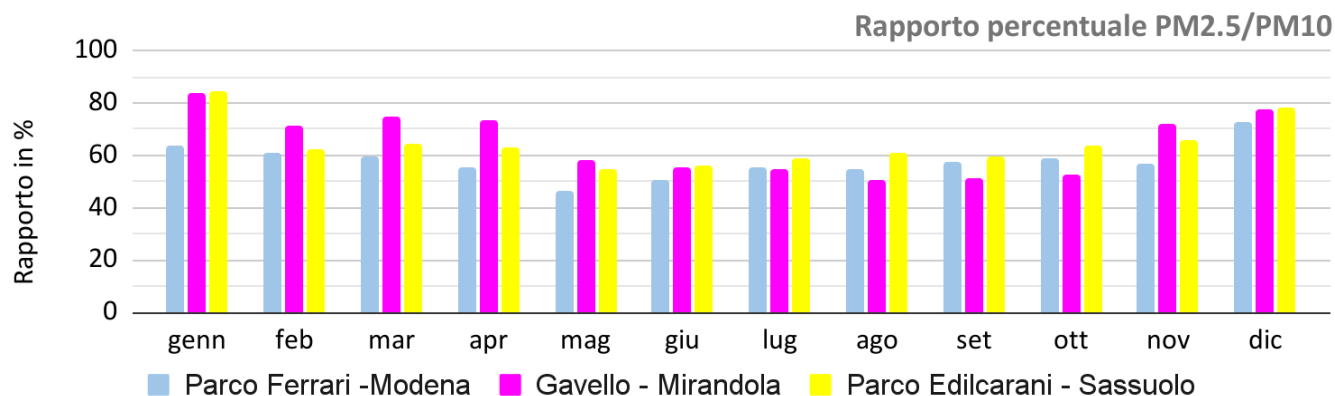
La settimana tipo nel periodo invernale mostra una lieve aumento durante la settimana, per poi ritornare ai valori di lunedì nella giornata della domenica.

Dati Giornalieri



Il massimo valore dell'anno delle stazioni RRQA è stato misurato a Parco Edilcarani a Sassuolo il 20 gennaio (79 µg/m³).

Rapporto PM2.5/PM10



Dall'osservazione del rapporto tra i dati di PM_{2,5} e PM₁₀ misurati nella stessa stazione emergono variazioni nei diversi mesi dell'anno; in particolare nella stagione invernale tale rapporto è più elevato (68%) mentre nella stagione estiva appare più contenuto (55%).

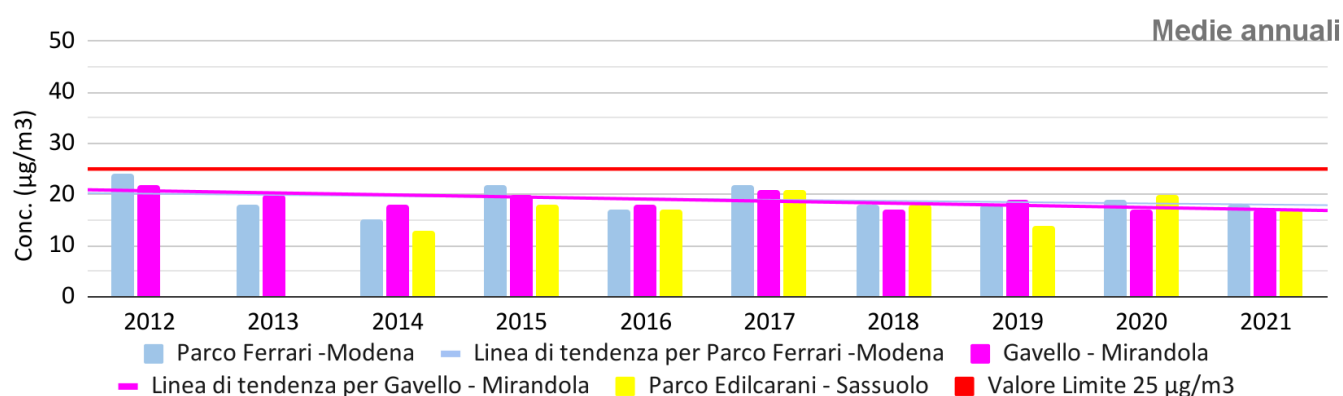
Dall'osservazione dei dati emerge inoltre che le stazioni che presentano una percentuale più elevata di polveri PM_{2,5} rispetto al dato di PM₁₀ sono quella di fondo rurale di Gavello a Mirandola per la Rete Regionale (65%), simile a quella della stazione di Parco Edilcarani a Sassuolo (64%) mentre inferiore quella di Parco Ferrari a Modena (58%).

Trend

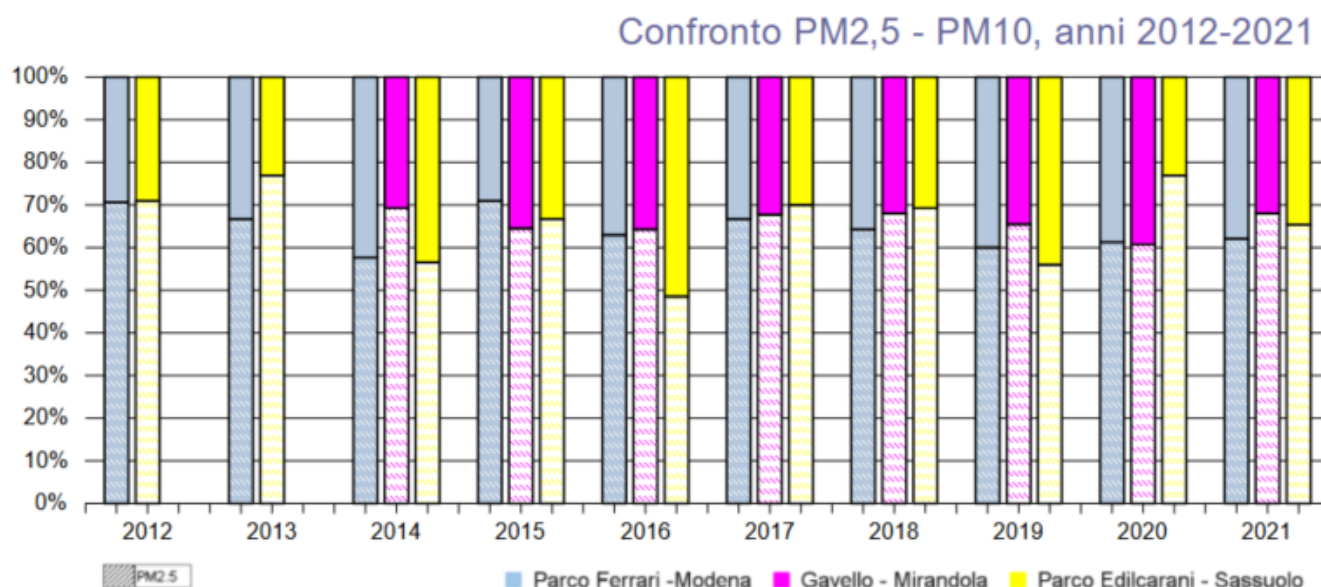
Medie annuali

STAZIONI	Comune	zon a	Tip o	Concentrazioni (µg/m³)									
				Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021
Parco Ferrari	Modena			24	18	15	22	17	22	18	18	19	18
Gavello	Mirandola			22	20	18	20	18	21	17	19	17	17
Parco Edilcarani	Sassuolo					13	18	17	21	18	14	20	17

■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite



Il trend delle medie annuali delle stazioni della RRQA dal 2012 fino al 2021 mostra complessivamente una diminuzione delle concentrazioni particolarmente marcata soprattutto nel 2014 e 2016: se si confrontano i dati del 2012 con quelli del 2021 il calo percentuale risulta essere del 24%,.



Dal grafico sopra, che riporta un confronto del PM10 e del PM2.5 negli anni, si osserva che in tutte le centraline la frazione “fine” del PM10 (cioè quella inferiore a 2,5 micron) costituisce la frazione preponderante, contribuendo, in termini di massa, ad oltre il 60% della massa totale del PM10. Il rapporto tra le due frazioni dimensionali è maggiore in inverno in virtù delle maggiori emissioni di particolato fine derivante sia da processi di combustione (es. riscaldamento domestico) che da processi di formazione di particolato secondario, favoriti proprio in inverno dalle particolari condizioni meteo climatiche (stabilità atmosferica persistente).

Metalli: nichel, arsenico, cadmio e piombo

I metalli sono costituenti naturali della crosta terrestre. In atmosfera si trovano essenzialmente associati al particolato e spesso sono presenti a seguito di emissioni provenienti da diversi tipi di attività industriali. Tra i metalli oggetto di monitoraggio per la qualità dell'aria, quelli normati sono: il nichel (Ni), il cadmio (Cd), l'arsenico (As) e il piombo (Pb).

Nichel, cadmio e arsenico rivestono particolare rilevanza igienico-sanitaria, data la loro accertata cancerogenicità, secondo la classificazione dell'Agenzia internazionale di ricerca sul cancro (IARC), in quanto classificati in categoria 1. Per il piombo è stato evidenziato un ampio spettro di effetti tossici, in quanto tale sostanza interferisce con numerosi sistemi enzimatici.

I metalli presenti nel particolato atmosferico provengono da una molteplice varietà di fonti: il cadmio si origina prevalentemente da processi industriali, il nichel proviene dalla combustione, le maggiori fonti antropogeniche dell'arsenico sono le attività estrattive, la fusione di metalli non ferrosi e la combustione di combustibili fossili; alle emissioni di piombo contribuisce ancora il traffico veicolare (nonostante l'impiego generalizzato della benzina verde da oltre 15 anni), nonché la combustione nei processi industriali.




Limiti di legge

D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

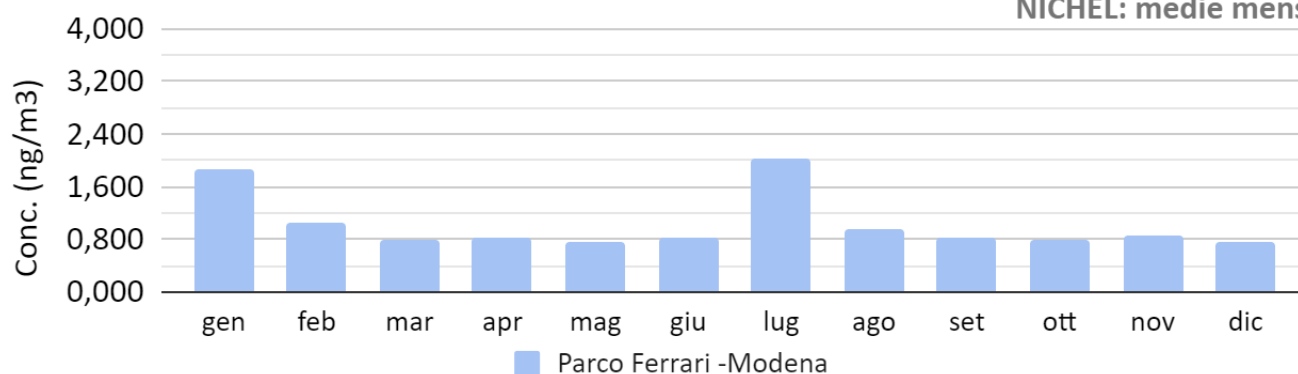
Nichel	Valore Obiettivo	media annuale	20 ng/m ³
Arsenico	Valore Obiettivo	media annuale	6 ng/m ³
Cadmio	Valore Obiettivo	media annuale	5 ng/m ³
Piombo	Valore Limite	media annuale	500 ng/m ³

Analisi dei dati

Nichel

STAZIONI	Comune	zona	Tipo	Concentrazioni (ng/m ³)			
				Dati Validi (%)	Min	Max	Media Annuale
 Parco Ferrari	Modena			100	0,772	2,021	1,029

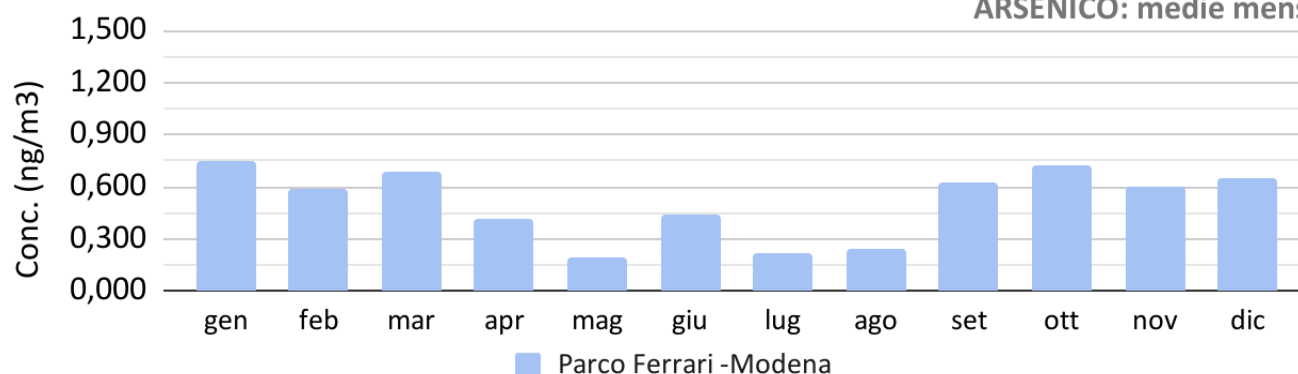
NICHEL: medie mensili



Arsenico

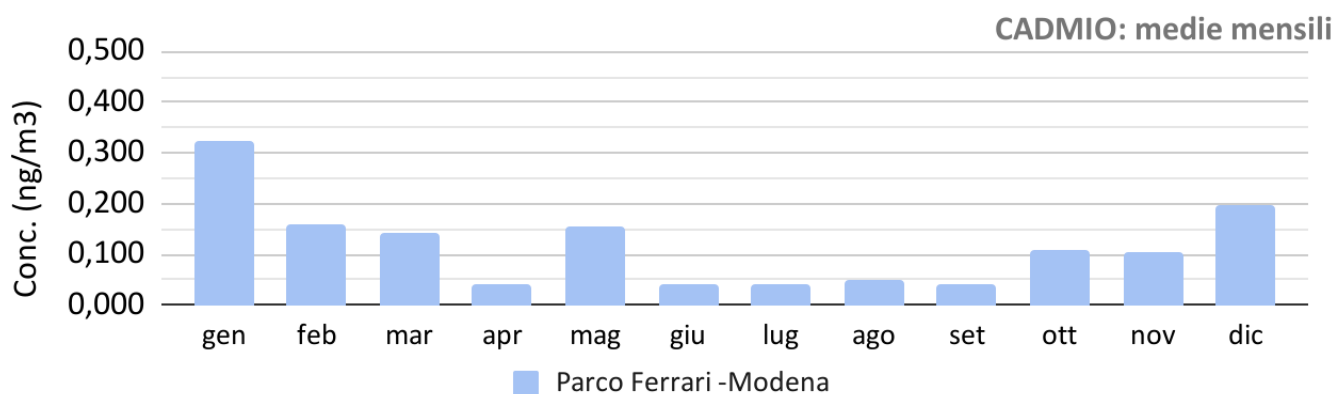
STAZIONI	Comune	Zona	Tipo	Concentrazioni (ng/m³)			
				Dati Validi (%)	Min	Max	Media Annuale
■ Parco Ferrari	Modena			100	0,193	0,75	0,510

ARSENICO: medie mensili



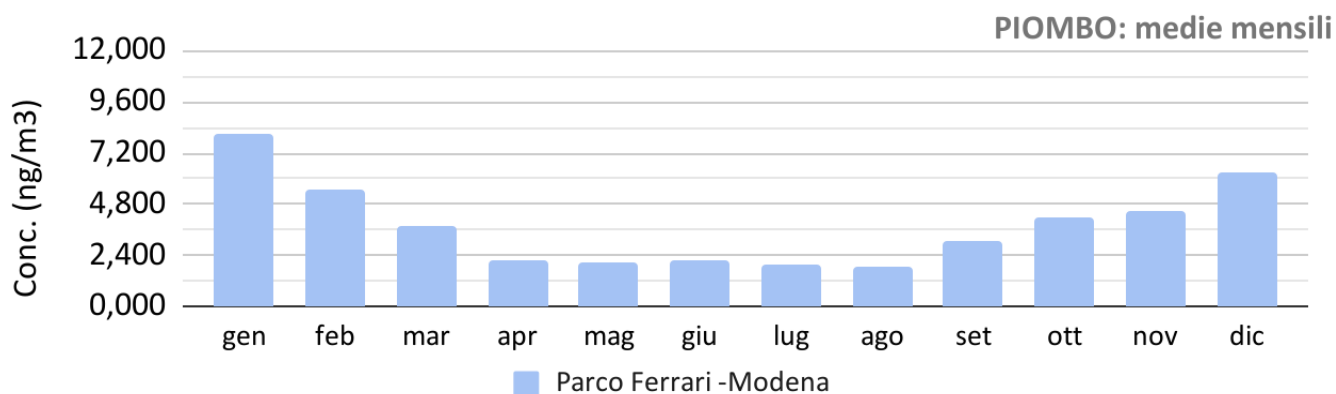
Cadmio

STAZIONI	Comune	Zona	Tipo	Concentrazioni (ng/m³)			
				Dati Validi (%)	Min	Max	Media Annuale
■ Parco Ferrari	Modena			100	0,041	0,325	0,117



Piombo

STAZIONI	Comune	Zona	Tipo	Concentrazioni (ng/m³)			
				Dati Validi (%)	Min	Max	Media Annuale
■ Parco Ferrari	Modena			100	1,89	8,066	3,812





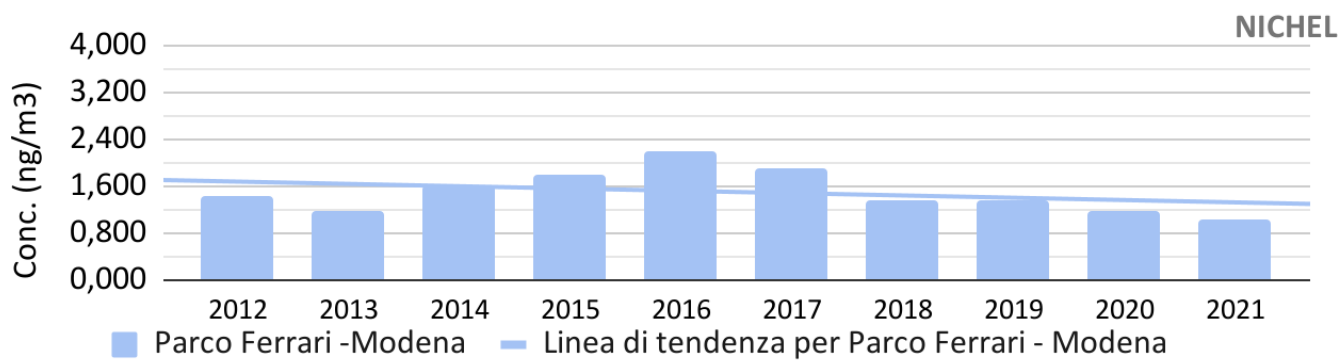
Arsenico, cadmio e piombo presentano medie mensili che seguono l'andamento delle polveri, con concentrazioni più alte nei mesi invernali, mentre il nichel non ha un andamento stagionale tipico.

Complessivamente sia le concentrazioni medie mensili che quelle annuali misurate, soprattutto per i piombo, risultano molto lontane dai limiti o valori obiettivo indicati dalla normativa, per cui questi inquinanti non risultano critici per quanto riguarda la qualità dell'aria.



Trend

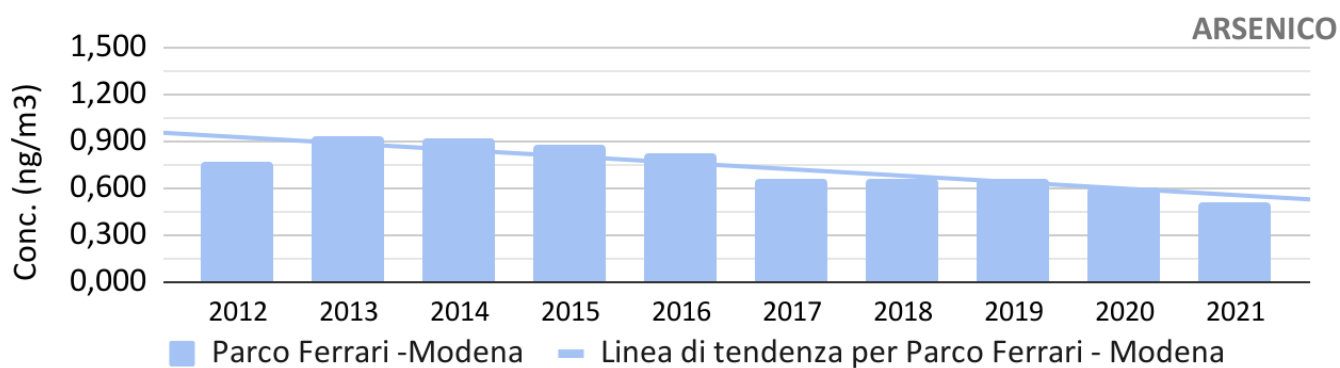
Nichel

STAZIONI	Comune	z o n a	T i p o	Concentrazioni (ng/m ³)										
				Dati Validi (%)	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021
Parco Ferrari	Modena			100	1,429	1,163	1,604	1,814	2,208	1,899	1,360	1,360	1,161	1,029
<div> <div></div> ≤ Valore Limite <div></div> > Valore Limite </div>														
Valore Obiettivo 20 ng/m ³														



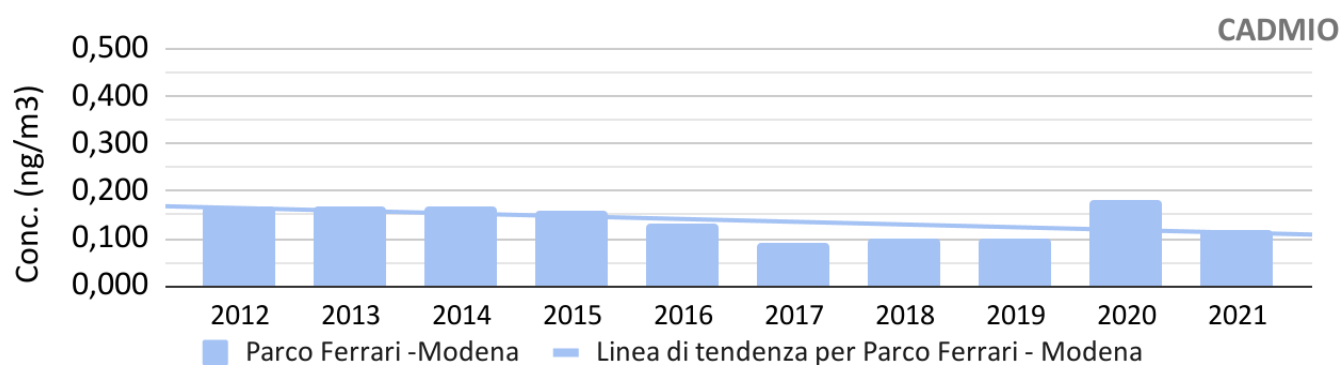
Arsenico

STAZIONI	Comune	z o n a	T i p o	Concentrazioni (ng/m ³)										
				Dati Validi (%)	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021
Parco Ferrari	Modena			100	0,771	0,929	0,927	0,883	0,826	0,659	0,658	0,658	0,604	0,510
<div> <div></div> ≤ Valore Limite <div></div> > Valore Limite </div>														
Valore Obiettivo 6 ng/m ³														



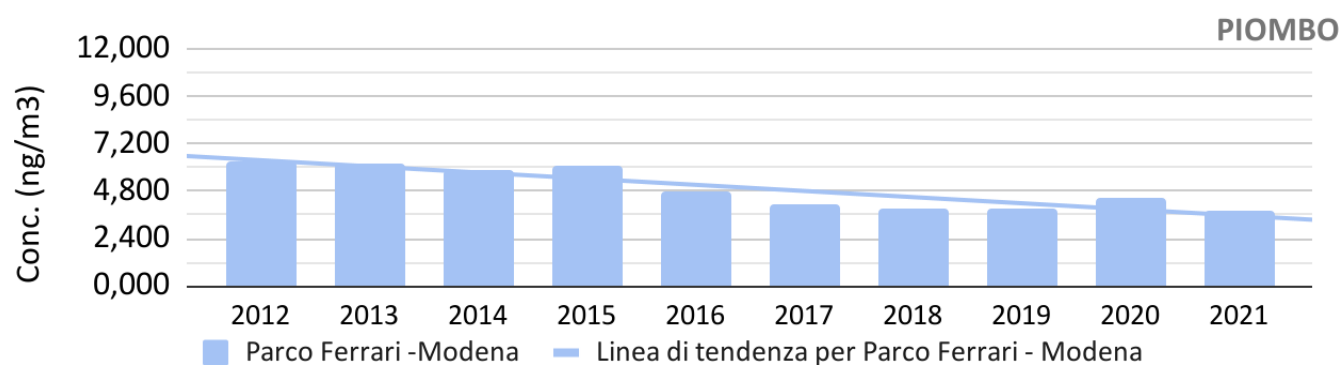
Cadmio

STAZIONI	Comune	Zona	Tipo	Concentrazioni (ng/m ³)											
				Dati Validi (%)	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021	
Parco Ferrari	Modena			100	0,170	0,168	0,168	0,160	0,130	0,093	0,099	0,099	0,181	0,117	
<div> <div></div> ≤ Valore Limite <div></div> > Valore Limite </div>															
Valore Obiettivo 5 ng/m3															



Piombo

STAZIONI	Comune	Zona	Tipo	Concentrazioni (ng/m ³)											
				Dati Validi (%)	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021	
Parco Ferrari	Modena			100	6,330	6,242	5,889	6,088	4,765	4,194	3,958	3,958	4,497	3,8127	
<div> <div></div> ≤ Valore Limite <div></div> > Valore Limite </div>															
Valore Obiettivo 500 ng/m3															



Se si analizza il trend delle medie annuali dal 2012 al 2021 della stazione di Parco Ferrari, si può notare un calo evidente per cadmio e piombo, una diminuzione più contenuta per arsenico, mentre si rileva una sostanziale stabilità per il nichel.

Benzo(a)pirene

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) costituiscono un numeroso gruppo di composti organici formati da uno o più anelli benzenici. In generale, si tratta di sostanze solide a temperatura ambiente, scarsamente solubili in acqua, degradabili in presenza di radiazione ultravioletta e altamente affini ai grassi presenti nei tessuti viventi.

Il composto più studiato e rilevato è il benzo(a)pirene, e presenta una struttura con cinque anelli aromatici condensati.

È una delle prime sostanze delle quali si è accertata la cancerogenicità ed è stata, quindi, utilizzata come indicatore dell'intera classe di composti policiclici aromatici: la IARC (IARC, 2012) ha classificato in particolare il benzo(a)pirene (B(a)P) come cancerogeno per l'uomo (categoria 1).

Gli idrocarburi policiclici aromatici sono contenuti nel carbone e nei prodotti petroliferi (particolarmente nel gasolio e negli oli combustibili), quindi si rilevano nelle emissioni degli autoveicoli (sia diesel, che benzina).



Una elevata quota delle emissioni di BaP proviene dalla combustione residenziale di biomassa solida. Il benzo(a)pirene viene emesso in atmosfera quasi totalmente adsorbito sul materiale particolato e la sua emissione risulta molto variabile a seconda del tipo di sorgente nonché del tipo e della qualità della combustione.

Limiti di legge

D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Valore Obiettivo	media annuale	1 ng/m ³
------------------	---------------	---------------------

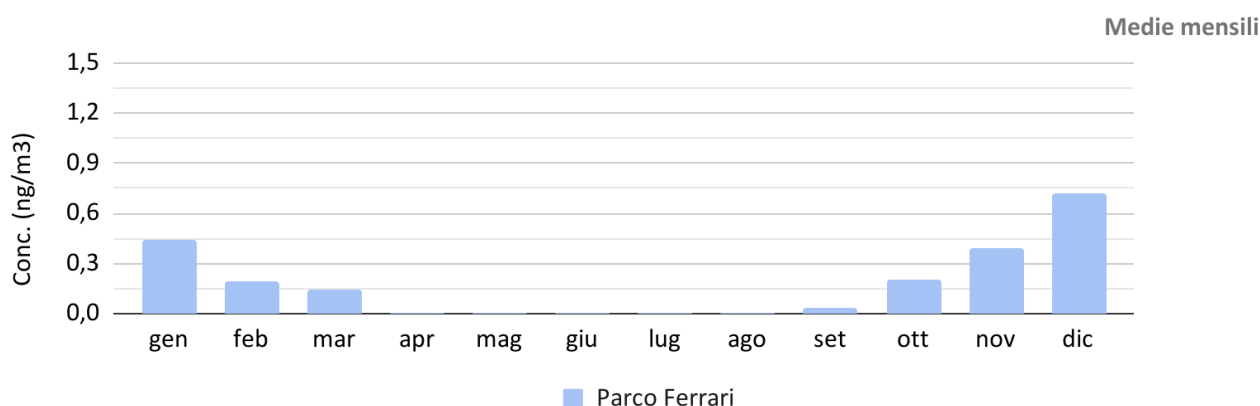
Analisi dati

STAZIONI	Comune	zona	Tipo	Dati validi (%)	Concentrazioni (ng/m ³)		Media annuale (ng/m ³)
					min	max	
■ Parco Ferrari	Modena			100	0,0029	0,7223	0,1791

■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

La media annuale è comunque ampiamente inferiore al Valore Obiettivo di 1 ng/m³.

Andamento medie mensili



Gli andamenti delle medie mensili di benzo(a)pirene presentano un andamento stagionale simile a quello delle polveri, più alte nei mesi invernali (da ottobre a marzo).

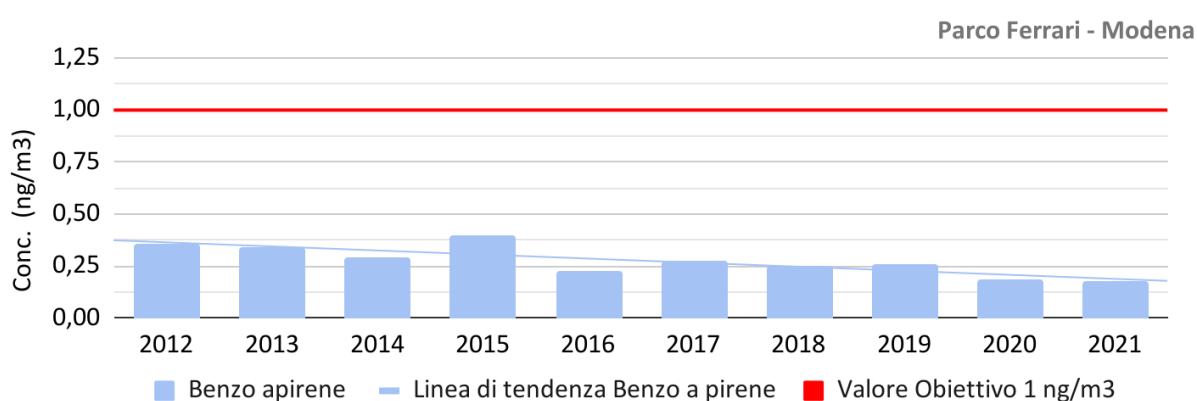
I dati più alti sono quelli di dicembre con un valore di 0,7223 ng/m³ e gennaio con 0,4405 ng/m³, quelli più bassi sono quelli da aprile ad agosto, inferiori al limite di rilevabilità.

Trend

Medie annuali

STAZIONI	Comune	Zona	Tipo	Concentrazioni (ng/m ³)									
				Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021
Parco Ferrari	Modena	urbano	verde	0,3558	0,3383	0,2952	0,3954	0,2311	0,2745	0,2552	0,2564	0,1876	0,1791

■ ≤ Valore Limite
 ■ > Valore Limite



I dati dal 2012 al 2021 sono sempre risultati molto contenuti e lontani dal Valore Obiettivo: il trend evidenzia un leggero calo dei dati negli anni considerati.

Ozono (O₃)

L'ozono è un componente gassoso dell'atmosfera, molto reattivo e aggressivo. Negli strati alti dell'atmosfera terrestre (stratosfera) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla terra, creando uno scudo protettivo che filtra i raggi ultravioletti del sole.

L'ozono troposferico (O₃) è un inquinante secondario, che si forma mediante processi fotochimici a partire da inquinanti precursori presenti in atmosfera, trasportati e diffusi da venti e turbolenza atmosferica. Proprio per questo le sue massime concentrazioni si osservano a distanza dalle sorgenti emmissive degli inquinanti precursori, nelle zone suburbane e rurali, anche dell'Appennino.













Le reazioni fotochimiche che portano alla generazione dell'ozono avvengono a partire da inquinanti precursori presenti in atmosfera: ossidi di azoto e composti organici volatili. Le reazioni sono catalizzate dalla radiazione solare; questo rende l'ozono un inquinante tipicamente estivo, con valori di concentrazione più elevati nelle estati contrassegnate da alte temperature

Limiti di legge

D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Soglia di Informazione (SI)	media oraria	180 µg/m ³
Soglia di Allarme (SA)	media oraria	240 µg/m ³
Obiettivo a lungo termine (OLT)	massima media mobile 8 ore	120 µg/m ³
Valore Obiettivo (VO)	massima media mobile 8 ore 120 µg/m ³ da non superare più di 25 volte come media di 3 anni	25
AOT 40	Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m ³ e 80 µg/m ³ da maggio a luglio, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le ore 8:00 e le 20:00 nel periodo maggio- luglio. Media di 5 anni.	18000

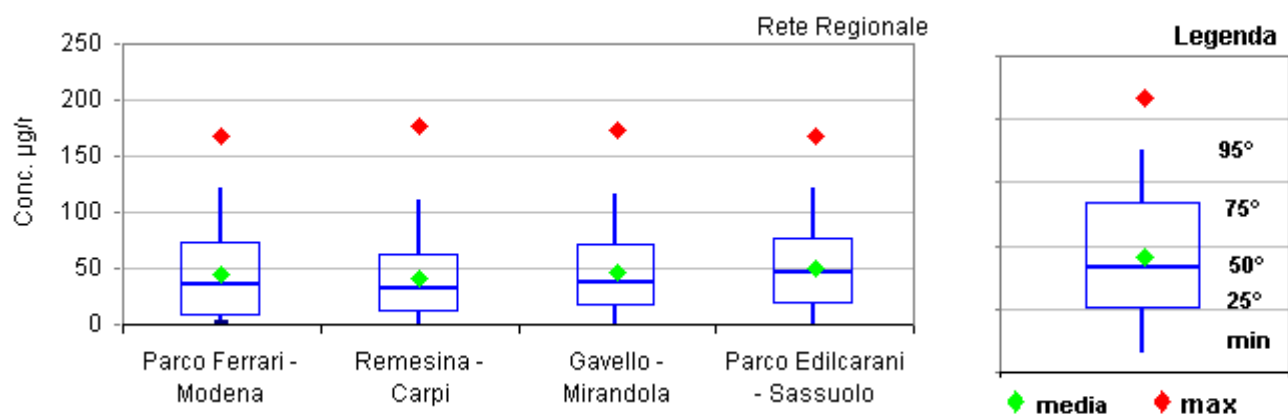
Analisi dati

STAZIONI	Comune	Zona	Tipo	Concentrazioni (µg/m ³)								Numero Superamenti		
				Dati Vali di (%)	Min	Max	Media	25°	50°	75°	95°	SI (ore)	SI (giorni)	OLT (giorni)
 Parco Ferrari	Modena			100	<8	168	45	8	35	74	122	0	0	53
 Remesina	Carpi			100	<8	176	41	10	32	63	111	0	0	34
 Gavello	Mirandola			100	<8	173	46	16	38	72	116	0	0	42
 Parco Edilcarani	Sassuolo			99	<8	167	51	17	47	77	122	0	0	49

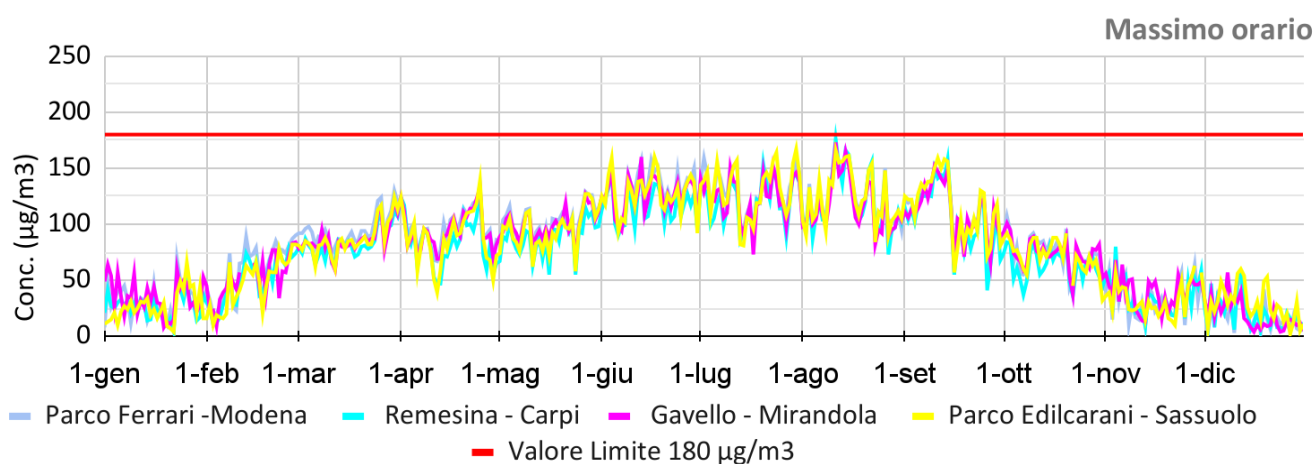
■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

* Copertura temporale inferiore a quella richiesta nell'Allegato VII D.Lgs. 155/2010 Valori obiettivo e obiettivi a lungo termine per l'ozono; ne deriva una possibile lieve sottostima del numero dei superamenti

Il numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (media massima giornaliera calcolata su 8 ore superiore a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dell'ozono nel 2021 continua a essere critico, essendo stato superato in gran parte delle stazioni più del doppio dei giorni consentiti (25 superamenti).



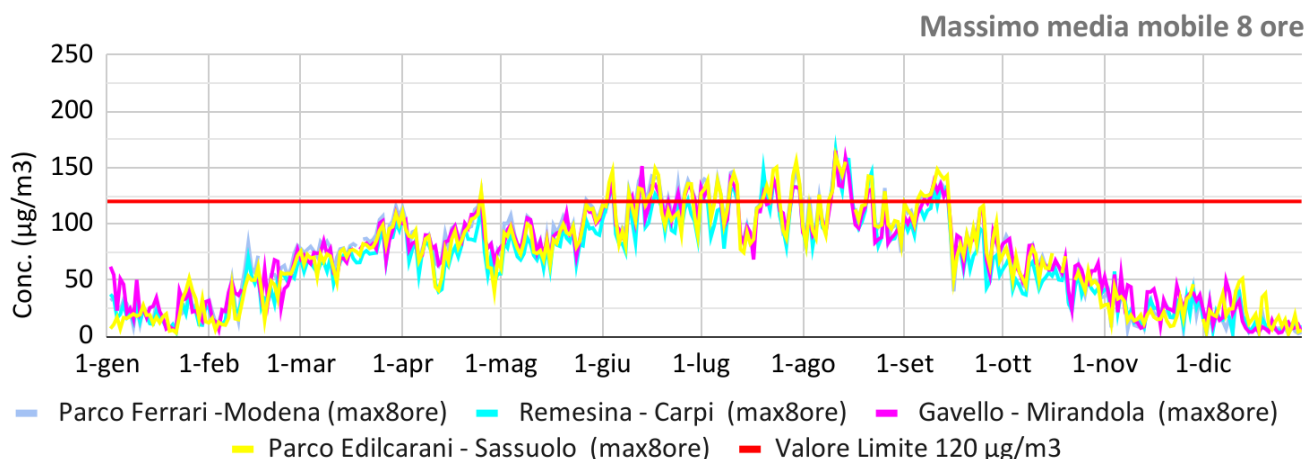
Superamenti della Soglia di Informazione



Nel 2021 non si sono verificati né superamenti della Soglia di Informazione $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ né della Soglia di Allarme di $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

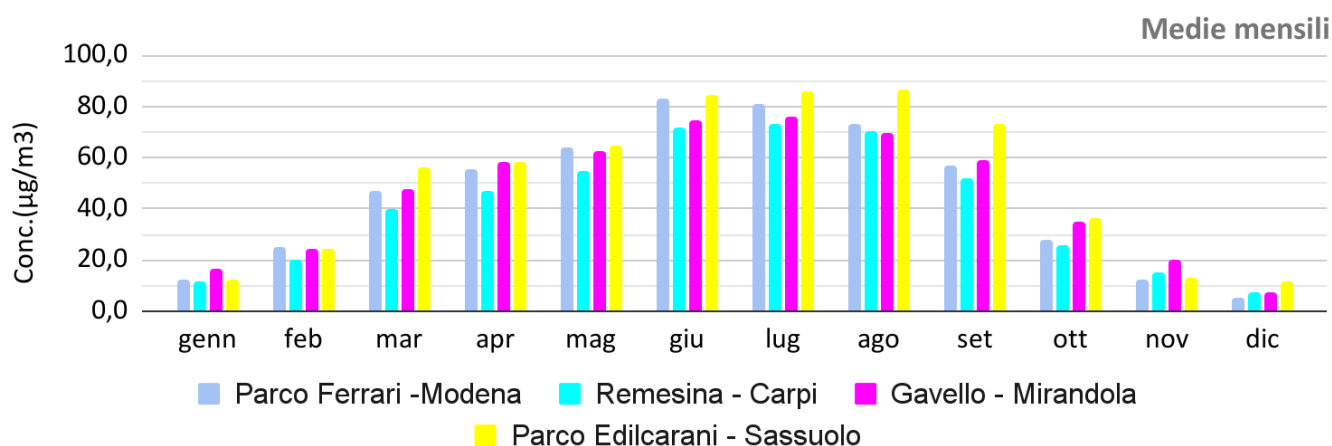
Superamenti Obiettivo a Lungo Termine

STAZIONI	Comune	zo na	ti p o	Superamenti (giorni)											
				Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Parco Ferrari	Modena			0	0	0	1	1	18	14	10	9	0	0	0
Remesina	Carpi			0	0	0	0	0	9	11	10	4	0	0	0
Gavello	Mirandola			0	0	0	1	0	14	11	9	7	0	0	0
Parco Edilcarani	Sassuolo			0	0	0	1	0	13	15	10	10	0	0	0



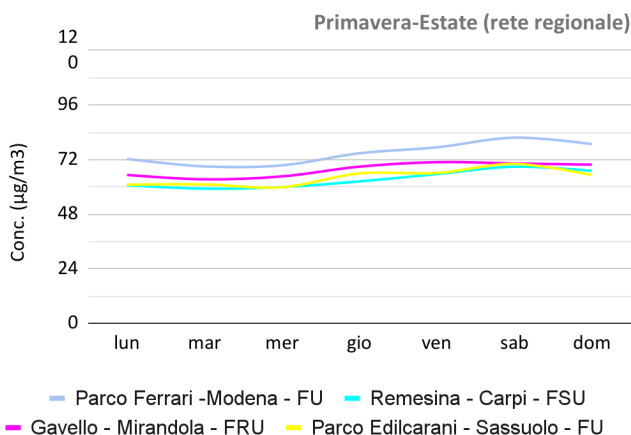
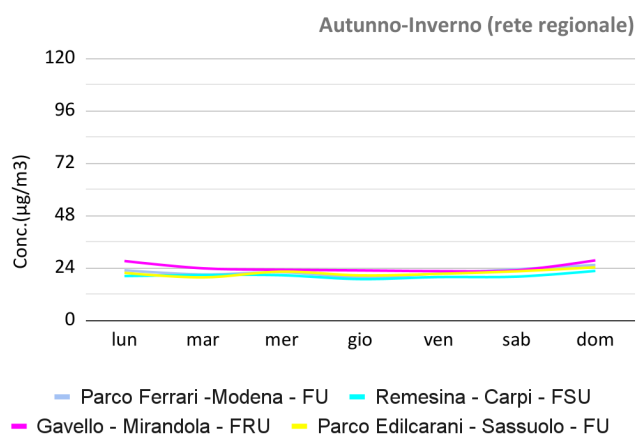
I superamenti dell'Obiettivo a lungo termine (massima media mobile delle 8 ore pari a 120 µg/m³) sono stati da 34 a 53 giorni, distribuiti soprattutto nei mesi di giugno (14 gg), luglio (13 gg), e agosto (10 gg).

Andamento medie mensili

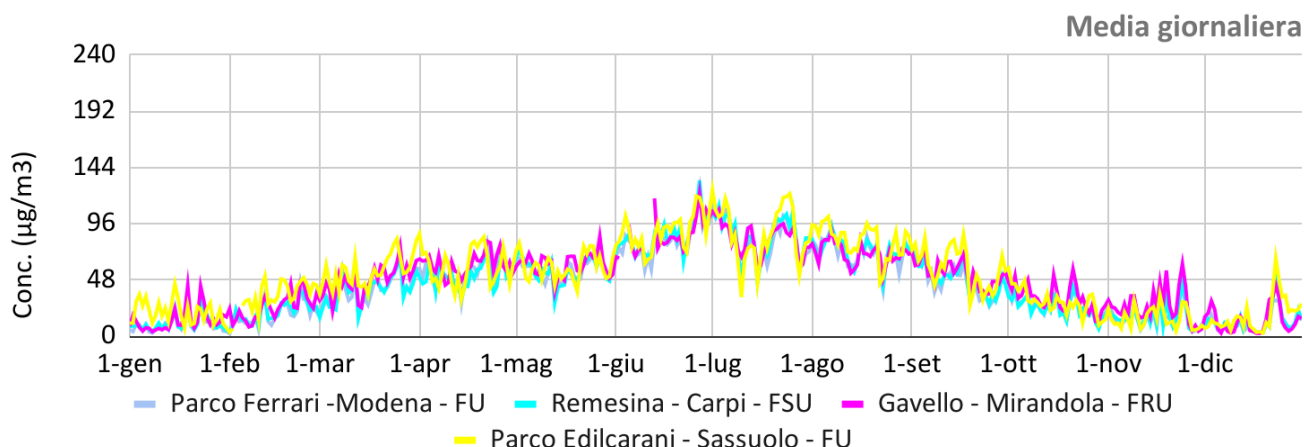


In ragione dell'origine fotochimica di questo inquinante, i massimi valori vengono registrati nei mesi estivi e nelle ore centrali della giornata, in cui l'irraggiamento, insieme alla temperatura, è maggiore.

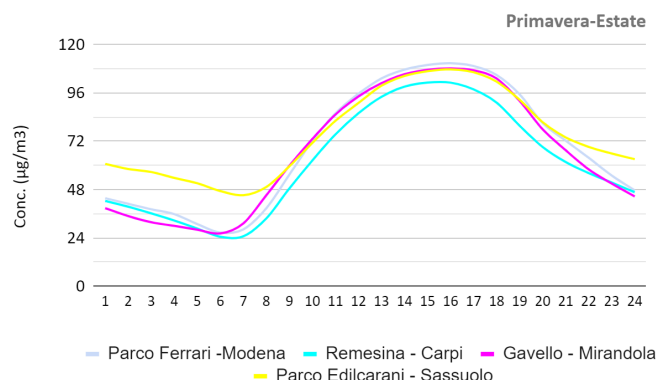
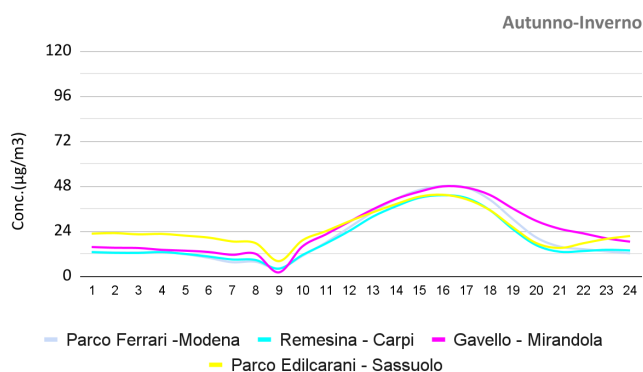
Settimana Tipo



Dati giornalieri



Giorno Tipo



Le rappresentazioni del giorno tipo evidenziano che le concentrazioni risultano più elevate nelle ore pomeridiane della giornata poco dopo le ore di massima insolazione e nelle stagioni calde, caratterizzate da un maggiore numero di giorni in cui è più attiva l'azione della luce solare. Le condizioni di alta pressione e di scarsa ventilazione favoriscono il ristagno degli inquinanti ed il loro accumulo. I profili del giorno tipo sono paragonabili sia in estate che in inverno, con valori marcatamente più elevati nel primo caso.

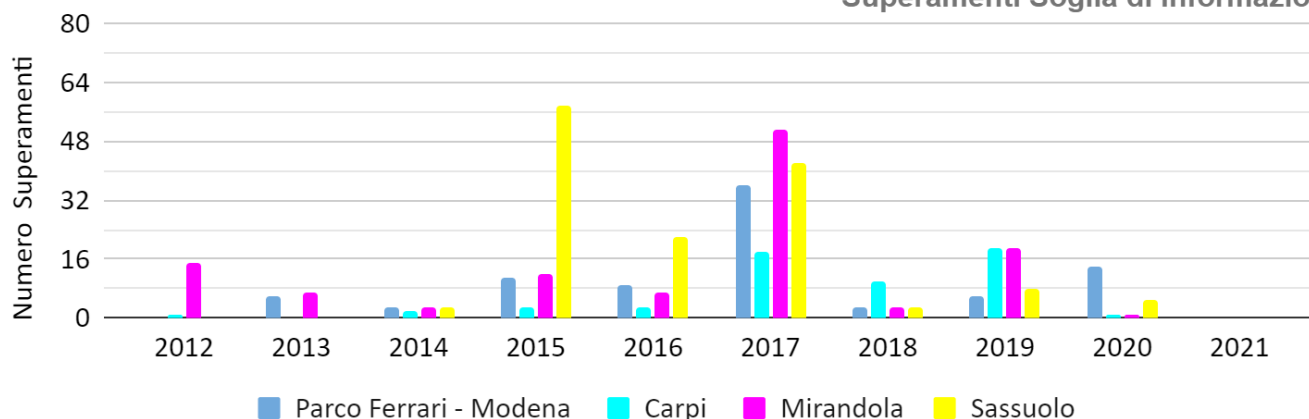
Trend

Numero di superamenti della Soglia di Informazione

STAZIONI	Comune	zona	tipo	Numero di ore con superamento della Soglia Informazione									
				Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021
Parco Ferrari	Modena			0	6	3	11	9	36	3	6	14	0
Remesina	Carpi			1	0	2	3	3	18	10	19	1	0
Gavello	Mirandola			15	7	3	12	7	51	3	19	1	0
Parco Edilcarani	Sassuolo					3	58	22	42	3	8	5	0

■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

Superamenti Soglia di Informazione



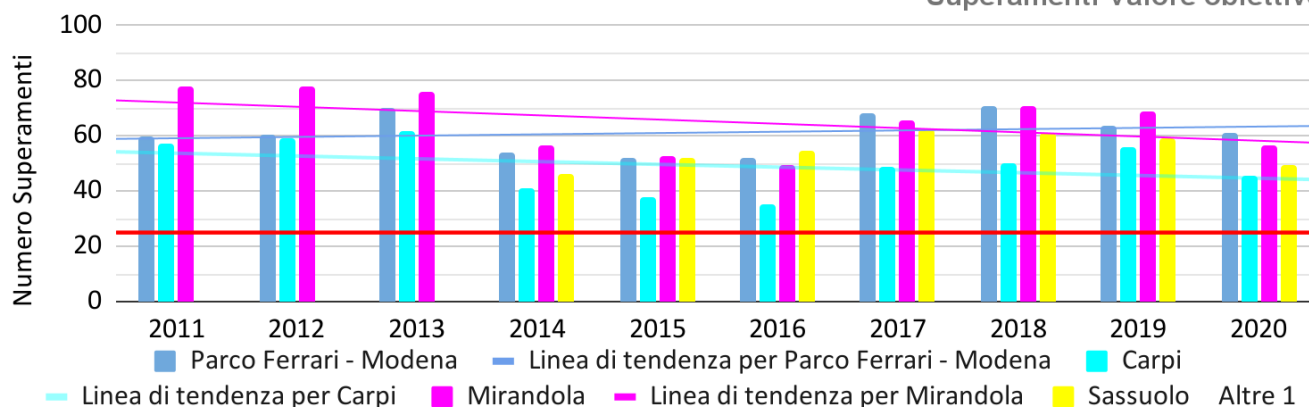
I superamenti della Soglia di Informazione sono molto variabili negli anni e prevalentemente legati alla meteorologia che contraddistingue la stagione estiva, oltre che alla zona in cui è collocata la stazione; risulta quindi molto difficile stabilire un trend dei superamenti.

Numero di giorni di superamento del Valore Obiettivo

STAZIONI	Comune	zon a	tipo	VO numero di giorni di superamento del Valore Obiettivo (media 3 anni)									
				Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 20201
Parco Ferrari	Modena	■	✱	60	70	54	52	52	68	71	64	61	57
Remesina	Carpi	■	✱	59	62	41	38	35	49	50	56	46	39
Gavello	Mirandola	■	✱	78	76	57	53	49	65	71	69	57	45
Parco Edilcarani	Sassuolo	■	✱			46	52	55	62	61	59	49	48

■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

Superamenti Valore obiettivo

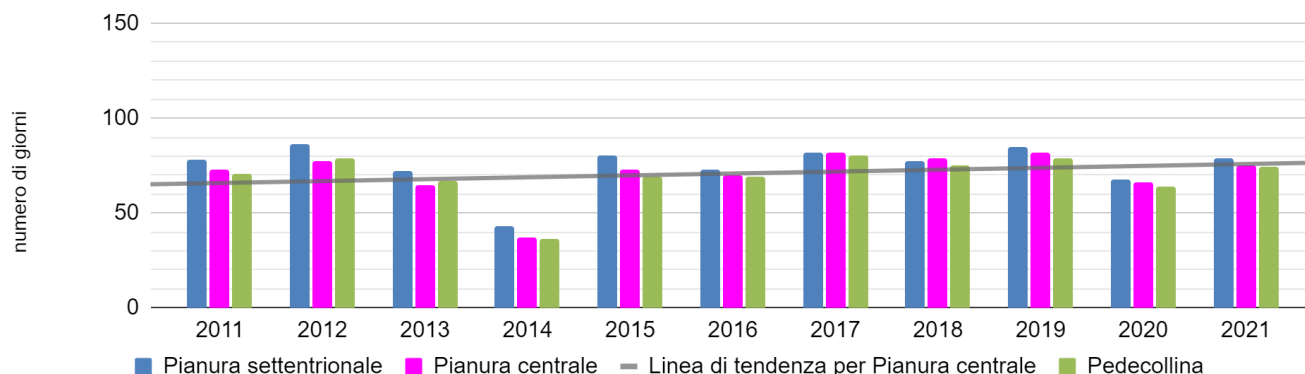


Nel grafico vengono riportati i superamenti del Valore Obiettivo (numero di superamenti dell'Obiettivo a Lungo Termine mediati su 3 anni) a confronto con il Valore Obiettivo di 25 superamenti, massimo indicato dalla normativa per la protezione della salute umana.

Gli anni migliori sono stati il 2014, 2015 e 2016, anche se presentano sempre un valore doppio rispetto al limite.

Il trend dal 2012 al 2021 evidenzia un leggero calo dei superamenti per le stazioni di fondo rurale di Mirandola e di fondo urbano di Sassuolo, mentre per Modena la situazione risulta stabile.

Giorni favorevoli all'accumulo di Ozono



Se prendiamo in considerazione il numero di giorni critici (giornate favorevoli all'accumulo di ozono (vedi allegato Meteo 2021 pag.12), si può notare che questi variano da un minimo di 37 del 2014 ad un massimo di 86 del 2012, con un numero medio di 72 gg pari al 22-23% delle giornate del semestre estivo (aprile-settembre). Il trend è in lieve aumento a causa degli anni 2017, 2018 e 2019 che presentano un numero più elevato di giorni favorevoli all'accumulo.

Se si confrontano i trend si nota che sebbene quello dei giorni favorevoli alla formazione di ozono sia in lieve aumento, il trend del Valore Obiettivo è in lievissimo calo, e questo fa ipotizzare che sia possibile che le misure messe in campo per limitare l'inquinamento atmosferico in questi ultimi 10 anni stiano dando i primi risultati positivi.

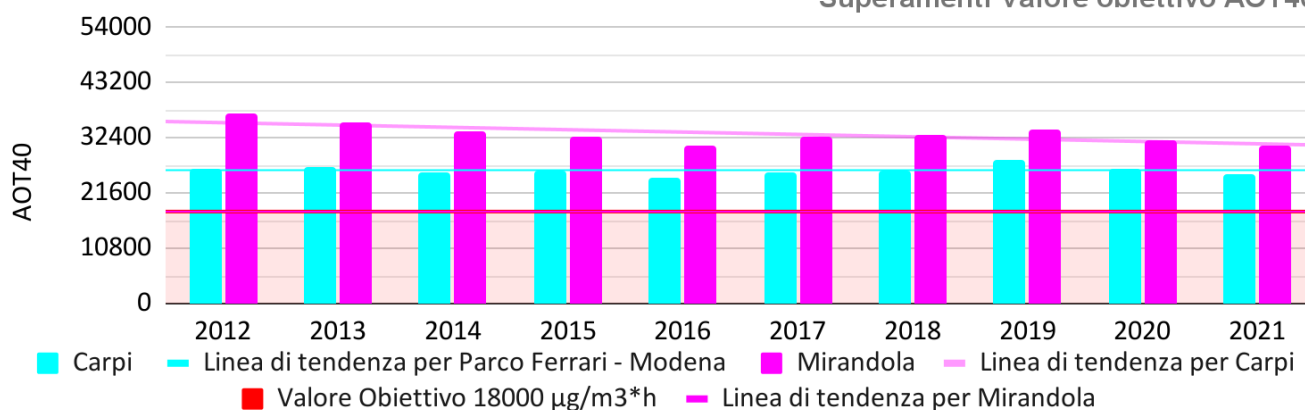
L'unico approccio possibile, volto ad un miglioramento, è quello individuato dal PAIR 2020 che prevede una riduzione delle concentrazioni dei precursori dell'ozono, come indicato nelle Norme tecniche di Attuazione del Piano.

AOT 40

Zona	Comune	Stazione	Tipo	AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$) media di 5 anni									
				Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021
	Carpi	Remesina		26411	26673	25803	26117	24567	25497	26013	28218	26426	25178
	Mirandola	Gavello		37247	35543	33742	32785	30786	32741	33120	34008	32073	31061

■ \leq Valore Limite ■ $>$ Valore Limite

Superamenti Valore obiettivo AOT40



La valutazione di questo indicatore, come definito dal D.Lgs. 155/10, è limitata alle stazioni di fondo suburbano e rurale, quindi nel calcolo sono state considerate solo le stazioni situate a Carpi e Mirandola.

Nella tabella e nel grafico vengono riportati, per ciascuna stazione, i valori di AOT40 come media di 5 anni (minimo 3 anni), dato da confrontare con il Valore Obiettivo di 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ come richiesto dalla normativa.

Se si considerano i dati della stazione di Mirandola, dal 2012 al 2021 si può notare un lieve calo, mentre la stazione di Carpi è abbastanza stabile; i dati sono ancora lontani dal valore di 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$, indicato dalla normativa per la protezione della vegetazione, a conferma della criticità che ancora esiste per questo inquinante.

Biossido di Azoto NO₂

Con il termine NO_x viene indicato genericamente l'insieme dei due più importanti ossidi di azoto a livello di inquinamento atmosferico, ossia l'ossido di azoto (NO) e il biossido di azoto (NO₂), gas bruno di odore acre e pungente.

Gli ossidi di azoto giocano un ruolo fondamentale nella formazione dell'ozono e contribuiscono anche alla costituzione di aerosol organico secondario, determinando un aumento della concentrazione di PM₁₀ e PM_{2,5}.





















L'ossido di azoto (NO) si forma principalmente per reazione dell'azoto contenuto nell'aria con l'ossigeno atmosferico in processi che avvengono a elevata temperatura. Il biossido di azoto (NO₂) si forma prevalentemente dall'ossidazione del monossido di azoto (NO) e solo in minima parte viene emesso direttamente.

Limiti di legge

D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Valore Limite orario (da non superare più di 18 volte/anno)	media oraria	200 µg/m ³
Soglia di Allarme	media oraria (misurata per 3 ore consecutive)	400 µg/m ³
Valore Limite annuale	media annuale	40 µg/m ³

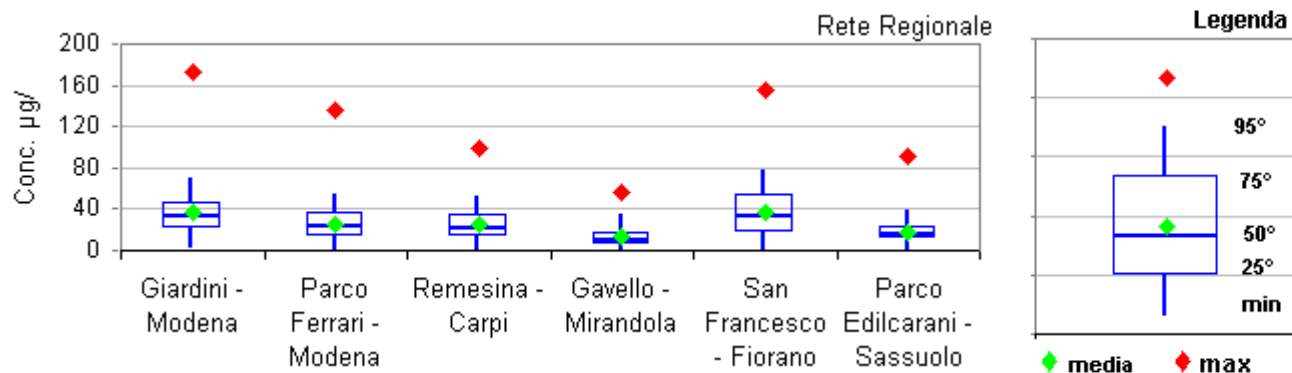
Analisi dei dati

STAZIONI	Comune	zona	tipo	Concentrazioni (µg/m³)									N°Sup VL orario
				Dati Validi (%)	Min	Max	25°	50°	75°	95°	Media Annuale		
 Giardini	Modena			100	<8	172	22	33	46	69	36	0	
 Parco Ferrari	Modena			100	<8	135	13	24	36	54	26	0	
 Remesina	Carpi			100	<8	100	14	22	34	53	25	0	
 Gavello	Mirandola			100	<8	56	5	9	18	35	13	0	
 San Francesco	Fiorano			100	<8	156	17	33	54	77	37	0	
 Parco Edilcarani	Sassuolo			100	<8	92	11	16	23	39	18	0	
<div> ≤ Valore Limite</div> <div> > Valore Limite</div>													

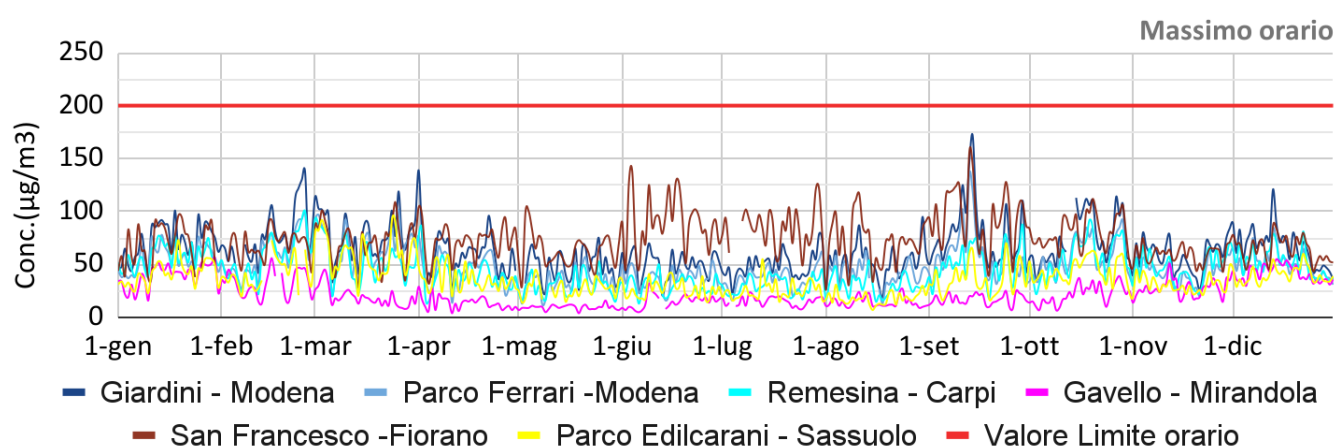
Nel 2021, le concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) in tutte le stazioni hanno rispettato il valore limite annuale.

Il numero di superamenti del livello orario per la protezione per la salute umana di 200 µg/m³ (da non superare per più di 18 ore/anno) non risulta superato in nessuna stazione.

I dati più alti tra le stazioni della rete regionale sono stati misurati presso le stazioni da traffico Giardini e San Francesco collocate a lato di due importanti arterie stradali (33.000 veicoli/gg e 26.000 veicoli/gg): 36 µg/m³ e 37 µg/m³.



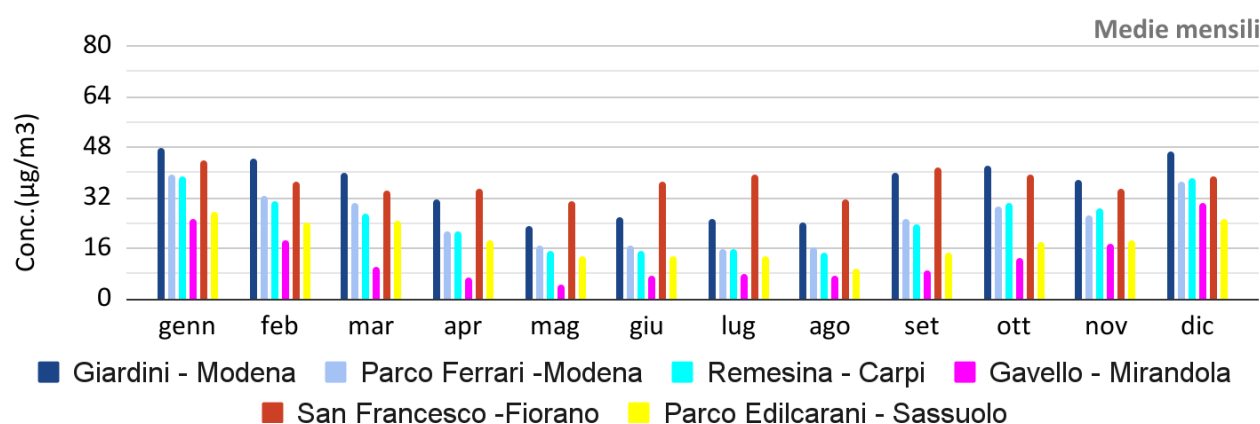
Superamenti del valore limite orario



Il Valore Limite Orario fissato a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ viene rispettato da tutte le stazioni della rete regionale.

Il valore massimo di $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dell'anno è stato misurato presso la stazione da traffico di Giardini il giorno 14 settembre alle ore 19.

Andamento dati mensili

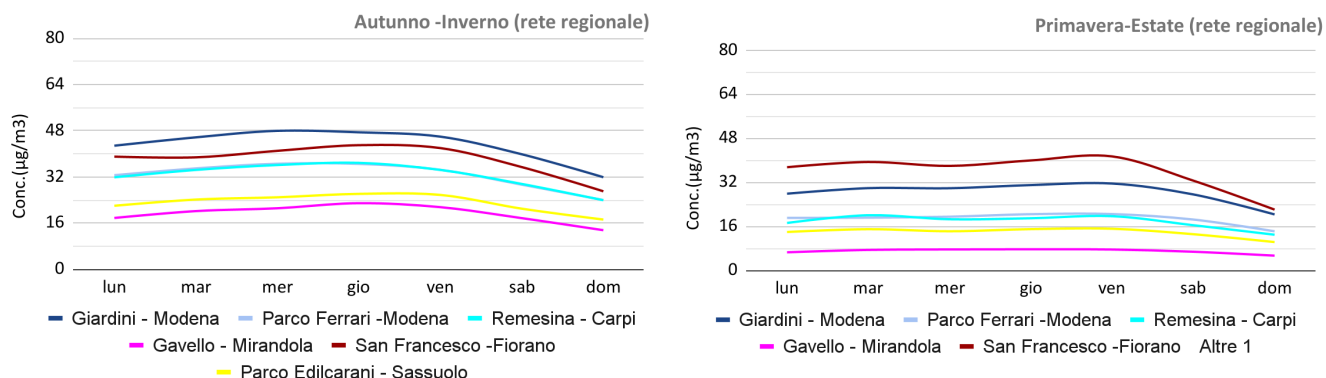


Dall'esame dei grafici delle medie mensili emerge che la stagione più critica per il biossido di azoto è quella invernale quando la stabilità atmosferica favorisce l'accumulo degli inquinanti. Tuttavia la stazione di Fiorano mostra valori sostanzialmente invariati durante tutto l'anno.

Il mese peggiore è risultato essere gennaio con una media complessiva per le stazioni della Rete Regionale di $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e le stazioni peggiori risultano essere quelle maggiormente interessate dai transiti veicolari, ossia Giardini a Modena e San Francesco a Fiorano con medie mensili a febbraio rispettivamente di $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nella stagione primaverile/estiva si osserva una riduzione generale dei livelli di Biossido d'Azoto ad esclusione di San Francesco; quest'ultima, caratterizzata da una tipologia di traffico legata alle attività produttive/industriali della zona, non evidenzia cali significativi nei diversi mesi dell'anno ad esclusione di agosto quando le attività subiscono un sensibile rallentamento legato alle ferie estive.

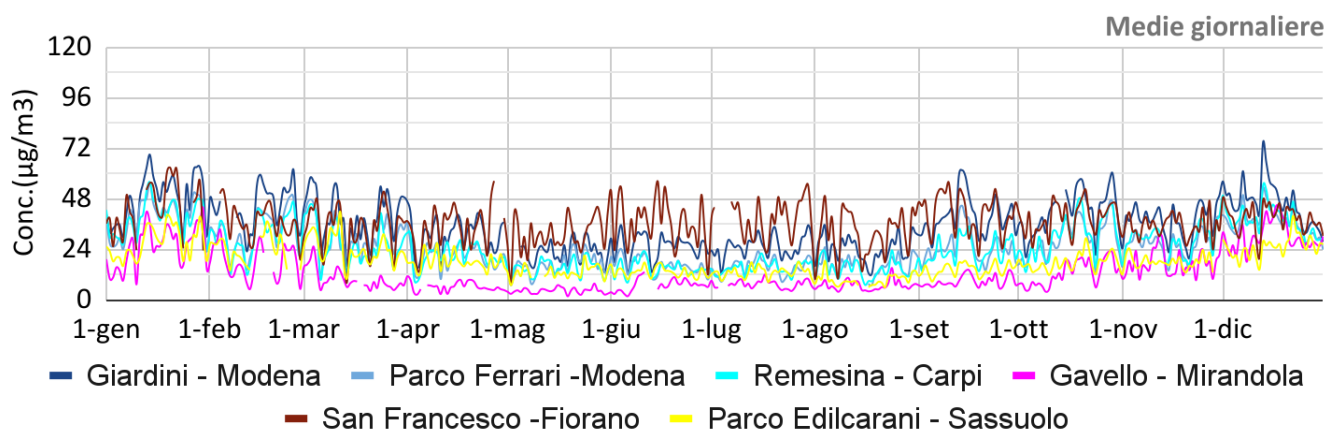
Settimana tipo



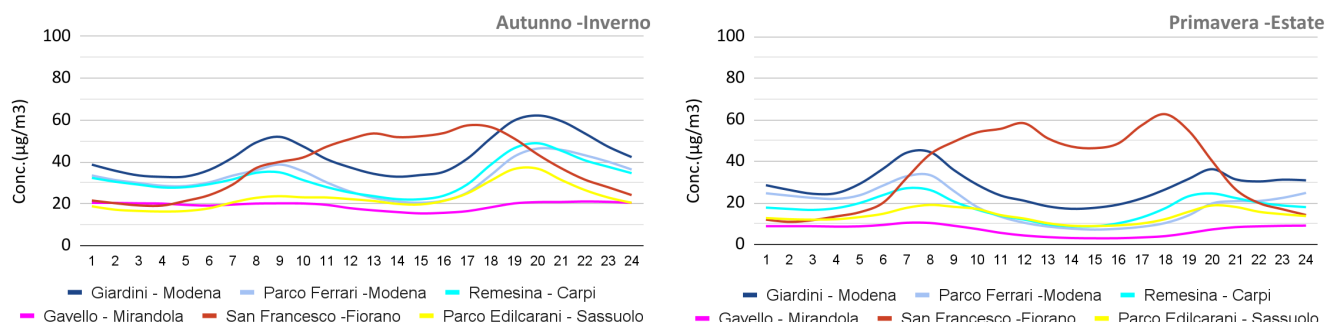
La settimana tipica mostra nel periodo autunno-inverno un accumulo progressivo fino al venerdì, poi un calo il sabato e la domenica; questa condizione è più evidente nelle stazioni da traffico, in particolare in quella di Fiorano, dove i transiti veicolari sono prevalentemente legati alle attività produttive della zona mentre è invariante per la stazione di Gavello.

Nel periodo primavera-estate non si evidenzia lo stesso incremento se non per le stazioni da traffico.

Dati Giornalieri



Giorno Tipo



Il giorno tipico mostra generalmente un doppio picco nelle ore mattutine e serali in corrispondenza di un numero maggiore di transiti veicolari relativi ai trasferimenti casa/lavoro, ad esclusione della stazione di fondo rurale di Gavello a Mirandola, collocata lontano da fonti di emissioni dirette, i cui dati appaiono piuttosto contenuti e senza variazioni significative nella giornata.

Si segnala inoltre che la stazione di San Francesco a Fiorano segue un andamento non confrontabile con le altre stazioni; in particolare si osserva che le concentrazioni di biossido di azoto aumentano nelle prime ore del mattino (dalle ore 7) per poi mantenersi costanti nelle ore centrali della giornata e registrare un nuovo incremento intorno alle ore 17-18. Questa condizione è legata alla tipologia di traffico che interessa questa stazione, influenzato prevalentemente dalle attività produttive della zona.

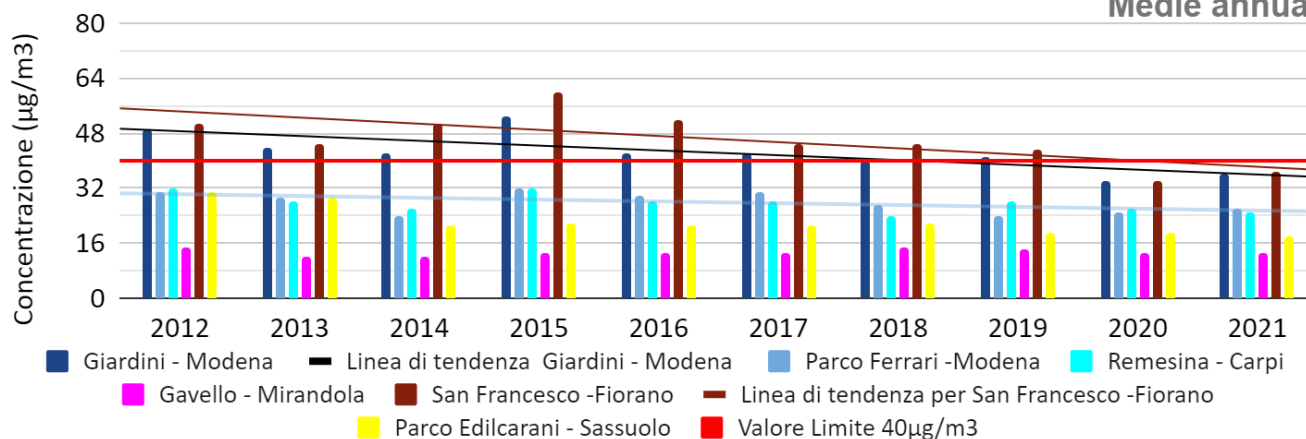
Trend

Medie annuali

STAZIONI	Comune	Zona	Tipo	Concentrazioni (µg/m³)									
				Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021
■ Giardini	Modena			49	44	42	53	42	42	40	41	34	36
■ Parco Ferrari	Modena			31	29	24	32	30	31	27	24	25	26
■ Remesina	Carpi			32	28	26	32	28	28	24	28	26	25
■ Gavello	Mirandola			15	12	12	13	13	13	15	14	13	13
■ San Francesco	Fiorano			51	45	51	60	52	45	45	43	34	37
■ Parco Edilcarani	Sassuolo			31	29	21	22	21	21	22	19	19	18

■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite

Medie annuali



Il trend delle medie annuali delle stazioni della rete regionale dal 2012 fino al 2020 mostra complessivamente una diminuzione delle concentrazioni, particolarmente marcata dal 2017; se si confrontano i dati del 2012 con quelli del 2021 il calo percentuale risulta essere mediamente del 25%.

Il Valore Limite Annuale fissato a 40 µg/m³ risulta da diversi anni rispettato dalle stazioni di fondo e nel 2020 e 2021 anche dalle stazioni da traffico di Giardini a Modena e San Francesco.

Per quanto riguarda la stazione di fondo rurale di Gavello a Mirandola le concentrazioni medie annuali appaiono sempre piuttosto contenute ed inoltre non si osservano variazioni significative negli anni di questo inquinante.

Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni

Il benzene (C₆H₆) appartiene alla classe dei composti organici volatili, infatti a temperatura ambiente volatilizza assai facilmente, cioè passa dalla fase liquida a quella gassosa; è un costituente naturale del petrolio e ha un caratteristico odore aromatico pungente.

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) classifica il benzene come sostanza cancerogena di classe I, in grado di produrre varie forme di leucemia. La classe I corrisponde ad una evidenza di cancerogenicità per l'uomo di livello "sufficiente".

In passato il benzene è stato ampiamente utilizzato come solvente in molteplici attività industriali e artigianali (produzione di gomma, plastica, inchiostri e vernici, nell'industria calzaturiera, nella stampa a rotocalco, nell'estrazione di oli e grassi etc.). La maggior parte del benzene oggi prodotto (85%) trova impiego nella chimica come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta utilizzati per produrre plastiche, resine, detergenti, fitofarmaci, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. Il benzene è, inoltre, contenuto nelle benzine, nelle quali viene aggiunto, insieme ad altri composti aromatici, per conferire le volute proprietà antidetonanti e per aumentare il "numero di ottani", in sostituzione totale (benzina verde) o parziale (benzina super) dei composti del piombo.

Benzene




Dal 1 gennaio 2020 in seguito all'approvazione della DGR 1135/2019 "Approvazione del progetto di riesame della classificazione delle zone e degli agglomerati della Regione Emilia-Romagna ai fini della valutazione della qualità dell'aria", il monitoraggio di questo inquinante rimane come presidio solo nel comune capoluogo.

Limiti di legge

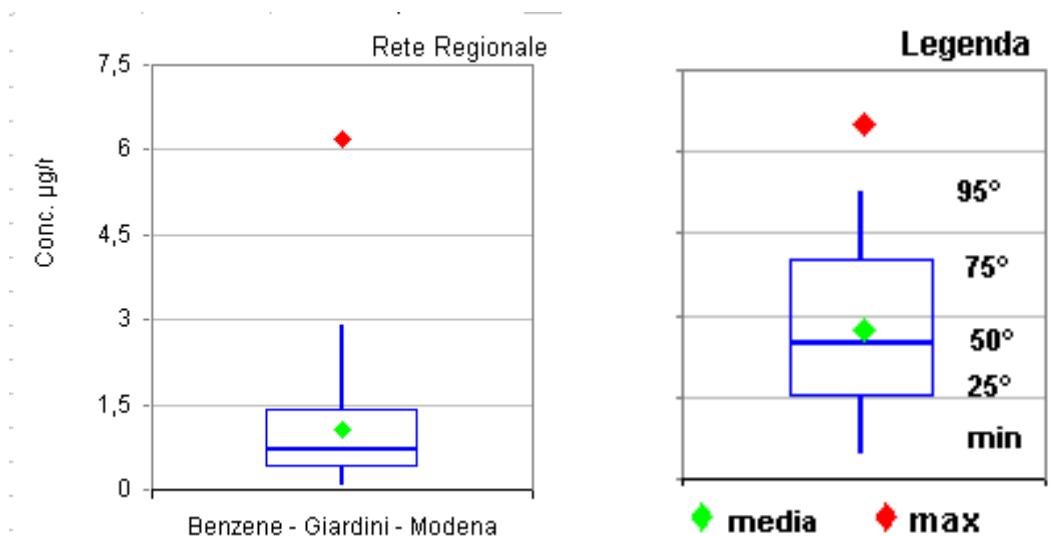
D. Lgs. 155 del 13/8/2010 - Direttiva UE 2008/50/CE

Valore Limite annuale	media annuale	5 µg/m ³
-----------------------	---------------	---------------------

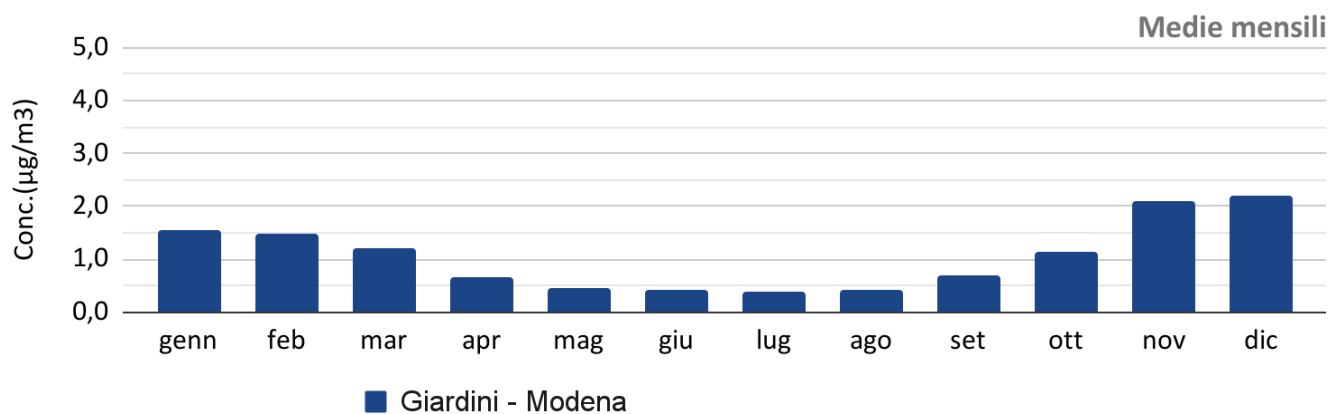
Analisi dati

STAZIONI	Comune	zona	tipo	Concentrazioni (µg/m ³)							Media Annuale
				Dati Validi (%)	Min	Max	25°	50°	75°	95°	
 Giardini	Modena			94,3	0,1	6,2	1,1	0,4	0,7	1,4	1,1
<div> ■ ≤ Valore Limite ■ > Valore Limite </div>											

I dati dell'anno 2021 rispettano ampiamente il Valore limite annuale di 5 µg/m³.

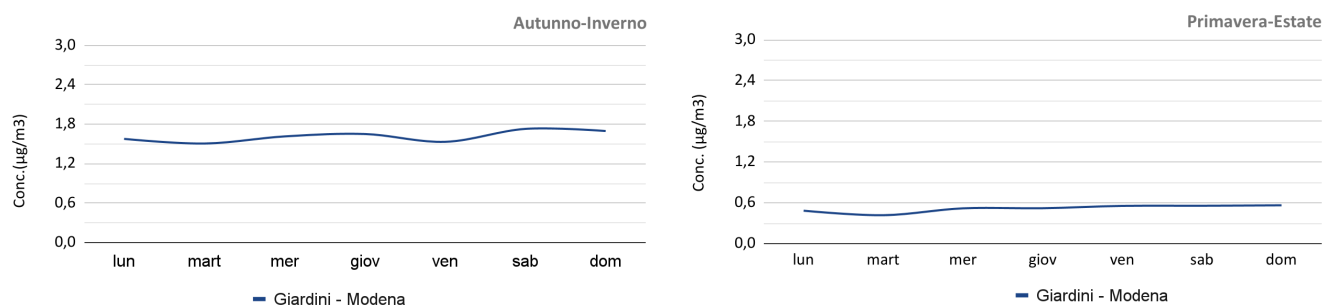


Andamento medie mensili

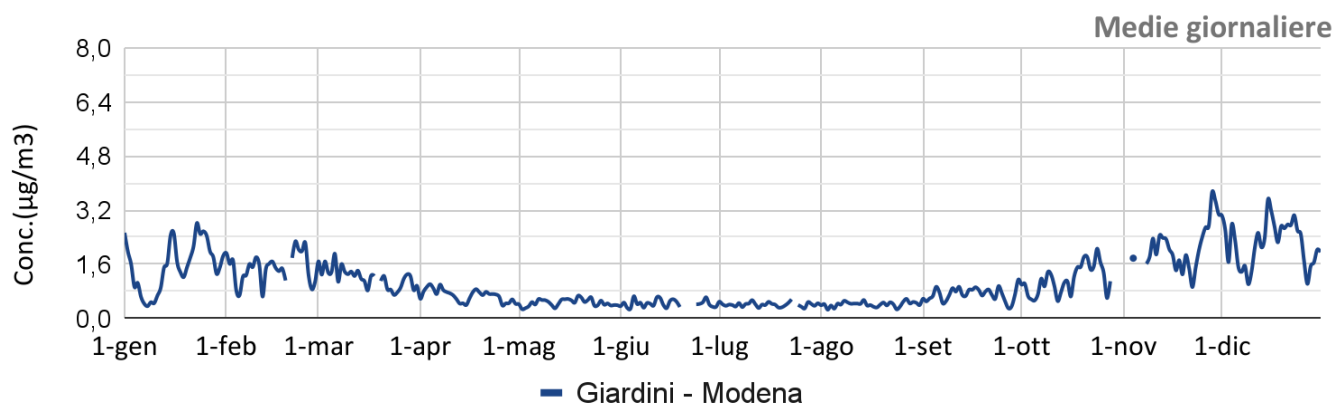


Dall'esame del grafico emerge che durante la stagione invernale si misurano dati più alti rispetto a quella estiva, dove i livelli di Benzene risultano estremamente bassi e prossimi al limite di rilevabilità strumentale.

Settimana tipo

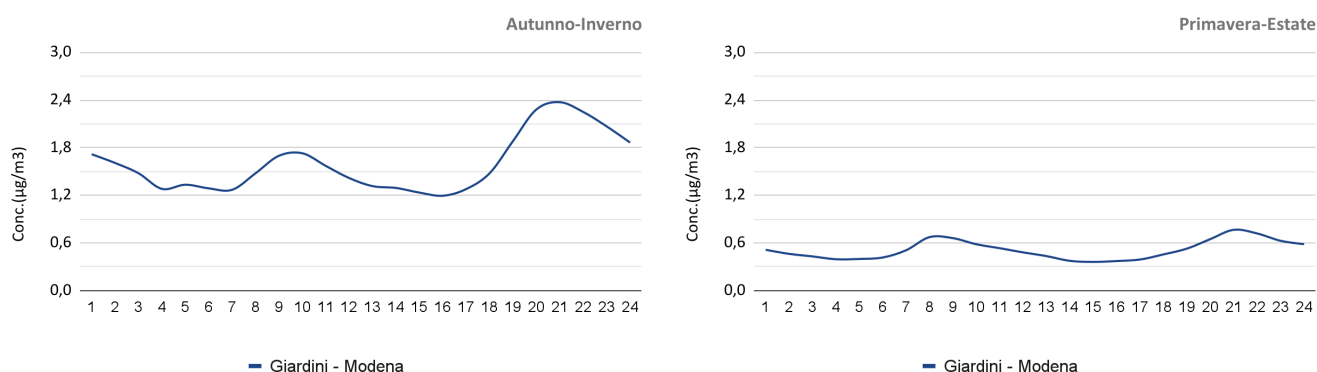


Dati giornalieri



I valori più alti (tra 3,0 e 3,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sono stati misurati dal 28 novembre al 1 dicembre e il 15-16 dicembre.

Giorno Tipo



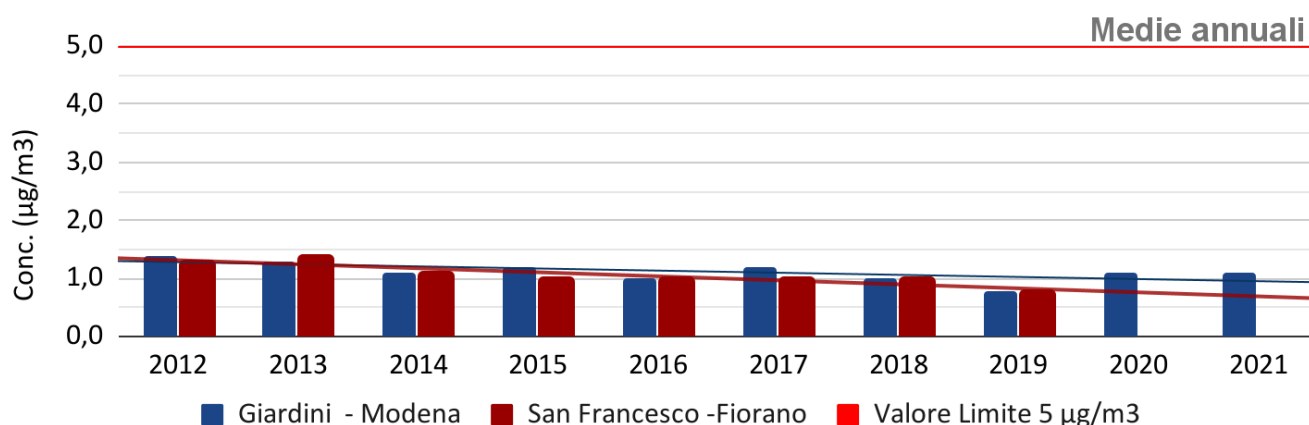
Il giorno tipico autunno-invernale evidenzia generalmente un doppio picco corrispondente alle ore mattutine e serali caratterizzate da maggiori transiti veicolari legati agli spostamenti casa - lavoro (il flusso veicolare presso la stazione di Giardini a Modena è di circa 30000 veicoli/gg).

Il Valore Limite Annuale fissato di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ risulta ampiamente rispettato.

Trend

Medie annuali

Zona	Comune	STAZIONI	Tipo	Concentrazioni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									
				Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020	Anno 2021
	Modena	Giardini		1,4	1,3	1,1	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,1	1,1
<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 20px;"> ≤ Valore Limite > Valore Limite </div>													



Le concentrazioni medie annuali di Benzene confermano dati molto bassi, non si segnalano criticità a carico di questo inquinante che ha ormai raggiunto livelli molto contenuti pari a circa un quinto del Valore Limite Annuale.



Toluene, Etilbenzene e Xileni

Di seguito si riportano alcune elaborazioni sui dati di altri composti aromatici analizzati presso la stazione da traffico di Giardini a Modena: si precisa che per Toluene, Etilbenzene e Xileni la normativa italiana non prevede Valori Limite in aria ambiente. Nella tabella seguente si riportano alcuni riferimenti internazionali sui livelli di esposizione.

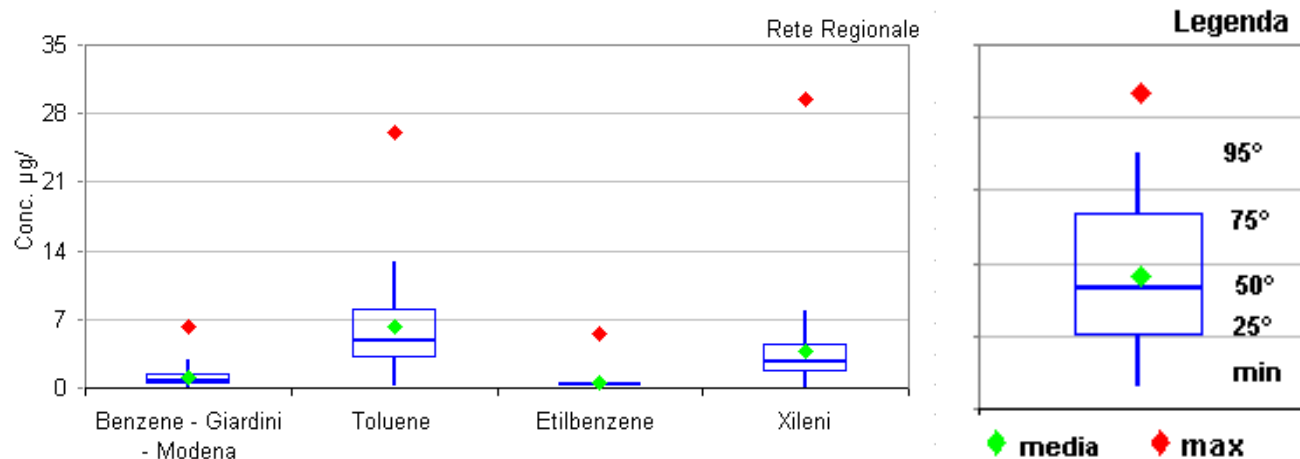
Valori Guida Internazionali

Composto	Valore Guida	Periodo	Fonte
Toluene	260 µg/m³	media settimanale	WHO - Air Quality Guide lines - Anno 2000
Xileni	4800 µg/m³	media 24 ore	WHO – International Programme of Chemical Safety - Anno 1997
	870 µg/m³	media annuale	
Etil Benzene	*RfC: 1000 µg/m³	media 24 ore	EPA – Integrated Risk Information System - Anno 1991

*RfC= Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure

STAZIONI	Comune	zona	tipo	Parametro	Concentrazioni (µg/m³)							
					Dati Validi (%)	Min	Max	25°	50°	75°	95°	Media Annuale
■ Giardini	Modena			Toluene	91	0,4	26,0	6,2	3,1	4,9	8,1	12,9
				Etilbenzene	92	<0,1	5,5	0,5	0,2	0,4	0,6	1,1
				Xileni	94	0,1	29,4	3,7	1,6	2,6	4,5	7,8

I dati di Toluene, Etilbenzene e Xileni sono molto contenuti rispetto a quanto indicato dai valori Guida Internazionali.



Indice sintetico della Qualità dell'aria (IQA)

Che cos'è

L'inquinamento atmosferico è un importante fattore di rischio per la salute umana. Al fine di fornire informazioni in modo semplice e immediato sul livello qualitativo dell'aria che si respira, Arpa Emilia-Romagna, sulla base di precedenti esperienze attuate anche in altre regioni europee, ha realizzato un **Indice di Qualità dell'Aria (IQA)** che rappresenta sinteticamente lo stato dell'inquinamento atmosferico.

Gli inquinanti solitamente inclusi nella definizione degli indici di qualità dell'aria sono quelli che hanno effetti a breve termine, quali il monossido di carbonio (CO), il biossido di azoto (NO₂), l'ozono (O₃), il biossido di zolfo (SO₂), il particolato (PTS, PM10 o PM2,5 a seconda delle dimensioni). Gli indici trovano applicazione nella comunicazione quotidiana alla popolazione per evitare esposizioni a concentrazioni di inquinanti che possano dare effetti sanitari immediati, prevalentemente di tipo cardiovascolare o respiratorio.

L'indice realizzato per l'Emilia-Romagna considera, tra gli inquinanti con effetti a breve termine, il PM10, l'NO₂ e l'O₃, in quanto sono quelli che nella nostra regione presentano le maggiori criticità. Sono stati invece esclusi il CO e l'SO₂ le cui concentrazioni, negli ultimi decenni, hanno subito una drastica diminuzione, tanto da essere ormai stabilmente e ampiamente sotto i limiti di legge.

Per ogni inquinante viene calcolato un sottoindice, ottenuto dividendo la concentrazione misurata per il relativo limite previsto dalla legislazione per la protezione della salute umana (nel caso di più limiti si è scelto il più basso) e moltiplicando il valore ottenuto per 100.

In linea con l'approccio adottato dalla maggior parte degli indici utilizzati a livello internazionale, si è scelto di definire il valore dell'indice sintetico come il valore del sottoindice peggiore

La tabella che segue riporta i limiti che sono stati utilizzati per il calcolo dei tre sottoindici.

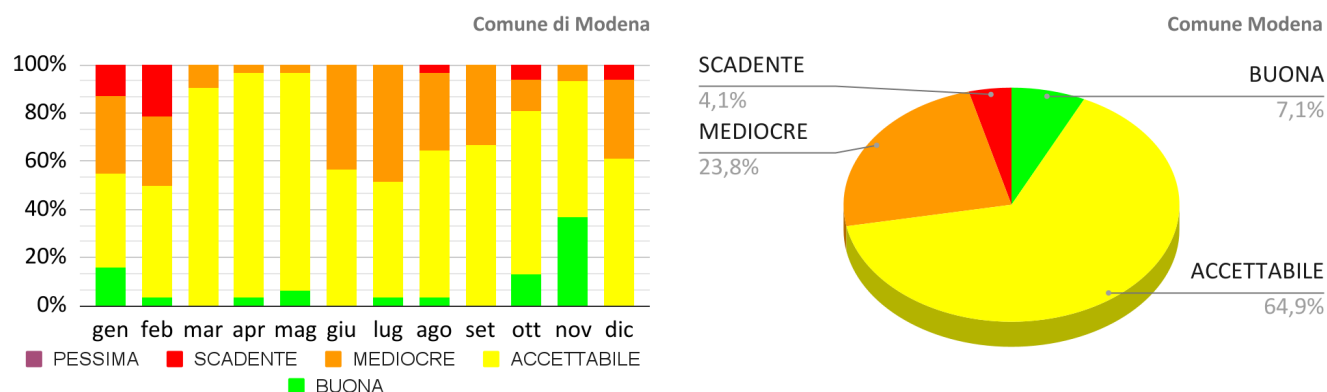
L'IQA qui rappresentato è stato calcolato mediando i dati delle stazioni collocate nel comune di Modena.

La scelta è dovuta al fatto che essendoci in ogni capoluogo lo stesso numero e tipologia di stazione, l'IQA di ogni provincia è confrontabile con le altre della regione Emilia Romagna.

Inquinante	Indicatore di riferimento	Valore
PM10	Media giornaliera	50 µg/m ³
O ₃	Valore massimo della media mobile su 8 ore	120 µg/m ³
NO ₂	Valore massimo orario	200 µg/m ³

Analisi dei dati

Classe di qualità	Scala cromatica	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	IQA
BUONA	<50	5	1	0	1	2	0	1	1	0	4	11	0	26
ACCETTABILE	50-99	12	13	28	28	28	17	15	19	20	21	17	19	237
MEDIOCRE	100-149	10	8	3	1	1	13	15	10	10	4	2	10	87
SCADENTE	150-199	4	6	0	0	0	0	0	1	0	2	0	2	15
PESSIMA	>200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1



La qualità dell'aria nell'anno 2021 è risultata:

- **“Buona”, per un totale di 26 giornate corrispondenti al 7% dell'anno.**
I mesi che hanno presentato il maggior numero di giornate con qualità “Buona” sono stati novembre con 11 giorni, segue gennaio con 5 e ottobre con 4.
- **“Accettabile”, per un totale di 237 giornate corrispondenti al 65% dell'anno.**
I mesi che hanno presentato il maggior numero di giornate con qualità “Accettabile” sono stati marzo, aprile e maggio con 28 giorni.
- **“Mediocre”, per un totale di 87 giornate corrispondenti al 24 % dell'anno.**
I mesi con il numero maggiore di giornate di qualità “Mediocre” sono stati i mesi di luglio con 15 giorni e giugno con 13, segue gennaio e dicembre con 10 gg. Nei mesi invernali ciò che rende la qualità dell'aria “Mediocre” sono gli alti valori di polveri PM10 che superano il Valore Limite giornaliero, mentre in estate la situazione è dovuta agli alti livelli di ozono che spesso hanno superato il valore obiettivo di 120 µg/m³.
- **“Scadente”, per un totale di 15 giornate corrispondenti al 4 % dell'anno.**
I mesi con alcune giornate con una qualità dell'aria “Scadente” sono stati gennaio e febbraio con 4 e 6 giorni.
- **“Pessima” nessuna giornata**
L'aria non è risultata mai “Pessima”.

Nel 2021, l'aria è risultata “Buona” o “Accettabile” complessivamente in 263 giornate, corrispondenti a circa il 72% dell'anno. Per il restante periodo, 102 giornate (28%), la qualità dell'aria è risultata “Mediocre”, “Scadente”, situazione determinata dal superamento di uno dei limiti sopra indicati.

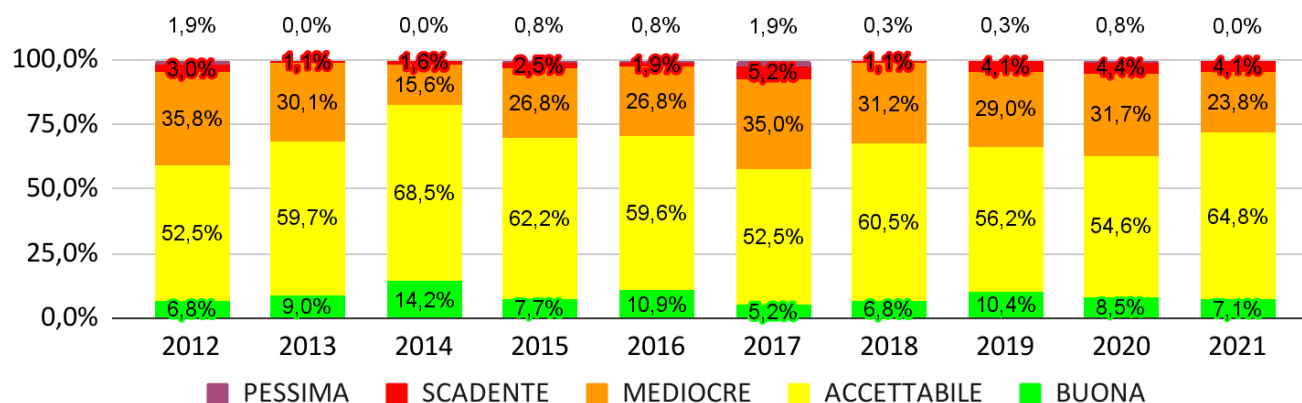
Nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre e dicembre, il valore dell'indice sintetico, scelto come valore del sottoindice peggiore, è determinato dai livelli di PM10, inquinante critico invernale.

Nei mesi di maggio, giugno, luglio, agosto e settembre, il valore dell'indice sintetico è determinato dai livelli di O₃, inquinante critico estivo.

I mesi con la migliore qualità dell'aria sono stati marzo, aprile, maggio e novembre.

In primavera la circolazione delle masse d'aria favorisce la diffusione degli inquinanti e la temperatura, insieme all'irraggiamento solare, non ha ancora raggiunto i livelli estivi, quindi in questo periodo la maggior parte delle giornate (84%) risulta di qualità “Buona” o “Accettabile”, solo in 15 giornate è risultata “Mediocre”.

Trend



Mediamente negli ultimi 10 anni la qualità dell'aria si presenta per un 9% "Buona", 59% "Accettabile", 29% "Mediocre", 3% "Scadente" e 1% "Pessima".

Modalità di diffusione dei dati

I dati della Qualità dell'aria sono pubblicati da Arpae Emilia-Romagna ogni giorno sulla pagina web dedicata alla qualità dell'aria <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/aria> in cui sono riportati i dati delle stazioni e le mappe di valutazione e previsione quotidiane su tutto il territorio regionale.

La sezione "Situazione riassuntiva regionale" riporta anche i livelli giornalieri e le statistiche riepilogative relative al superamento dei limiti in ciascuna stazione [Arpae - Qualità dell'aria: situazione riassuntiva regionale](#).

I dati giornalieri vengono pubblicati previa validazione da parte degli operatori qualificati; nei fine settimana e nei giorni festivi i dati sono pubblicati previo controllo automatico ma senza validazione da parte dell'operatore per cui possono subire variazioni a seguito del processo di validazione nel primo giorno lavorativo.

Il sito [Liberiamo l'Aria](#), aggiornato quotidianamente durante il periodo invernale, riporta le informazioni relative ai provvedimenti emergenziali e le informazioni aggregate a livello provinciale relative al superamento del valore limite giornaliero per PM10.

Infine i dati sono disponibili anche in modalità open data al link <https://dati.arpae.it> (<https://dati.arpae.it/dataset/qualita-dell-aria-rete-di-monitoraggio>).